

УДК 631.51(011+012+013)+519.237
© 2016

Цьова Ю. А., здобувач

(науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор П. В. Писаренко)

Полтавська державна аграрна академія

ДИСКРИМІНАНТНИЙ АНАЛІЗ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ СПОСОБІВ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Рецензент – доктор біологічних наук О. В. Жуков

У статті представлено результати дискримінантного аналізу за едафічними показниками станів ґрунтової системи, які формуються внаслідок різних способів механічного обробітку. Показано, що для дискримінації чизелювання, безполицевого та мінімального обробітку, а також «нульового обробітку» достатньо дві канонічні дискримінантні осі. Канонічна функція 1 дискримінує способи механічного обробітку з високою глибиною оранки та способи з малою глибиною та нульовим обробітком. Канонічна функція 2 дискримінує кожну з перших груп на підгрупи з меншою глибиною оранки у парі. Більш глибокі варіанти оранки відрізняються більшими рівнями поживних речовин (азот, фосфор, калій). Значення канонічних змінних розглядаються як маркери осей простору, в межах якого відбивається мінливість едафічних показників.

Ключові слова: механічний обробіток, ґрунт, дискримінантний аналіз, едафічні властивості.

Постановка проблеми. Розробка і впровадження ресурсозберігаючих технологій є одним із напрямів ефективного господарювання та збереження довкілля [11]. У загальних витратах матеріально-технічних ресурсів, що використовуються в рослинницькій галузі, майже 40 % припадає на долю паливо-мастильних матеріалів, тому скорочення їх витрат набуває першочергового значення. У технологіях вирощування сільськогосподарських культур найбільші резерви енергозбереження мають способи обробітку ґрунту із запровадженням безполицевого і мінімального обробітку шляхом використання ґрунтообробних знарядь, новітніх конструкцій та вдосконалення вже відомих до цього землеробам [23]. Однак зменшення активного впливу на поверхню ґрунту послаблює кругообіг поживних елементів, що, з одного боку, сприяє збереженню родючості, з іншого, – зниженню продуктивності ріллі через відому «скупість гумусу». Посилання на необхідність ресурсозбереження та підвищення економічної ефективності в даному випадку не завжди виправдані через високу суб'єктивність даної оцінки. Зниження ж урожайності культур після скасування інтенсивного

обробітку часто є головним стримуючим фактором впровадження мінімальних технологій [22].

Характер впливу різних способів механічного обробітку ґрунту на едафічні показники є актуальною проблемою, яка потребує свого вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Способи обробітку ґрунту впливають на агрегатну структуру ґрунту [8]. Родючість ґрунтів, особливо важких за гранулометричним складом, великою мірою залежить від структури, яка визначає їх повітряний, водний, поживний та інші режими [6]. Безполицевий (плоскоріз) обробіток сприяє накопиченню вологи в ґрунті [2, 9, 15, 20].

Способи обробітку впливають і на інші властивості ґрунту, зокрема на щільність. Більшість дослідників дійшли висновку, що щільність ґрунту підвищується в разі застосування поверхневих основних обробок до 0,94–1,26 г/см³, тоді як за відвальної і безвідвальної обробках вона нижча – 0,86–1,17 г/см³ [3, 13, 19]. Водночас є й інші висновки. Об'ємна маса ґрунту істотно не розрізняється залежно від вживаних обробок, оскільки коливання щільності ґрунту знаходяться в оптимальних межах для зростання сільськогосподарських культур. У доказ приведемо дані багаторічного досвіду, проведеного І. П. Талановим [17]. Заміна щорічної оранки мілким або плоскорізним обробітком не привели до надмірного розущільнення ґрунту.

Способи обробітку по-різному впливають на мікрофлору ґрунту. Це відбувається в основному завдяки зміні щільності і режиму вологості ґрунту [10, 16, 21]. Встановлено, що тривале застосування безполицевих способів обробітку ґрунту призводить до диференціації орного шару, збільшенню біологічної активності його верхньої та зниженню нижньої частини [4, 12, 14, 18].

Отже, різні способи механічного обробітку ґрунту впливають на комплекс властивостей ґрунту та на перебіг їх динаміки. Для переважної більшості досліджень властивий методичний підхід, за якого досліджується окремий показник або сукупність споріднених показників та вплив

на них різних систем обробітку ґрунту.

Мета дослідження. У рамках системного підходу запропонувати процедуру, за допомогою якої можна встановити місце тієї або іншої системи обробітку ґрунту в багатовимірному просторі, яке визначається складною сукупністю едафічних показників як індикаторів стану агро-екосистеми.

Матеріали та методи дослідження. Польові дослідження проводились у тривалому досліді, закладеному в 2010–2015 рр. у приватному сільськогосподарському підприємстві «Нива» Шишацького району, Полтавської області, лабораторно-аналітичні – на базі Полтавського центру «Облдержродючість», с. Степне та на кафедрі землеробства і агрохімії ім. В. І. Сазанова Полтавської державної аграрної академії.

Дослідження проводились у ланці сівозміни: кукурудза на зерно (Піонер ПР38Р92) – ячмінь ярий (Командор Р2) – горох (сорт Мадонна). 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. Ґрунтозахисна з мінімальним обробітком на глибину 4–5 см;
4. Технологія прямого висіву без обробітку ґрунту (нульовий обробіток або No-till).

Уміст загального гумусу встановлено за методом Тюріна в модифікації Сімакова (ДСТУ 4289:2004). Вміст нітратного азоту визначено за допомогою іонселективного електроду, амонійного азоту – за допомогою реактиву Несслера, вміст рухомих сполук фосфору та калію – в одній витяжці за методом Чирікова в модифікації ЦІНАО з наступним визначенням фосфору фотометрично за методом Деніже, калію – на полуменовому фотометрі [1].

Дискримінантний аналіз проведений за допомогою програми Statistica 7.0.

Результати досліджень. Динаміка агро-екологічних показників може визначатися як наслідок впливу того чи іншого способу обробітку ґрунту, так і екологічними факторами іншої природи.

Для встановлення специфіки впливу способів обробітку ґрунту ми пропонуємо застосувати дискримінантний аналіз. Ця техніка належить до класифікаційних процедур з навчанням [7], тобто має на меті знайти математичні правила, які найкращим чином дали б змогу розрізнити (дискримінувати) категоріальні змінні або якісні стани системи.

Такими станами є способи механічного обробітку ґрунту, а предикторами виступають едафічні показники. Завдання ставиться так, що треба знайти правила для визначення того способу механічного обробітку, який було застосовано за едафічними показниками, які встановилися у результаті такого впливу.

У дискримінантному аналізі виокремлюються так звані канонічні змінні, які найкращим чином здатні розрізнити досліджувані категоріальні стани системи.

Нами був проведений χ^2 -тест для визначення кількості значущих канонічних змінних (табл. 1).

Перший рядок таблиці надає критерій статистичної значимості для усіх коренів. Оскільки рівень значимості менший за 0,05, то існує хоча б один канонічний корінь, який є статистично значущим. Другий рядок характеризує значимість коренів, які залишаться після видалення першого. Оскільки p -рівень менший за 0,05, то серед тих коренів, що залишилися, є статистично значущі. В разі видалення другого кореня значущих канонічних коренів більше не залишилось. Отже, для дискримінації способів механічного обробітку ґрунту за їх впливом на динаміку ґрунтових властивостей можуть бути застосовані два канонічних кореня.

Природу цих канонічних коренів можна дослідити за кореляцію зі змінними-предикторами (табл. 2). Одержані результати свідчать про те, що найважливішими для диференціації способів механічного обробітку ґрунту є такі едафічні показники, як уміст гумусу, азоту, фосфору та калію, а також похідні від них нелінійні змінні – $[\text{pH}]^2$, $[\text{P}_2\text{O}_5]^2$, $[\text{pH}] \cdot [\text{P}_2\text{O}_5]$, $[\text{pH}] \cdot [\text{K}_2\text{O}]$.

1. χ^2 -тест для видалених коренів

Видалені корені	Власне значення	Канонічне R	Лямбда Уїлкса	χ^2	Ступені волі	p -рівень
0	0,59	0,61	0,50	166,41	60	0,00
1	0,16	0,38	0,79	55,18	38	0,04
2	0,08	0,27	0,92	18,74	18	0,41

СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

Канонічна функція 1 диференціює способи обробітку ґрунту за впливом на загальний вміст факторів родючості (всі поживні речовини та гумус).

Канонічна функція 2 чутлива до вмісту в ґрунті комплексу NPK.

Також ця функція чутлива до корегуючого впливу рН та взаємодії окремих поживних речовин.

За едафічними показниками можна вірно ідентифікувати спосіб механічного обробітку ґрунту в 56,75 % випадків (табл. 3).

Слід відзначити, що за випадкової альтернативи цей показник становив би 25 %.

Найбільшою специфічністю характеризується вплив чизелювання (70,00 % вірних класифікацій), а найменшою – оранка на глибину 25–27 см

(48,33 вірних класифікацій).

Нульовий обробіток найближчий до ґрунтозахисного обробітку та оранки на глибину 25–27 см, ґрунтозахисний обробіток – до нульового обробітку, оранка на глибину 25–27 см – до чизелювання та навпаки.

Центроїди для кожного типу обробітку ґрунту можна розмістити у просторі перших двох канонічних функцій (рис. 1).

Центроїд – це найтипівіше місце для даного категоріального об'єкту в межах простору дискримінантних функцій.

Чим ближче місцеположення реального об'єкту в просторі канонічних функцій до відповідного центроїда, тим з більшою впевненістю ми можемо його класифікувати як такий, що належить до відповідної категорії.

2. Кореляція дискримінантних функцій з едафічними змінними

Змінні	Дискримінантні функції			
	1	2	3	p-рівень
Лінійні змінні				
Гумус (G)	-0,52	0,08	0,01	0,00
Кислотність (pH)	-0,07	0,09	-0,46	0,42
Азот (N)	-0,14	-0,28	0,27	0,05
Фосфор (P)	-0,20	-0,38	-0,15	0,00
Калій (K)	-0,22	-0,52	0,01	0,00
Нелінійні змінні				
G ²	-0,07	0,17	-0,14	0,55
pH ²	-0,03	0,08	-0,41	0,05
N ²	-0,13	-0,29	0,29	0,78
P ₂ O ₅ ²	-0,20	-0,32	-0,19	0,05
K ₂ O ²	-0,24	-0,46	0,01	0,20
G*pH	-0,08	0,21	-0,42	0,58
G*N	-0,13	-0,13	0,13	0,46
G*P	-0,20	-0,31	-0,19	0,66
G*K	-0,24	-0,49	-0,04	0,75
pH*N	-0,18	-0,27	0,11	0,23
pH*P	-0,22	-0,39	-0,23	0,01
pH*K	-0,23	-0,50	-0,04	0,01
N*P	-0,25	-0,47	-0,05	0,09
N*K	-0,24	-0,54	0,11	0,11
P*K	-0,24	-0,44	-0,09	0,14

СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

3. Класифікаційна матриця якості класифікації способів обробітку ґрунту за едафічними показниками

Способи обробітку	% вірних класифікацій	Результати класифікації			
		No-till $p=0,29$	Till_25_27 $p=0,24$	Till_40 $p=0,24$	Till_4_6 $p=0,24$
No-till	52,78	38	13	9	12
Till_25_27	48,33	11	29	15	5
Till_40	70,00	2	13	42	3
Till_4_6	56,67	13	5	8	34
Усього	56,75	64	60	74	54

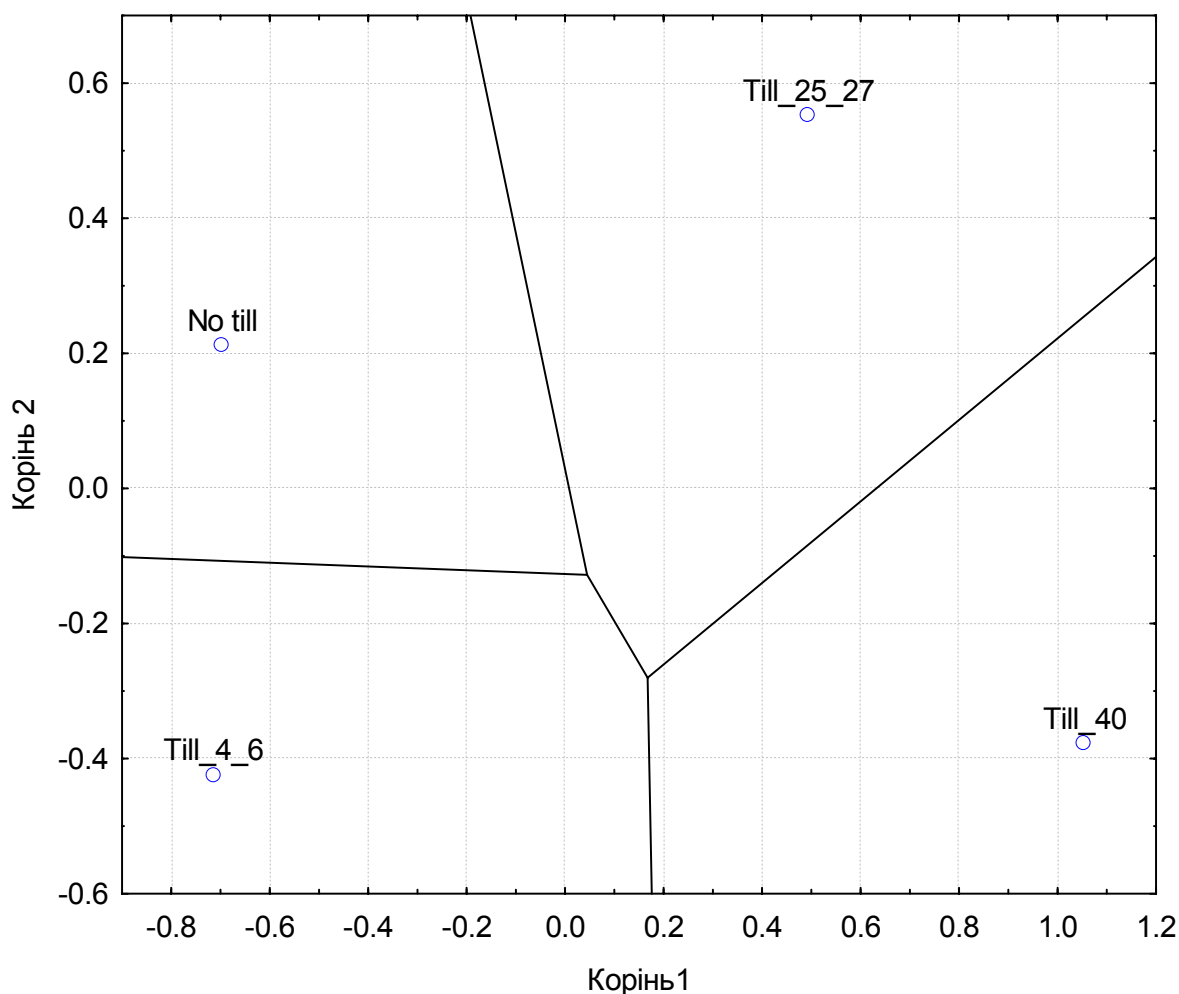
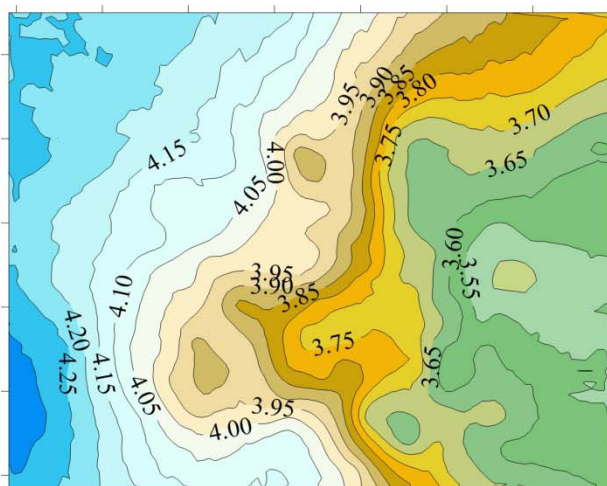


Рис. 1. Діаграма Вороного для центроїдів способів механічного обробітку ґрунту в просторі канонічних коренів

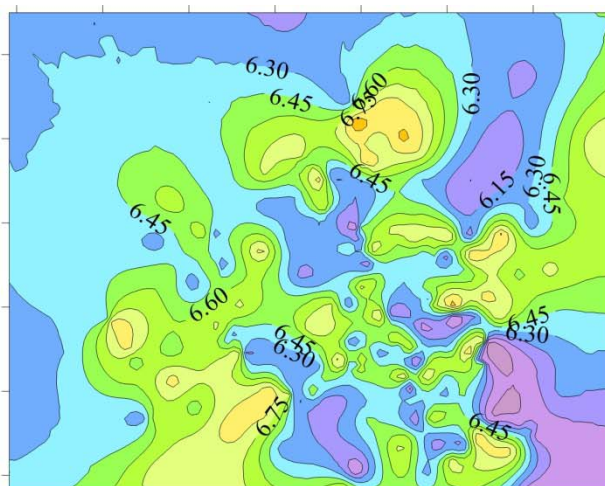
Тому топологію дискримінантного простору можна відобразити за допомогою діаграм Вороного. Границі між кожною парою центроїдів проводяться як сукупність точок, рівновіддалених від цих центроїдів. Тобто, якщо точка знаходиться у межах відповідного ареалу, то її можна віднести до відповідної категорії [5, 7].

Окрім того, топологія простору дискримінантних

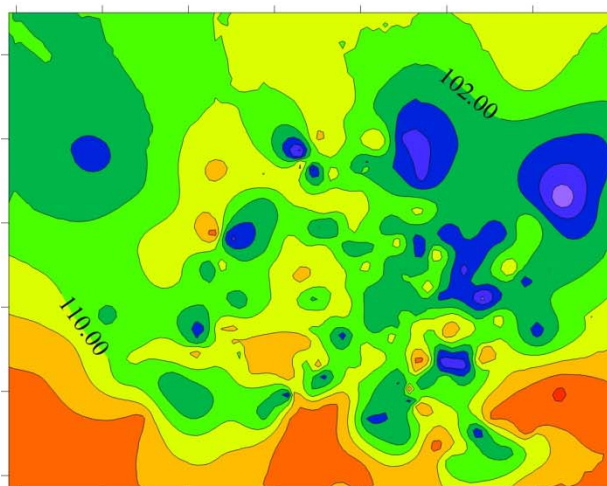
(канонічних) функцій можливо змістовно інтерпретована. Так, канонічна функція 1 розділяє способи механічного обробітку з високою глибиною оранки (чизелювання на глибину 40 см та оранка на глибину 25–27 см) від способів з малою глибиною та нульовим обробітком. Отже, глибокий механічний обробіток призводить до дегуміфікації та зменшення вмісту поживних речовин в ґрунті.



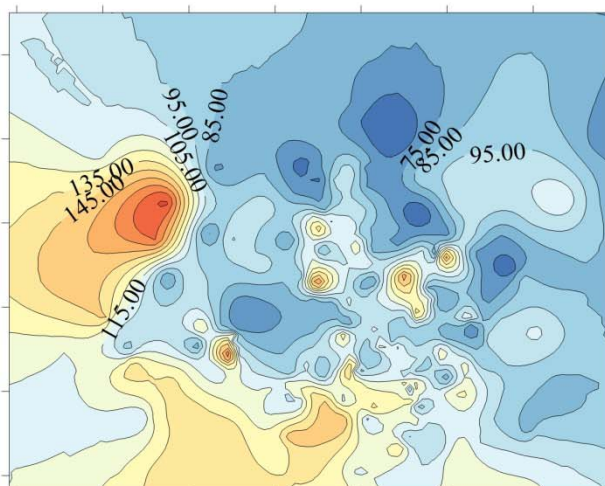
Гумус



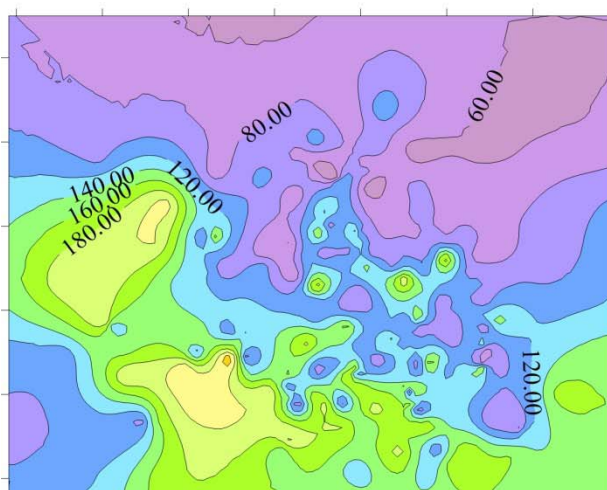
pH



N



P



K

Рис. 2. Варіювання едафічних показників у просторі перших двох канонічних коренів

Умовні позначки: вісь абсцис – канонічна функція 1, вісь ординат – канонічна функція 2.

Канонічна функція 2 розрізняє кожну з перших груп на підгрупи з меншою глибиною оранки у парі (нульовий обробіток проти ґрунтозахисного та оранка на глибину 25–27 см проти чизелювання). У цьому разі більш глибокі варіанти оранки відрізняються більшими рівнями поживних речовин (азот, фосфор, калій).

Виділені полігони є нічим іншим, як ареалами способів обробітку ґрунту в просторі дискримінантних функцій.

Значення канонічних змінних можуть також виступати як маркери осей простору, в межах якого можна показати мінливість едафічних показників і таким чином співставити категоріальні змінні – способи механічного обробітку та континуальні змінні – едафічні показники (рис. 2).

Це можливо внаслідок того, що відповідний простір розподілений між способами механічного обробітку таким чином, що ці способи упорядковані (ординовані) у межах цього простору. Також слід ще раз зазначити, що цей простір володіє унікальною властивістю – границі у ньому між ареалами способів обробітку є прямими лініями.

Для всіх едафічних характеристик властива досить строката варіабельність у досліджуваному просторі канонічних функцій. Слід ще раз наголосити на специфічній властивості цього простору – лінійності границь між ареалами категоріальних станів системи. Це доволі контрастує зі вкрай варіабельною поведінкою континуальних едафічних змінних. Таку поведінку можна пояснити, якщо уявити ту обставину, що досліджені едафічні показники є маркерами складних та динамічних ґрунтоутворних процесів, які мають переважно коливальну природу.

У цьому разі механічний обробіток виглядає як збурення, яке запускає множинну коливальних процесів різної частоти та амплітуди. За такого підходу ґрунт, який зазнав впливу того чи іншого механічного обробітку, переходить не в один окремий стан, а трансформується до множини

динамічних станів, сукупність яких і характеризує той результат, який утворюється внаслідок обробітку.

Висновки:

1. Дискримінантний аналіз дає змогу класифікувати стани ґрунтової системи, які формуються внаслідок різних способів механічного обробітку за едафічними показниками. Для дискримінації чизелювання, безполицевої оранки, мінімального обробітку та «нульового обробітку» достатньо дві канонічні дискримінантні осі.

2. Канонічна функція 1 розділяє способи механічного обробітку з високою глибиною оранки (чизелювання на глибину 40 см та оранка на глибину 25–27 см) від способів з малою глибиною та нульовим обробітком. Канонічна функція 2 розрізняє кожну з перших груп на підгрупи з меншою глибиною оранки у парі (нульовий обробіток проти ґрунтозахисного та оранка на глибину 25–27 см проти чизелювання). У цьому разі більш глибокі варіанти оранки відрізняються більшими рівнями поживних речовин (азот, фосфор, калій).

3. Значення канонічних змінних можуть також виступати як маркери осей простору, в межах якого можна показати мінливість едафічних показників та таким чином співставити категоріальні змінні – способи механічного обробітку та континуальні змінні – едафічні показники. Для всіх едафічних характеристик властива доволі строката варіабельність у досліджуваному просторі канонічних функцій.

4. Одержані результати можна пояснити, виходячи з того, що механічний обробіток виглядає як збурення, яке запускає множинну коливальних процесів різної частоти та амплітуди. За такого підходу ґрунт, який зазнав впливу того чи іншого механічного обробітку, переходить не в один окремий стан, а трансформується до множини динамічних станів, сукупність яких і характеризує той результат, який утворюється внаслідок обробітку у відповідний період часу.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Агрохімія: лабораторний практикум : навч. посібник / [під ред. Лісовала А. П.]. – К. : Вища школа, 1994. – С. 108–116.
2. Бараев А. И. О научных основах земледелия в степных районах / А. И. Бараев // Вестник с.-х. науки, 1976. – №4. – С. 22–35.
3. Бенц А. В. Особенности обработки почвы на склонах северной лесостепи Западной Сибири / А. В. Бенц // Научно-технический бюлль. ВАСХНИЛ. – М., 1986. – №432. – С. 3–6.
4. Ершов В. А. Биологическая активность почвы

при длительном предшествующем применении минимальной обработки / В. А. Ершов // Земледелие. – 1991. – №2. – С. 34–36.

5. Жуков О. В. Екоморфичний аналіз консорцій ґрунтових тварин / О. В. Жуков. – Дніпропетровськ : вид-во «Свідлер А. Л.». – 2009. – 239 с.

6. Качинский Н. А. Физика почвы / Н. А. Качинский. – М. : Высшая школа, 1965. – Ч. 1. – С. 75–79.

7. Ким Д. О. Факторный, дискримінантний и кластерный анализ / Д. О. Ким, Ч. У. Мьюлер. –

- М. : Финансы и статистика. – 1989. – С. 5–77.
8. *Медведев В. В.* Структура почвы / В. В. Медведев. – Харьков, 2008. – 406 с.
9. *Метелев В. Я.* Особенности обработки почвы под яровую пшеницу на Алтае / В. Я. Метелев, П. И. Талышев // Земледелие. – 1979. – №7. – С. 25–28.
10. *Немцев С. Н.* Агроэкологическая эффективность почвозащитных технологий на склоновых землях Ульяновской области / С. Н. Немцев : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к.с.-х.н. – Кинель, 1996. – 27 с.
11. *Опара М. М.* Родючість ґрунтів і енергозбереження в землеробстві / М. М. Опара, П. П. Ярошенко. – Полтава, 2006. – 62 с.
12. Влияние агротехнических приемов на микробиологические процессы трансформации гумуса в мощном черноземе левобережной лесостепи Украины / [Ромейко И. Н., Битюкова Л. Б., Плишко М. К., Зиль Л. М.] // Бюллетень ВНИИСХМ. – 1988. – №49. – С. 30–36.
13. *Семешкина П. С.* Способы основной обработки серой лесной почвы / П. С. Семешкина // Земледелие. – 1994. – №5. – С. 24.
14. *Силиченков Г. В.* Совершенствование обработки почвы в Белоруссии / Г. В. Силиченков // Земледелие. – 1991. – №4. – С. 45–47.
15. *Сираев М. Г.* Совершенствование минимальной обработки почвы в степи Башкортостана / М. Г. Сираев // Земледелие. – 1997. – №8. – С. 27–28.
16. Биологическая активность чернозема выщелоченного юго-западной Сибири в зависимости от обработки / [Слесарев В. Н., Святская Л. Н., Хамова О. Ф., Щитов А. Г.] // Почвоведение. – 1987. – №4. – С. 137–142.
17. *Таланов И. П.* Эффективность плоскорезной обработки почвы / И. П. Таланов // Земледелие. – 1995. – №8. – С. 13.
18. *Тихомирова А. Д.* Изменение микрофлоры и ферментативной активности почвы в связи с разной периодичностью оборачивания пахотного слоя : сборник научных трудов / Тихомирова А. Д., Гамзикова О. И. // Вопросы численности, биомассы и продуктивности почвенных микроорганизмов. – Л. : Наука, 1972. – С. 258–265.
19. *Ульченко В. Я.* Минимализация обработки почвы в зернопаровых севооборотах / В. Я. Ульченко // Земледелие. – 1992. – №6. – С. 23.
20. *Хабирахвганов Х. Х.* Обработка почвы под яровую пшеницу и горох в Татарстане / Х. Х. Хабирахвганов, И. Г. Гайнзадинов // Земледелие. – 1993. – №8. – С. 20.
21. *Чепрасов А. А.* Влияние систем основной обработки почвы на биологическую активность и агрохимические свойства чернозема выщелоченного лесостепи Приобья при разном уровне интенсификации / А. А. Чепрасов // Сиб. Вестник с.-х. науки. – 1999. – №1, 2. – С. 8–13.
22. *Шевченко М. В.* Наукові основи систем обробітку ґрунту в польових сівозмінах Лівобережного Лісостепу України : дис. ... д.с.-г.н. : 06.01.01 «Загальне землеробство» / М. В. Шевченко. – Харків, 2015. – 539 с.
23. *Ярошенко П. П.* Мінімальний обробіток ґрунту – основа екологічного землеробства / П. П. Ярошенко, М. В. Іванюта // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин (фахове видання). – Вип. 34. – Кіровоград, 2004. – С. 36.