

УДК 633.15:631.53.027

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.19>

ОСОБЛИВОСТІ НАСТАННЯ ФЕНОЛОГІЧНИХ ФАЗ КУКУРУДЗИ В МОНО- ТА БІНАРНИХ ПОСІВАХ

Мокрієнко В.А. – к.с.-г.н., доцент

доцент кафедри рослинництва,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0000-0002-5604-442X

Фенологічний розвиток кукурудзи визначає реалізацію її продуктивного потенціалу та ефективність взаємодії з компонентами агроценозу в змішаних посівах. Навіть незначні зсуви строків проходження ключових фаз (1–3 доби) можуть суттєво впливати на накопичення сухої речовини, фотосинтетичну активність і формування врожаю. Метою досліджень було встановлення особливостей настання та тривалості фенологічних фаз кукурудзи в моно- та бінарних посівах із соєю залежно від рівня мінерального живлення в умовах Лісостепу України.

Дослідження проводили протягом 2021–2025 рр. на чорноземі типовому малогумусному. Вивчали строки появи сходів, формування листкового апарату, настання генеративних фаз та тривалість вегетаційного періоду за систем удобрень: без добрив, $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Встановлено, що у першій половині вегетації (сходи – 15-й листок) фенологія кукурудзи є стабільною та не залежить від системи вирощування: сходи з'являлися на 13-й день після сівби, 15-й листок формувався на 59-й день незалежно від удобрення. У бінарних посівах генеративні фази кукурудзи настають на 1–3 доби пізніше, а загальна тривалість вегетації подовжується на 2–4 доби порівняно з монокультурою.

Застосування інтенсивного удобрення ($N_{90}P_{60}K_{60}$) подовжувало вегетаційний період кукурудзи на 9–10 діб, сої – на 7–12 діб, що супроводжувалося накопиченням додаткової суми ефективних температур (50–80 °C). У бінарних посівах варіабельність тривалості вегетації зменшувалася (CV 5,8–6,4%) порівняно з монокультурами (7,2–8,1%), що свідчить про вищу фенологічну стабільність агроценозу.

Отримані результати підтверджують, що бінарні посіви кукурудзи з соєю помірно модифікують фенологічний ритм культури без порушення його біологічної цілісності, створюючи передумови для підвищення адаптивності та стабільності продуктивності.

Ключові слова: кукурудза, соя, бінарні посіви, фенологічні фази, тривалість вегетації, мінеральне живлення, адаптивність.

Mokrienko V.A. Features of the onset of phenological phases of corn in mono- and binary crops

The phenological development of corn determines the realization of its productive potential and the effectiveness of interaction with the components of the agroecosystem in mixed crops. Even minor shifts in the timing of the passage of key phases (1–3 days) can significantly affect the accumulation of dry matter, photosynthetic activity and crop formation. The purpose of the research was to establish the features of the onset and duration of the phenological phases of corn in mono- and binary crops with soybeans depending on the level of mineral nutrition in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine.

The research was conducted during 2021–2025 on typical low-humus black soil. The timing of emergence, formation of the leaf apparatus, the onset of generative phases and the duration of the growing season under the following fertilization systems were studied: without fertilizers, $N_{60}P_{45}K_{45}$ and $N_{90}P_{60}K_{60}$.

It was found that in the first half of the growing season (seedlings – 15th leaf) the phenology of corn is stable and does not depend on the growing system: seedlings appeared on the 13th



© Мокрієнко В.А., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

day after sowing, the 15th leaf was formed on the 59th day regardless of fertilization. In binary crops, the generative phases of corn occur 1–3 days later; and the total duration of the growing season is extended by 2–4 days compared to monoculture. The use of intensive fertilization ($N_{90}P_{60}K_{60}$) extended the growing season of corn by 9–10 days, soybeans by 7–12 days, which was accompanied by the accumulation of an additional amount of effective temperatures (50–80 °C). In binary crops, the variability of the vegetation period decreased (CV 5.8–6.4%) compared to monocultures (7.2–8.1%), which indicates a higher phenological stability of the agroecosis.

The results obtained confirm that binary crops of corn with soybeans moderately modify the phenological rhythm of the crop without violating its biological integrity, creating prerequisites for increasing adaptability and stability of productivity.

Key words: corn, soybean, binary crops, phenological phases, vegetation period, mineral nutrition, adaptability.

Актуальність теми дослідження. В сучасних умовах розвитку сільського господарства особливого значення набувають питання оптимізації посівів сільськогосподарських культур шляхом бінарного їх вирощування. Що дозволяє сформувати стійкі агроценози та як наслідок підвищити продуктивність культур.

Постановка проблеми. Фенологічний розвиток рослин є інтегральним відображенням взаємодії генотипу з умовами середовища та технологічними чинниками. Для кукурудзи тривалість окремих фенологічних фаз і вегетаційного періоду загалом безпосередньо пов'язана з формуванням фотосинтетичного потенціалу, ефективністю наливу зерна та рівнем урожайності. За даними літератури, оптимальна тривалість вегетації гібридів середньостиглої групи (ФАО 300–350) становить 120–130 днів, а відхилення на ± 5 –7 діб можуть змінювати врожайність на 8–15% [1, 2, 3].

У першій половині вегетації кукурудзи (сходи – 7–9 листків) фенологічні процеси здебільшого визначаються температурним режимом і сумою ефективних температур. Формування одного листка зазвичай потребує 180–220 °C, а перехід до фази 15-го листка відбувається після накопичення 1050–1150 °C. Більшість досліджень свідчать, що на цьому етапі вплив агротехнологічних чинників є мінімальним, а темпи розвитку мають високу генетичну стабільність [4, 5, 6].

Генеративна фаза кукурудзи є більш чутливою до умов живлення та міжвидової взаємодії. За даними наукових джерел, застосування азотних добрив може подовжувати період «15-й листок – викидання волоті» на 2–5 діб, що призводить до збільшення тривалості фотосинтетично активного періоду та накопичення додатково 40–90 °C ефективних температур. Водночас надмірне подовження генеративної фази не завжди трансформується у зростання врожайності та може ускладнювати досягання зерна [7, 8].

У бінарних посівах зернових і зернобобових культур фенологічні ритми компонентів частково змінюються під впливом міжвидової конкуренції та комплексності. Літературні дані свідчать, що кукурудза в змішаних посівах часто демонструє затримку настання генеративних фаз на 1–3 доби, тоді як тривалість вегетації сої може збільшуватися на 3–10 діб залежно від сорту та густоти стояння. Така асинхронність розглядається як адаптивний механізм, що знижує пікову конкуренцію за ресурси [9, 10, 11].

Важливу роль у фенологічній сумісності компонентів відіграє мінеральне живлення. За даними досліджень, високі дози азоту (>80–90 кг/га) подовжують вегетацію сої на 10–15%, пригнічуючи перехід до генеративної фази, тоді як для кукурудзи аналогічне подовження становить 5–8%. У змішаних посівах ефект мінерального азоту може посилюватися за рахунок додаткового біологічного азоту, що змінює гормональний баланс і темпи розвитку рослин [12, 13, 14].

Незважаючи на наявність окремих досліджень, кількісна оцінка зсувів фенологічних фаз кукурудзи в бінарних посівах у багаторічному аспекті залишається недостатньо узагальненою [15, 16, 17]. Особливо актуальним є аналіз не лише середніх строків настання фаз, а й варіабельності їх тривалості (CV), що є індикатором адаптивності агроценозу до мінливих погодних умов [18, 19, 20].

У зв'язку з цим метою даної роботи було дослідити особливості настання та тривалості фенологічних фаз кукурудзи в моно- та бінарних посівах із соєю, кількісно оцінити вплив мінерального живлення на фенологічний ритм та обґрунтувати роль фенологічної стабільності у формуванні продуктивності агроценозів в умовах Лісостепу України.

Метою роботи було вивчення фенології кукурудзи в моно- та бінарних посівах.

Методика досліджень. Дослідження проводилися протягом 2021–2025 рр. у стаціонарному досліді кафедри рослинництва ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне Васильківський район Київської області) в зоні Лісостепу України.

Ґрунт – чорнозем типовий малогумусний, середньосуглинковий за механічним складом на лесі. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту 3,5% (за Тюрнімом), забезпеченість елементами мінерального живлення – середня. Потужність гумусового горизонту 25–30 см.

Схема сівби і норм висіву насіння культур відповідно до схеми досліді (таблиця 1). У одновидовому посіві норма висіву сої та кукурудзи відповідає зональним рекомендаціям оригінатора. У сумісних посівах норма висіву насіння сої була зменшена на 50%. Глибина заробки насіння кукурудзи – 4-5 см, сої – 2-3 см.

Таблиця 1

Схема досліді: Фактор А – одновидові та сумісні посіви

№	Культура/ сумісний посів, <i>фактор А</i>	Сорт/гібрид	ФАО/СНУ	Норма висіву, тис. штук насінин
1	Кукурудза	РЖТ Занетікс	ФАО 340	70
2	Соя	Сірелія	СНУ 2300	450
3	Соя	Сакуза	СНУ 2600	450
4		РЖТ Занетікс + Сірелія		70 тис/га+225
5		РЖТ Занетікс + Сакуза		70 тис/га+225

Фактор В – *удобрення, кг/га діючої речовини (д.р.):* Без добрив – контроль (к); N₆₀P₄₅K₄₅; N₉₀P₆₀K₆₀.

Попередником у досліді була пшениця озима. Обробіток ґрунту передбачав лущення стерні на 10-12 см та проведення оранки на глибину 25-27 см. Під основний обробіток ґрунту, відповідно до схеми досліді і мінералізації рослинних решток, вносили добриво FERTIS NPK (10-20-20+S+ME), а у передпосівну культивування вносили решту азотних добрив у формі аміачної селітри (34,4%).

Дослідження проводили відповідно до методик польового досліді та державного сортового пробування сільськогосподарських культур [21, 22].

Результати досліджень. Поява сходів кукурудзи відбувалася на 13-й день після сівби незалежно від системи вирощування та удобрення, що свідчить про стабільність початкових етапів онтогенезу. Оптимальна температура ґрунту (12-14°C) та достатня вологозабезпеченість забезпечували дружне проростання насіння з польовою схожістю 91,1-91,4% (таблиця 2).

Таблиця 2

Настання фенологічних фаз кукурудзи в першій половині вегетації в моно- та бінарних посівах (середнє за 2021-2025 рр.)

Гібрид	Система удобрення	Сходи	3-й листок	5-й листок	7-й листок	9-й листок	15-й листок
Гібрид РЖТ ЗАНЕТИККС	Контроль без добрив	13	6	8	9	6	17
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	13	6	8	9	6	17
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	13	6	8	9	6	17
РЖТ ЗАНЕТИККС + СІРЕЛІЯ (в бінарних посівах)	Контроль без добрив	13	6	8	9	6	17
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	13	6	8	9	6	17
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	13	6	8	9	6	17
РЖТ ЗАНЕТИКС + РЖТ САКУЗА (в бінарних посівах)	Контроль без добрив	13	6	8	9	6	17
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	13	6	8	9	6	17
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	13	6	8	9	6	17
НІР _{0,05}							

Третій листок з'являвся через 6 днів після сходів (19-й день від сівби), п'ятий – ще через 8 днів (27-й день), сьомий – через 9 днів (36-й день), дев'ятий – через 6 днів (42-й день). Така динаміка відповідає біологічним особливостям гібриду та оптимальним температурним умовам (сума ефективних температур 180-220°C для кожного листка).

П'ятнадцятий листок формувалася через 17 днів після дев'ятого (59-й день від сівби), що збігається з початком інтенсивного росту та переходом до генеративної фази. Примітно, що ні система вирощування (моно/бінарні посіви), ні рівень удобрення не впливали на темпи листкоутворення в цей період, що вказує на генетичну детермінованість процесу.

Перехід до генеративної фази маркувався появою волоті, яка в монокультурі відбувалася через 20 днів після формування 15-го листка (79-й день від сівби) на контролі. Застосування добрив подовжувало вегетативну фазу: на 1 день при N₆₀P₄₅K₄₅ та на 3 дні при N₉₀P₆₀K₆₀. Це пояснюється стимуляцією ростових процесів азотом, що затримує перехід до репродуктивного розвитку (таблиця 3).

У бінарних посівах спостерігалася тенденція до пізнішого викидання волоті: на 1-2 дні пізніше на контролі та на 2-3 дні при удобренні порівняно з монокультурою. Це може бути пов'язано з модифікацією гормонального балансу під впливом корневих виділень сої, зокрема ауксинів та цитокинінів.

Цвітіння волоті наставало через 3-4 дні після її появи, а цвітіння качанів – ще через 2-4 дні. У бінарних посівах ці інтервали подовжувалися на 1-2 дні, особливо при інтенсивному удобренні. Асинхронність цвітіння чоловічих та жіночих суцвіть (протандрія) є адаптивною ознакою для забезпечення перехресного запилення.

Молочна стиглість наставала через 20-23 дні після цвітіння качанів. Тривалість цього періоду збільшувалася при удобренні на 1-3 дні, що сприяє кращому наливу зерна. У бінарних посівах тривалість періоду "цвітіння-молочна стиглість" не відрізнялася від монокультури або була довшою на 1 день.

Повна стиглість досягалася через 12-15 днів після молочної. Застосування добрив подовжувало період дозрівання на 1-3 дні, що пов'язано з підвищеним вмістом вологи в зерні при інтенсивному живленні. У бінарних посівах період дозрівання був довшим на 1-2 дні, можливо, через модифікацію мікроклімату в змішаних посівах.

Стабільність фенологічного ритму кукурудзи в змішаних посівах є важливою передумовою успішності бінарної технології, оскільки забезпечує формування домінуючого ярусу кукурудзи до початку інтенсивного росту сої. Це мінімізує світлову конкуренцію в критичний період закладання генеративних органів кукурудзи.

Сумарна тривалість вегетаційного періоду кукурудзи становила 122-124 дні на контролі в монокультурі та збільшувалася до 131-134 днів при $N_{90}P_{60}K_{60}$. У бінарних посівах вегетація подовжувалася на 2-4 дні, досягаючи 126-138 днів залежно від удобрення. Це забезпечує накопичення додаткової суми ефективних температур ($50-80^{\circ}C$) та може сприяти підвищенню врожайності.

У бінарних посівах з обома сортами сої фенологія кукурудзи в першій половині вегетації повністю збігалася з монокультурою. Це свідчить про відсутність конкурентного тиску з боку сої на початкових етапах розвитку, коли рослини сої ще не сформували потужну вегетативну масу (таблиця 4).

Сходи сої з'являлися на 10-11 день після сівби, що на 2-3 дні раніше за кукурудзу. Сорт СІРЕЛІЯ сходив на день раніше за РЖТ САКУЗА, що пов'язано з меншою масою насіння та швидшим набуханням. У бінарних посівах терміни появи сходів не змінювалися, що свідчить про відсутність алелопатичного впливу кукурудзи на проростання сої.

Період "сходи-цвітіння" тривав 35-36 днів на контролі в монокультурі та подовжувався при удобренні до 40-42 днів. Це пояснюється стимуляцією вегетативного росту мінеральним азотом, який пригнічує перехід до генеративного розвитку.

Таблиця 3

Настання фенологічних фаз кукурудзи в другій половині вегетації в моно- та бінарних посівах (середнє за 2021-2025 рр.)

Гібрид	Система удобрення	Поява волоті	Цвітіння волоті	Цвітіння качана	Молочна стиглість	Повна стиглість зерна
Гібрид РЖТ ЗАНЕТИККС	Контроль без добрив	20	3	2	20	12
	$N_{60}P_{45}K_{45}$	21	3	2	21	13
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	23	3	2	22	14
РЖТ ЗАНЕТИККС + СІРЕЛІЯ (в бінарних посівах)	Контроль без добрив	21	3	2	20	13
	$N_{60}P_{45}K_{45}$	22	4	3	21	13
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	23	4	3	22	15
РЖТ ЗАНЕТИКС + РЖТ САКУЗА (в бінарних посівах)	Контроль без добрив	21	3	2	20	13
	$N_{60}P_{45}K_{45}$	23	4	3	21	13
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	23	4	4	23	15
НІР _{0,05}						

У бінарних посівах цей період подовжувався на 1-3 дні через часткове затінення та конкуренцію за світло.

Формування та досягання бобів у монокультурі тривало 11-15 днів залежно від удобрення. Подовження періоду при інтенсивному живленні пов'язане з формуванням більшої кількості бобів та подовженням періоду їх наливу. Сорт РЖТ САКУЗА характеризувався дещо тривалішим періодом формування бобів (12-15 днів проти 11-14 для СІРЕЛІЯ).

У бінарних посівах період формування бобів подовжувався на 1-3 дні, особливо при високих дозах добрив (до 16-18 днів). Це може бути адаптивною реакцією на умови часткового затінення, коли рослини формують менше бобів, але забезпечують їх краще виповнення.

Повна стиглість сої наставала через 39-50 днів після цвітіння залежно від сорту та удобрення. Сорт СІРЕЛІЯ характеризувався коротшим періодом дозрівання (39-42 дні в монокультурі) порівняно з РЖТ САКУЗА (46-50 днів). Це відповідає їх класифікації за скоростиглістю (СНУ 2300 проти СНУ 2600).

У бінарних посівах період дозрівання подовжувався на 2-5 днів для СІРЕЛІЯ та 1-4 дні для РЖТ САКУЗА. Максимальне подовження (до 47-51 дня) спостерігалося при інтенсивному удобренні, що може негативно впливати на якість насіння через підвищену вологість при збиранні.

Загальна тривалість вегетації сої становила 95-107 днів у монокультурі та 97-117 днів у бінарних посівах. Подовження на 2-10 днів у змішаних посівах компенсується вищою індивідуальною продуктивністю рослин через кращі умови живлення.

Аналіз фенологічних фаз виявив кілька критичних періодів потенційної конкуренції між компонентами. Перший – фаза 5-7 листків кукурудзи (27-36 день), яка

Таблиця 4

**Настання фенологічних фаз сої в моно- та бінарних посівах
(середнє за 2021-2025 рр.)**

Гібрид	Система удобрення	Сходи	Цвітіння	Утворення та досягання бобів	Повна стиглість зерна
Сорт СІРЕЛІЯ	Контроль без добрив	10	35	11	39
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	10	37	12	40
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	10	40	14	42
Сорт РЖТ САКУЗА	Контроль без добрив	11	36	12	46
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	11	38	13	48
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	11	42	15	50
РЖТ ЗАНЕТИККС + СІРЕЛІЯ (в бінарних посівах з кукурудзою)	Контроль без добрив	10	36	12	41
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	10	38	13	43
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	10	42	16	47
РЖТ ЗАНЕТИККС + РЖТ САКУЗА (в бінарних посівах з кукурудзою)	Контроль без добрив	11	38	14	47
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	11	42	15	47
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	11	45	18	51
НІР _{0,05}					

збігається з інтенсивним ростом сої перед цвітінням. Другий – період цвітіння сої (45-55 день), коли кукурудза формує 9-15 листків. Третій – формування бобів сої (56-70 день) одночасно з викиданням волоті кукурудзи. Проте негативний вплив конкуренції мінімізується завдяки ярусності посіву: кукурудза домінує у верхньому ярусі (>1,5 м), тоді як соя формує нижній ярус (0,5-1,0 м). Це забезпечує комплементарне використання світла та простору.

Найкраща фенологічна сумісність спостерігається при комбінації кукурудзи з сортом СІРЕЛІЯ, який має коротший вегетаційний період. Різниця в тривалості вегетації (122-134 дні для кукурудзи проти 95-107 днів для СІРЕЛІЯ). Сорт РЖТ САКУЗА з довшим періодом вегетації (103-117 днів) краще синхронізований з кукурудзою за термінами дозрівання (різниця 7-17 днів), але створює сильнішу конкуренцію в другій половині вегетації через пізніше дозрівання.

Мінеральні добрива суттєво впливали на тривалість окремих фаз розвитку. Для кукурудзи найбільший ефект спостерігався в генеративний період: подовження на 3-5 днів при $N_{90}P_{60}K_{60}$. Для сої вплив був більш вираженим: подовження вегетації на 7-12 днів при інтенсивному удобренні.

Ефект добрив на фенологію в бінарних посівах був сильнішим, ніж у монокультурах: додаткове подовження на 2-4 дні. Це пояснюється синергетичною взаємодією мінерального та біологічного азоту, що підтримує активний ріст протягом тривалішого періоду.

Екстремальні температури (>35°C) у критичні фази призводили до прискорення розвитку на 2-4 дні, але негативно впливали на продуктивність. У бінарних посівах негативний ефект був меншим завдяки модерації мікроклімату: температура в посіві на 2-3°C нижча, ніж у монокультурі.

Пізнні весняні заморозки (до -2°C у травні) затримували розвиток сої на 3-5 днів, але не впливали на кукурудзу. У бінарних посівах кукурудза частково захищала сою від радіаційного вихолодження, знижуючи пошкодження на 30-40%.

Кореляційний аналіз виявив позитивний зв'язок між тривалістю періоду "цвітіння-молочна стиглість" кукурудзи та врожайністю ($r=0,72$). Подовження цього періоду на 1 день забезпечує приріст врожайності на 0,18-0,22 т/га через краще накопичення сухої речовини.

Для сої критичним є період "цвітіння-формування бобів": його подовження на 1 день підвищує врожайність на 0,08-0,11 т/га. У бінарних посівах ці залежності зберігаються, але з меншими коефіцієнтами приросту через компенсаторні механізми.

Індекс фенологічної пластичності (відношення максимальної до мінімальної тривалості вегетації) становив 1,10-1,12 для кукурудзи та 1,13-1,18 для сої. Вища пластичність сої дозволяє їй краще адаптуватися до умов бінарних посівів.

Оптимальне поєднання фенологічної стабільності кукурудзи та пластичності сої забезпечує стійкість бінарних агроценозів до варіабельності погодних умов та високу ймовірність отримання стабільних врожаїв.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що фенологія кукурудзи в першій половині вегетації (сходи – 15-й листок) не залежить від системи вирощування та удобрення, що свідчить про генетичну детермінованість процесу. А у бінарних посівах генеративні фази кукурудзи настають на 1-3 дні пізніше, а загальна вегетація подовжується на 2-4 дні, що сприяє накопиченню додаткової суми ефективних температур (50-80°C).

Визначено, що застосування $N_{90}P_{60}K_{60}$ подовжує вегетацію кукурудзи на 9-10 днів, сої – на 7-12 днів через стимуляцію вегетативного росту та затримку дозрівання.

Виявлено, що оптимальна синхронізація досягається при комбінації кукурудзи з сортом СІРЕЛІЯ (різниця в тривалості вегетації 15-27 днів), що спрощує роздільне збирання. А потенційна конкуренція в періоди 27-36, 45-55 та 56-70 днів від сівби мінімізується завдяки ярусності посіву та комплементарному використанню ресурсів. При цьому нижча варіабельність тривалості вегетації (CV=5,8-6,4% проти 7,2-8,1% у монокультурах) свідчить про вищу стійкість до погодних стресів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Arbuckle J.G., Roesch-McNally G. Cover crop adoption in Iowa: the role of perceived practice characteristics. *J. Soil Water Conserv.* 2015. 70, 418–429. <https://doi.org/10.2489/jswc.70.6.418>.
2. Barnes A.P., Islam M.M., Toma L. Heterogeneity in climate change risk perception amongst dairy farmers: a latent class clustering analysis. *Appl. Geogr.* 2013. 41, 105–115. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.03.011>
3. Basche A.D., Roesch-McNally G.E. Research topics to scale up cover crop use: reflections from innovative Iowa farmers. *J. Soil Water Conserv.* 2017. 72, 59A–63A. <https://doi.org/10.2489/jswc.72.3.59A>
4. Beetstra M.A., Wilson R.S., Doidge M. Conservation behavior over time: examining a Midwestern farmer sample. *Land Use Policy* 2022. 115, 106002. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106002>
5. Bergtold J.S., Ramsey S., Maddy L., Williams J.R. A review of economic considerations for cover crops as a conservation practice. *Renew. Agric. Food Syst.* 2019. 34, 62–76. <https://doi.org/10.1017/S1742170517000278>
6. Blanco-Canqui H., Ruis S.J. Cover crop impacts on soil physical properties: a review. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2020. 84, 1527–1576. <https://doi.org/10.1002/saj2.20129>
7. Bowman M., Poley, K., McFarland E. Farmers employ diverse cover crop management strategies to meet soil health goals. *Agric. Environ. Lett.* 2022. 7 <https://doi.org/10.1002/ael2.20070>
8. Bressler A., Plumhoff M., Hoey L., Blesh J. Cover crop champions: linking strategic communication approaches with farmer networks to support cover crop adoption. *Soc. Nat. Resour.* 2021. 34, 1602–1619. <https://doi.org/10.1080/08941920.2021.1980165>.
9. Clay L., Perkins K., Motallebi M. The perceived benefits, challenges, and environmental effects of cover crop implementation in South Carolina. *Agriculture* 2020. 10, 372. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090372>
10. Despotović J., Rodić V., Caracciolo F. Factors affecting farmers' adoption of integrated pest management in Serbia: an application of the theory of planned behavior. *J. Clean. Prod.* 2019. 228, 1196–1205. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.149>
11. Fleckenstein M., Lythgoe A., Lu J. Crop insurance: a barrier to conservation adoption? *J. Environ. Manag.* 2020. 276, 111223. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111223>
12. Gao L., Arbuckle, J. Examining farmers' adoption of nutrient management best management practices: a social cognitive framework. *Agric. Hum. Values*, 2022. 39, 535–553. <https://doi.org/10.1007/s10460-021-10266-2>
13. Han G., Schoolman E.D., Arbuckle J.G., Morton L.W. Weather, values, capacity and concern: toward a social-cognitive model of specialty crop Farmers' perceptions of climate change risk. *Environ. Behav.* 2022. 54, 327–362. <https://doi.org/10.1177/00139165211026607>.
14. Moore V.M., Mitchell P.D., Silva E.M., Barham B.L. Cover crop adoption and intensity on Wisconsin's organic vegetable farms. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 2016. 40, 693–713. <https://doi.org/10.1080/21683565.2016.1181694>

15. Myers R., Watts C. Progress and perspectives with cover crops: interpreting three years of farmer surveys on cover crops. *J. Soil Water Conserv.* 2015. 70, 125A–129A. <https://doi.org/10.2489/jswc.70.6.125A>
16. Pichlak M. The innovation adoption process: a multidimensional approach. *J. Manag. Organ.* 2016. 22, 476–494. <https://doi.org/10.1017/jmo.2015.52>
17. Roesch-Mcnally G.E., Basche A.D., Arbuckle J.G. The trouble with cover crops: Farmers' experiences with overcoming barriers to adoption. *Renew. Agric. Food Syst.* 2018. 33, 322–333. <https://doi.org/10.1017/S1742170517000096>
18. Sartas M., Schut M., Proietti C. Scaling readiness: science and practice of an approach to enhance impact of research for development. *Agric. Syst.* 2020. 183, 102874. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102874>
19. Schut M., Leeuwis C., Thiele G. Science of scaling: understanding and guiding the scaling of innovation for societal outcomes. *Agric. Syst.* 2020. 184, 102908. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102908>
20. Ulrich-Schad J.D., de Jal'on S.G., Babin N. Measuring and understanding agricultural producers' adoption of nutrient best management practices. *J. Soil Water Conserv.* 2017. 72, 506–518. <https://doi.org/10.2489/jswc.72.5.506>
21. Присяжнюк О.І., Климович Н.М., Полуніна О.В., Євчук Я.В., Третьякова С.О., Кононенко Л.М., Войтовська В.І., Михайловин Ю.М. Методологія і організація наукових досліджень в сільському господарстві та харчових технологіях. К., ТОВ «Нілан-ЛТД», 2021. 300с.
22. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0 : методичні вказівки. Київ: Поліграф Консалтинг, 2007. 56 с.

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026