

Binary crops as an element of agroecosystem stabilization

S. Pospelov  | V. Samorodov | V. Onipko | O. Kalashnik

Article info

Correspondence Author

S. Pospelov

E-mail:

sergii.pospelov@pdau.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000,
Ukraine

Citation: Pospelov, S., Samorodov, V., Onipko, V., & Kalashnik, O. (2024). Binary crops as an element of agroecosystem stabilization. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (3), 12–18. doi: 10.31210/spi2024.27.03.02

Modern scientific and practical views on the concept of binary crops are systematized. It is stated that with the development of agricultural technologies and the formation of a trend towards the production of environmentally friendly and organic agricultural products, binary crops can become an important technological chain for the transition from intensive to organic forms of management. Despite the diversity of crops and agroclimatic conditions, two main components remain traditional: legumes and cereals, due to the peculiarities of their root systems and chemical composition. For Ukraine, a classic example is vetch-oat mixture, which is an unsurpassed example of binary crops. The selection of crops for binary cultivation depends on the physiological and biochemical properties of individual species, soil conditions, peculiarities of ontogeny, the direction of use, etc. Over the past decades, attention has increased significantly to the cultivation of cereal grains, corn, sunflower in a mixture with soybeans, clover, alfalfa, sainfoin, lupine and other legumes. Under conditions of sufficient moisture, it is effective to add up to five to seven components to the mixture. There is experience in using "cocktails" that include up to 40 plant species. In terms of use, binary crops are created for fodder production (corn + soybeans, vetch + oats), for commercial production (sunflower + vetch, corn + fodder beans), as cover crops for perennial grasses (alfalfa + barley, alfalfa + corn), for green manure (vetch + oats), and honey agroecosystems (phacelia + pear). The cultivation of annual legumes, which provide shade from direct solar radiation, protection from erosion processes, and are a source of biological nitrogen between rows of tall crops (sunflower, corn), not only increases yields but also improves soil properties and expands agroecological areas. It has been proven that the use of moisture from different horizons by the root system of binary components increases the efficiency of plant transpiration. Similar patterns are observed in the use of nutrients and solar energy. Binary agroecosystems contribute to the accumulation of organic biomass and biogenic elements in the soil, activation of microbiological processes, and overall stabilization of agroecosystems.

Keywords: binary crops, soil science, organic farming, agroecosystems.

Бінарні посіви як елемент стабілізації агроекосистеми

С. В. Поспелов | В. М. Самородов | В. В. Оніпко | О. П. Калашнік

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава,
Україна

Систематизовані сучасні наукові та практичні погляди на концепцію бінарних посівів. Констатовано, що із розвитком агротехнологій та формуванням тренду на виробництво екологічно безпечної та органічної сільськогосподарської продукції, бінарні посіви можуть стати важливим технологічним ланцюгом переходу від інтенсивних до органічних форм господарювання. Незважаючи на різноманітність культур та агрокліматичних умов, традиційними залишаються два основних компоненти: бобовий та злаковий, що пояснюється особливостями їх кореневої системи та хімічного складу. Для України класичний приклад: вико – вівсяна сумішка, яка є неперевіреним зразком бінарних посівів. Підбір культур для бінарного вирощування залежить від фізіолого-біохімічних властивостей окремих видів, ґрунтових умов, особливостей проходження онтогенезу, наряду використання тощо. Протягом останніх десятиліть значно підвищилася увага до вирощування злакових зернових культур, кукурудзи, соняшника у суміші з соєю, конюшиною, люцерною, еспарцетом, люпином та іншими бобовими. В умовах достатнього зволоження ефективно вводити у суміш до п'яти – семи компонентів. Є досвід використання «коктейлів», куди входили до 40 видів рослин. Вирощування однорічних бобових рослин, які створюють у міжрядях високорослих культур (соняшник, кукурудза) затінок від прямої сонячної радіації, захист від ерозійних процесів, а також є джерелом біологічного азоту, не тільки збільшує урожайність, а й поліпшує властивості ґрунту, розширює агроекологічні ареали. Доведено, що використання вологи із різних горизонтів кореневою системою бінарних компонентів підвищує ефективність транспірації рослин. Аналогічні закономірності простежуються і при використанні поживних речовин, сонячної енергії. Бінарні агроценози сприяють накопиченню органічної біомаси та біогенних елементів у ґрунті, активізації мікробіологічних процесів, загальної стабілізації агроекосистем.

Ключові слова: бінарні посіви, ґрунтознавство, органічне землеробство, агроекосистеми.

Бібліографічний опис для цитування: Поспелов С. В., Самородов В. М., Оніпко В. В., Калашнік О. П. Бінарні посіви як елемент стабілізації агроекосистеми. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (3). С. 12–18.

Людство ще з давніх часів використовує бінарні посіви різних сільськогосподарських культур. Про це свідчать археологічні розкопки, проведені на різних територіях і у різні часи. Вважається, що змішані посіви першими почали вирощувати Індія та Китай, пізніше вони стали застосовуватися в античному Римі, Візантії, середньовічній Європі та слов'янських городищах. Змішані посіви набули найбільшого поширення в таких країнах, як Болгарія, Польща, Чехія, Словаччина, Югославія, але провідною країною є Німеччина, де від їх виробничого впровадження одержують майже 70 % загального виробництва кормів [18, 43–45].

В Україні в першій половині ХХ ст. із розвитком тваринництва належним чином досліджувалися змішані посіви на Плотнянській дослідній станції в умовах дерново-підзолистих ґрунтів, де було встановлено доцільність вирощування пшениці озимої із житом озимим; в Українському філіалі ВНДІ кормів ім. В. Р. Вільямса (нині – Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція імені М. І. Вавилова ІС і АПВ УААН) ще в 30–50-х рр. минулого століття розроблялися наукові і виробничі засади змішаних (бінарних) і суміжних посівів для кормовиробництва в умовах чорноземних і сірих лісових ґрунтів. Встановлено, що два бобових компоненти (люцерна + еспарцет, люцерна + конюшина, конюшина + еспарцет) та багаторічний злак (костриця лучна) були найпродуктивнішими сумішками по урожайності сіна [17, 32].

Бінарні посіви останнім часом все ширше використовуються в сільському господарстві, що надає можливість за оптимального підбору компонентів одержувати подвійний урожай культур та постачати тваринництву різноманітні корми, водночас все більше звертають увагу на те, що вони позитивно впливають на родючість ґрунту і баланс поживних речовин [28, 40].

Сучасні наукові дослідження виявили, що бінарні посіви можуть бути успішно застосовані не лише у кормовиробництві, але й у рослинництві, органічному землеробстві, геоботаніці, фізіології рослин, мікробіології та алелопатії. В Україні є приклади впровадження багатовидових агроценозів – «коктейлів», що нараховують в своєму складі від трьох до сорока видів рослин. Встановлено, що при цьому ґрунт краще затінений і укритий, не перегрівається, що створює сприятливі умови для життєдіяльності ґрунтової біоти, зменшення фізичного випаровування вологи, внаслідок покращуються властивості ґрунту [3, 29, 30]. Оскільки такі дослідження є актуальними то виникає потреба в аналізі технологічних та екологічних переваг бінарних посівів саме як елементу стабілізації агроєкосистеми.

Підбір компонентів. Вибір того чи іншого виду компоненту бінарних посівів значною мірою зумовлений виробничою потребою, кліматом і родючістю ґрунтів. При цьому варто враховувати біохімічні і фізіологічні особливості компонентів, особливості взаємодії рослин у суміші, динаміку росту і розвитку [41].

Основними компонентами для бінарних посівів є бобові культури. Збалансоване співвідношення

карбону до азоту сприяє швидкому розкладанню рослинних решток мікроорганізмами, збагачує ґрунт біогенними елементами, особливо – доступними формами азоту. За вегетаційний період завдяки їх симбіозу з бульбочковими бактеріями в ґрунті може накопичуватися до 250 кг/га біологічного азоту. Залишаючи велику кількість поживних залишків та відмерлих коренів, ці культури є потужним джерелом поживних речовин органічного походження [3, 16].

Другий традиційний компонент бінарних посівів – злакові культури. Високе співвідношення карбону до азоту дає можливість розглядати ці культури як головний фактор акумуляції «С» в ґрунті, що має велике значення при відновленні техногенно забруднених ґрунтів, стабілізації гумусу в органічних агротехнологіях [8, 28, 30].

Дослідженнями встановлено, що вирощувати багатокомпонентні суміші найбільш доцільно в умовах задовільного зволоження. Високопродуктивні прості суміші – 2–3 компонента, а при достатньому зволоженні їх кількість може бути доведена до 5–7 компонентів. За дослідженнями Інституту землеробства УААН в умовах достатнього зволоження за продуктивністю переважали менш компонентні у порівнянні з чотирьох-компонентними сумішами [34].

Технологічно важливим аспектом є підбір компонентів, адже необхідно враховувати взаємодію компонентів в суміші. Алелопатичними дослідженнями встановлено, що кореневі системи різних культур виділяють велику кількість різних сполук, які можуть негативно, позитивно чи нейтрально впливати на оточуючі їх рослини. Так, при сівбі кукурудзи з горохом, чиною, викою озимою і ярою різко погіршують ріст кукурудзи, а з бобами, буркуном, соєю, люпином білим вона добре розвивається, а от овес і ячмінь навпаки добре ростуть з горохом, чиною, викою ярою і озимою [41, 42].

Несумісність культур можна спостерігати навіть у фазу проростків. У дослідях українських вчених відзначено, що довжина проростків кукурудзи при її вирощуванні з горохом, викою ярою і озимою була значно меншою ніж при пророщуванні насіння окремо. Подібне спостерігалось при пророщуванні насіння гороху, вики із суданською травою, а от ячмінь і овес сходили однаково як з бобовими, так і без них [28, 41].

З огляду на вищевказане, важливим є вивчення та підбір культур, які були б сумісні між собою, пригнічували патогенну мікрофлору та бур'яни, покращували родючість та стан ґрунтів, формували високу урожайність фітомаси. Розглянемо найбільш поширені види бінарних посівів (*таблиця 1*).

Вика + овес. Класичне поєднання вики і вівса широко застосовується в господарствах і є досить ефективним засобом поліпшення стану ґрунтів та збалансованим кормом за перетравним протеїном. Кореневі залишки і біологічний азот значно підвищують родючість ґрунту, його фізико-хімічні показники, сприяють накопиченню вологи, а також це 250–300 ц/га високоякісної зеленої маси для ВРХ [25, 42].

Є позитивний дослід впровадження бінарних посівів люпину з вівсом, люпину з ячменем. Еспарцет

виколистий та люцерна разом із стоколосом мають значення для виробництва високоякісних кормів та перспективи використання в органічному землеробстві для стабілізації родючості ґрунту [31, 34, 42].

Таблиця 1

Найбільш поширені види бінарних посівів

| Напрямок використання | Сполучення культур | Джерело |
|------------------------|--------------------------------|---|
| Кормовиробництво | Кукурудза + соя | [8, 16, 21, 22, 25, 26, 31, 33, 34, 39, 42] |
| | Вика яра + овес | |
| | Люпин + овес | |
| | Люпин + ячмінь | |
| | Кукурудза + кормові боби | |
| | Кукурудза + люпин | |
| Товарне виробництво | Кукурудза + буркун | [4, 5, 9, 20] |
| | Кукурудза + цукрове сорго | |
| | Люцерна + стоколос | |
| | Еспарцет + стоколос | |
| | Гірчиця (тифон, редька) + овес | |
| | Соняшник + вика яра | |
| Покривні посіви | Соняшник + люцерна | [30, 31, 34, 42] |
| | Соняшник + еспарцет піщаний | |
| | Кукурудза + кормові боби | |
| Сидерація | Пшениця озима + люцерна | [30, 31] |
| | Люцерна + ячмінь | |
| Медоносне використання | Люцерна + кукурудза | [30, 31, 41] |
| | Люцерна + горох | |
| Сидерація | Кукурудза + соя | [30, 31] |
| | Вика яра + овес | |
| Медоносне використання | Гречка + фацелія | [30, 31, 41] |

Бобові + соняшник. Набувають розповсюдження і сумісні посіви вики та соняшника за одночасної їх сівби. Сходи вики з'являються раніше і до появи сім'ядольних листків соняшника покривають ґрунт, тим самим сприяють збереженню вологи. І хоча висота стебла соняшника зменшується, але площа листової поверхні збільшується. Все це сприяє підвищенню його урожайності на 20 % і більше [4, 5].

Закордонні вчені рекомендують насіння бобових культур висівати у міжряддя вегетуючого соняшника у фазу 2 пар листків, що зменшує конкуренцію за світло для товарної продукції та надає йому переваги в розвитку. Вони зазначають, що їх сівба одночасно з соняшником або у фазу 10 листків значно зменшує урожайність останнього, винятком є одночасна сівба з сочевицею з нормою висіву 25 кг/га. Також встановлено, що найефективнішим способом сівби сої з соняшником є чергування чотирьох рядків пізньостиглих сортів сої з двома рядками ранньостиглого гібрида соняшнику [9]. Варто зауважити, що останній спосіб відноситься до сумісних посівів, а не до змішаних.

Схожі результати отримані А. Варенчук, В. Калитка в умовах Степової зони України. Бінарні посіви соняшника з бобовими (люцерна, еспарцет піщаний) в різні фази його розвитку по різному впливають на агробіологічні показники порівняно з монопосівами, але в загальному сприяють збільшенню

його врожайності на 6,4 ц/га. Так, на етапі розвитку двох пар листків середня довжина стебла соняшника перевищувала дані показники монопосівів на 5–9 %, площа листової поверхні – на 18 %, частка сухої речовини в надземній частині рослин і корені була достовірно меншою; у фазі п'яти пар листочків довжина стебла з люцерною перевищувала – на 13 %, з еспарцетом – 7 %, листові поверхні були меншою, а масова частка сухої речовини в стеблі під впливом люцерни збільшувалась на 46–69 %, а еспарцету на 18 %; під час утворення зірочки середня довжина стебла і коренів, площа листової поверхні в бінарних посівах були меншими, а масова частка сухої речовини в стеблах рослин соняшника – більшою на 35 %, в кошиках – на 21 %; у фазі цвітіння довжина стебла, кореня, листової поверхні були меншими під впливом бобових трав, а масова частка сухої речовини збільшувалась на 16–23 % [5].

Сумісні посіви бобових із соняшником дають можливість захистити ґрунт від ерозії. Вегетуюча бобова культура, а згодом її рештки, закривають ґрунт у міжряддях, захищаючи ґрунтові агрегати від руйнування краплями дощу, кореневі та надземні залишки трансформуються в органічну речовину поліпшуючи структуру та активізуючи біологічну активність ґрунту, завдяки правильному підбору компонентів зменшується внутрішньовидова та майже відсутня міжвидова конкуренція за ресурси, внаслідок підвищується врожайність, соняшник забезпечується азотним живленням за рахунок азотфіксуючої рослини-партнера [20].

Бобові + кукурудза. Досить широко використовують бінарні посіви кукурудзи і бобових культур, що дозволяє зменшити посівні площі, покращити властивості ґрунту, якість кормів, збільшити врожайність культур, що вирощуються. Під час проведення досліджень було розглянуто ряд можливих комбінацій вирощування бобових культур з кукурудзою. Найбільшої уваги заслуговують її змішані посіви з соєю. Соя, як і кукурудза, належить до рослин короткого світлового дня і пізнього строку сівби, при їх сумісній сівбі сходи з'являються одночасно, обидві культури мають близькі періоди (повільного, інтенсивного) росту, правильно підібрані сорти компонентів дозволяють урівноважити настання основних фаз розвитку рослин, що дозволяє найефективніше використовувати сумішки. Так на час викидання волотей кукурудзою, соя вступає у фазу масового цвітіння, а на період молочно-воскової і воскової стиглості – у фазу початку пожовтіння бобів нижнього ярусу [35, 36].

Добре зарекомендували себе бінарні посіви кукурудзи з кормовими бобами. За продуктивністю врожай зеленої маси таких посівів майже рівний посівам основних силосних культур, але вміст білку в таких кормах значно вищий. В умовах Правобережного Лісостепу, в західних районах України та на Поліссі також добре зарекомендували себе посіви кукурудзи з люпином білим [21, 22, 26, 39].

Під час вегетації культур у суміші, між кукурудзою і бобовими культурами проявляється конкуренція різної інтенсивності за фактори життя. Люпин, боби кормові і горох на ранніх етапах росту і

розвитку бінарних посівів пригнічують кукурудзу, оскільки вони більш холодостійкі та скоростиглі порівняно зі злаком, а буркун, навпаки, на початку вегетації характеризується повільним ростом, а кукурудза в цей період інтенсивно росте й укорінюється. Сформувавши сильно розвинену кореневу систему, буркун починає швидко рости, але при цьому він не пригнічує добре розвинені рослини кукурудзи, а розвиток кукурудзи і сої приблизно однаковий, тому їх взаємний негативний вплив незначний [6, 13, 37].

Агроекологічні чинники. Однозначної думки, що до лімітуючих чинників впливу надземних органів рослин під час їх вирощування у змішаних посівів немає. Одні автори вважають що це є освітлення, а інші – вологозабезпеченість і поживний режим [38]. Вірогідно, що визначна роль окремого чинника в житті рослини безперечно залежить від ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування. В посушливих умовах Степу, першочерговим чинником є волога. Твердження науковців, що до значення водного режиму в змішаних посівах різняться як за видовим складом сумішок так і особливостями зони вирощування. Результатами досліджень встановлено, що в посушливі періоди у сумісних посівах спостерігається краще зволоження верхніх горизонтів ґрунту. Причиною є виділення вологи коренями рослин, що проникають у нижчі і більш насичені нею горизонти. Впродовж тривалого періоду волога, що виділяється корінням однієї рослини може бути джерелом водопостачання для інших рослин сумісного посіву. Рядом дослідників було встановлено, що у змішаних посівах злакових і бобових культур витрата вологи на утворення одиниці сухої речовини на 3–5 % менша, порівняно з одновидовими посівами цих же культур [1, 14, 38].

Інші автори на основі результатів своїх досліджень вказують на погіршення водного режиму в змішаних посівах. Нестача вологи негативно впливає як на злакові, так і на бобові компоненти, проте за таких умов врожай бобових зменшується більше. Встановлено, що з підвищенням вологості ґрунту вегетаційний період сумішок подовжується, а за її зниженням – майже на три тижні скорочується [11, 16].

У бінарних посівах упродовж вегетаційного періоду фізичне випаровування вологи з поверхні ґрунту зумовлюється видом і врожайністю культури, рівнем агротехніки, системою удобрення, ґрунтово-кліматичними умовами тощо. При цьому сумарне випаровування, тобто фізичне випаровування з поверхні поля разом із транспірацією рослин, характеризує біологічне водоспоживання посівів [2, 19, 24].

За даними досліджень, в рослинному покриві не всі листки однаково інтенсивно випаровують вологу. Так, максимальний рівень транспірації залежно від фаз розвитку може зміщуватися з одного ярусу листків до іншого. Кількість води, що випаровується рослинами, значно менше залежить від інтенсивності росту, в основному лімітується кліматичними умовами [2].

Переваги бінарних посівів. Зазначається, що змішані посіви забезпечують більш сталі врожаї, оскільки у сумішках чи ущільнених посівах культури менш чутливі до окремих несприятливих чинників зовнішнього середовища [15].

Травосумішки на відміну від одновидових посівів більш повно використовують сонячну енергію, воду і поживні речовини. Внаслідок різної будови кореневої системи злакові трави беруть воду і поживні речовини переважно з верхніх шарів ґрунту, а бобові, навпаки, значну частину їх засвоюють з глибоких шарів. Порівняно із злаковими бобові трави поглинають з ґрунту більше фосфору і магнію, а також кальцію, який знаходиться в нижніх шарах ґрунту, а злакові поглинають більше калію і азоту. Бобові трави завдяки бульбочковим бактеріям накопичують у ґрунті азот повітря і тим самим позитивно впливають на ріст і розвиток злакових трав. Більш рівномірний розподіл листової поверхні в сумісних посівах бобових і злакових культур, по ярусам, сприяє збільшенню їх загальної асиміляційної поверхні на 30–36 %, що сприяє підвищенню інтенсивності фотосинтезу і збільшенню урожайності трав [27]. Бобово-злакові посіви покращують структуру ґрунту завдяки збагаченню його органікою коренів багаторічних злакових трав та утворенні при цьому великої кількості структурних грудочок (агрегатів) ґрунту та зміцненню їх кальцієм з рештками відмерлих коренів бобових трав. У змішаних посівах бобових і злакових трав рослини менше пошкоджуються шкідниками і хворобами, корм з них краще збалансований за поживними речовинами, а сіно швидше висихає і менше втрачає листя, а отже й цінних поживних речовин [9].

За сумісного вирощування стебла та листки злакових і бобових культур розміщуються в різних ярусах, що сприяє оптимальному поглинанню сонячної енергії. Експериментальні дані свідчать, що розподілення сонячної радіації в посівах залежить від норми висіву і способу сівби, морфоструктури і габітусу рослин, площі листової поверхні і її розміщення за ярусами. Так, саме завдяки врахуванню особливостей ярусного розміщення листків високобілкових і злакових компонентів покращується використання сонячної енергії сумісним посівом. Таким чином, сумішки кормових культур мають більшу листову поверхню й вищу ефективність фотосинтезу, порівняно з одновидовими посівами [23].

Бінарні посіви бобово-злакових травосумішок сприяють накопиченню біогенних елементів у ґрунті, особливо азоту. Згідно даних Інституту зрощувального землеробства НААН на першому році використання травосумішок (люцерна + стоколос безостий та еспарцет піщаний + стоколос безостий) накопичення азоту при посіві з люцерною рівнялось 68 кг/га, при коефіцієнті азотфіксації 36,4 %, що еквівалентно 198 кг/га мінерального азоту у формі аміачної селітри, або 17,2 ГДж/га сукупної енергії. З еспарцетом піщаним при коефіцієнті азотфіксації 49,8 % накопичував до 105–118 кг/га азоту, що еквівалентно 305–343 кг/га мінерального азоту,

або 29,7 ГДж/га сукупної енергії, що вище за їх монопосіви. На другому році накопичення азоту люцерною і еспарцетом також було високим – 37–55 кг/га у люцерни і 52–80 кг/га у еспарцета, при коефіцієнті азотфіксації – відповідно 23,7–31,6 % і 29,7–9,4 %, що відповідає еквівалентно мінеральному – до 107–160 кг/га. На третьому році використання накопичення симбіотичного азоту значно знижувалась, що пов'язано з зменшенням процентного вмісту бобових в травостой [8].

Бобові багаторічні трави у складі травосумішей накопичують в урожаї до 60–120 кг/га азоту, а після 3–4-річного такого вирощування, за даними НДІ кормів, за рахунок кореневої маси ґрунту збагачуються на 210–250 кг/га азоту та утворюється 7–12 т/га гумусу, що за вмістом азоту рівноцінно 40–50 т/га гною. Бульбочкові бактерії сприяють накопиченню біологічного азоту в ґрунті створюючи сприятливі умови росту і розвитку злакових трав. На лучних травостоях дернина запобігає вимиванню азоту в нижні шари ґрунту з мінеральних добрив. Одночасно лучні трави переміщують азот із нижніх шарів, забезпечуючи його іммобілізацію, що зменшує міграцію та шкідливу дію азоту на навколишнє середовище [7]. Залуження дерново-підзолистих сильно еродованих ґрунтів бобово-злаковими травосумішами за рахунок корневих виділень і рослинних залишків багаторічних трав сприяє повільному відновленню адаптивності ґрунтових мікроорганізмів, формуванню більш глибокого екологічно-стійкого профілю ґрунту. Насичення травосумішей на 30–50 % конюшиною лучною призводить до збільшення мікробного карбону в ґрунті [10], а він, як і запаси мікробної біомаси визначає напрями ґрунтоутворювального процесу та інтенсивність кругообігу речовин у ґрунті. Завдяки залуженню бобово-злаковими травосумішами покращується структура ґрунту незалежно від способів його обробітку та підвищується родючість. Збільшення концентрації вуглецевої кислоти стимулює утворення бульбочок на коренях бобових рослин підвищуючи активність азотфіксації, внаслідок чого нерозчинні сполуки фосфору частково перетворюються на більш доступні форми, як для рослин, так і для ґрунтових мікроорганізмів [12].

Дослідженнями А. Шувара, Н. Рудавської, Л. Беген встановлено, що залежно від норм висіву бобово-зернові суміші формують різну листову поверхню, а в порівнянні з одновидовими – більшу. На ранніх етапах органогенезу найкращі показники в суміші овес + люпин з нормою висіву 4,0 + 0,8 млн/га в більш пізні - сумісні посіви овес + яра вика з нормою висіву 4,0 + 0,8 млн /га, та найвищий показник чистої продуктивності фотосинтезу (17,77 г/м сухої речовини на добу) відмічена за висіву суміші овес + вика яра з нормою висіву 4,0 + 0,8 млн/га, що забезпечило отримання врожайності зерна на рівні 5,34 т/га [42].

Подібні показники відмічені в посівах кукурудзи з цукровим сорго та кукурудзи з соєю при сівбі в один рядок – площа листової поверхні та чиста продуктивність фотосинтезу були вищими порівняно з їх одновидовими посівами [16, 33].

Висновки

Аналіз сучасних досліджень дозволяє зробити висновок, що бінарні посіви мають цілий ряд агротехнологічних та екологічних переваг.

1. Підвищують стійкість сільськогосподарських культур до стресів, оскільки травосуміші менше залежні від несприятливих умов середовища; забезпечують більш високу сумарну продуктивність порівняно із одновидовими посівами; підвищують економічну віддачу земельної ділянки, внаслідок зменшення площі посіву під культури, що дозволяє отримати два урожаї з одної площі та зменшення затрат на технологічне забезпечення.

2. Зменшують дію ерозійних процесів в ґрунті: травосумішки стримують вплив на ґрунтові агрегати крапель дощу, ґрунт менше розмивається і ущільнюється, вода не змиває родючий шар, особливо під час злив, та не стікає; поліпшується переміщення вологи в нижні шари; більш рівномірно використовується агрокліматичний ресурс.

3. Бінарні посіви захищають ґрунт від перегріву, що сприяє активізації життєдіяльності ґрунтової біоти, а кореневі виділення рослин сприяють розвитку різних популяцій корисних мікроорганізмів; кореневі та надземні залишки є джерелом легкодоступних поживних речовин та трансформуються в органічну речовину, поліпшуючи структуру, що впливає на водний, повітряний, тепловий режими ґрунту; сприяють стабілізації та контролю бур'янів й очищенню ґрунту від патогенної мікрофлори, техногенного забруднення.

4. Багатовекторний позитивний ефект бінарних посівів на урожайність, водно-фізичні та хіміко-фізичні властивості ґрунтів, формування органо-мінерального пулу доступних для рослин речовин дає можливість оцінювати бінарні агроценози як потужну систему стабілізації і відновлення агроєкосистем. Це є актуальним в умовах ревіталізації ґрунтів у поствоєнний період, під час переходу господарств на органічну систему землекористування, сталості аграрних підприємств.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Antypova, L., & Vasylieva, V. (2017). Formuvannya produktyvnosti sumishky kukurudzy i soi na zeleni korm zalezno vid sposobu sivyby ta pohodnykh umov. *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomor'ia*, 4, 72–80. [in Ukrainian]
2. Bykin, A. V., & Tarasenko, O. V. (2014). Volohozabezpechennia rosllyn kukurudzy za vnesennia mineralnykh dobryv i priamoї sivyby. *Naukovi Pratsi Instytutu Bioenerhetychnykh Kultur i Tsukrovyykh Buriakiv*, 22, 133–137. [in Ukrainian]
3. Binarni posivy dlia kormovykh trav v 2023 (2023). *AHROEKSPERT TREID*. Retrieved from: <https://agroexp.com.ua/uk/binarnye-posivy-dlya-kormovykh-trav> [in Ukrainian]
4. Binarni posivy zmenshuyut khimichne navantazhennya na hrunt (2024). *AgroPortal*. Retrieved from: <https://agroportal.ua/news/eksklyuzivny/binarni-posivi-zmenshuyut-himichne-navantazhennya-na-grunt> [In Ukrainian]

5. Varenchuk, A. O., & Kalytka, V. V. (2017). Produktivnist soniashnyku v binamykh posivakh z bobovymy travamy. *V Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia molodykh vchenykh «Seleksiia, henetyka, ta tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur» (21 kvitnia 2017 r.)*. (P. 22). s. Tsentralne [in Ukrainian]
6. Vashchuk, P. I. (2001). Produktivnist ushchilnennykh posiviv kukurudzy iz zernobobovymy kulturamy. *Tvarynnystvo Ukrainy*, 2, 29. [in Ukrainian]
7. Hetman, N. Ya., Tsyhanskiy, V. I., & Demydas, H. I. (2017). Shliakhy pidvyshchennia produktivnosti liutserny posivnoi v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho. *Kormy i Kormovyrobnystvo*, 83, 46–52. [in Ukrainian]
8. Goloborod'ko, S., & Dymov, O. (2021). State and ways to increase soil fertility of the south-steppe zone of Ukraine. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 99 (4), 13–19. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104-02>
9. Honcharov, O. (2021). Navishcho vyroshchuvaty soniashnyk u sumishi z bobovymy kulturamy? Na tse pytannia isnuie dekilka vidpovidei. *AgroONE*, 67. Retrieved from: <https://www.agroone.info/publication/navishho-viroshhuvati-soniashnik-u-sumishi-z-bobovymi-kulturami-na-ce-pitannya-isnuie-dekilka-vidpovidei/> [in Ukrainian]
10. Hordienko, T. I., Levkowska, H. V., & Yermolaieva, T. M. (2006). Enerhetychna otsinka vyroshchuvannia travosumishok bahatorichnykh trav zalezno vid dobryv ta sposobiv polipshennia luk. *Zbirnyk Naukovykh Prats NNTS «Instytut Zemlerobstva»*, 1-2 134–139. [in Ukrainian]
11. Hrabovskiy, M. D., Hrabovska, T. O., & Obrazhii, S. V. (2016). Formuvannia produktivnosti sumisnykh posiviv kukurudzy i sorho tsukrovoho zalezno vid zakhodiv zakhystu roslin vid burianiv. *Ahrobiolohiia*, 1 (124), 28–36. [in Ukrainian]
12. Davydiuk, O. M. (2000). Riznostyhl bobovo-zlakovi travosumishky dlia stvorenna vysokoproduktivnykh ukisno - pasovyshchennykh travostoiv. *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Instytutu Tvarynnystva UAA*, 77, 14–17. [in Ukrainian]
13. Demydas, H. I., & Zakhliebaiev, M. V. (2017). Dynamika liniinoho rostu ta narostannia nadzemnoi masy kultur burkunu biloho v chystomu ta v sumisnykh posivakh z odnorichnymy zlakovymy kulturamy. *Roslynnystvo ta Gruntoznaystvo*, 269, 45–53. [in Ukrainian]
14. Demydas, H. I., Ivanovska, R. T., & Kovalenko, V. P. (2005). Dynamika narostannia lystkovoiv poverkhni v odnovodynykh ta zmishanykh pisliaukisnykh posivakh kormovykh kultur. *Kormy i Kormovyrobnystvo*, 55, 37–41. [in Ukrainian]
15. Demydas, H. I., & Yamkova, V. V. (2008). Vplyv norm vysivu bobovoho komponenta na asimilatsiynu poverkhniu sumisnykh posiviv. *Zbirnyk Naukovykh Prats NNTS «Instytut Zemlerobstva UAA»*, 3-4, 89–94. [in Ukrainian]
16. Dudka, M. I. (2014). Kormova produktivnist rannikh yarykh ahrofitosenoziv zalezno vid vydovoho skladu pry vyroshchuvanni na zeleni korm v Pivnichnomu Stepu. *Biuletyn Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy*, 7, 84–89. [in Ukrainian]
17. Zadorozhna, I. S. (2009). Rozvytok doslidnoi spravy z polovoho kormovyrobnystva v sotsialno-ekonomichnykh umovakh 1930-1956 rr. *Kormy i Kormovyrobnystvo*, 64, 191–201. [in Ukrainian]
18. Zinchenko, O. I. (2005). *Kormovyrobnystvo. Navchalne vydannia. 2-e vydannia dopovnene i pereroblene*. Kyiv: Vyscha osvita [in Ukrainian]
19. Kavetskyi, O., & Isychko, O. (2005). Perspektyvnist vykorystannia rannostyhllykh hibrydiv kukurudzy. *Propozytsiia*, 1, 54–55. [in Ukrainian]
20. Kyrpal, T. M., & Butenko, A. O. (2017). Otsinka produktivnosti odnorichnykh kormosumishok v umovakh pivnichno-skhidnoho lisostepu Ukrainy. *Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Honcharivski chytannia» prysviachena 88-richchiu z dnia narodzhennia doktora silskohospodarskykh nauk, profesora Honcharova Mykoly Demianovycha: Materialy naukovo konferentsii studentiv Sumskoho NAU*. Tom III. 2017 r. (pp. 20–26). Sumy [in Ukrainian]
21. Kolomiets, L. V., & Matkevych, V. T. (2005). Kukurudza i sorho pry vyroshchuvanni v zmishanykh posivakh. Intensyvni ta enerhobehiiaukhi tekhnolohii vyrobnystva produktsii roslynyntstva. *Materialy 5-yi Mizhnarodnoi Naukovo-tekhnichnoi konferentsii «Problemy konstruiuvannia, vyrobnystva ta ekspluatatsii silskohospodarskoi tekhniki»*. (pp 60–62). Kirovohrad [in Ukrainian]
22. Kolomiets, L. V., Smalyus, V. M., & Matkevych, V. T. (2005). Efektyvnist tekhnolohichnykh priiomiv vyroshchuvannia kormovykh kultur na sylos u chystykh i zmishanykh posivakh v umovakh Kirovohradshchyny. *Zbirnyk Naukovykh Prats Umanskoho DAU*, 59, 18–25. [in Ukrainian]
23. Lypovyi, V. H., & Kniazziuk, O. V. (2017). Fotosyntetychna produktivnist odnovodynykh i sumisnykh posiviv kukurudzy. *Zbirnyk Naukovykh Prats VNAU: Silske Hospodarstvo ta Lisivnystvo*, 6 (2), 44–50. [in Ukrainian]
24. Lykhochvor, V. V., & Prots, R. R. (2002). *Kukurudza*. Lviv: Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian]
25. Markina, O. V. (2010). Ahrobiolohichna otsinka odnorichnykh sumishok. *Kormy i Kormovyrobnystvo*, 66, 206–213. [in Ukrainian]
26. Matkevych, V. T., Smalyus, V. M., & Kolomiets, L. V. (2002). Zmishani posivy kormovykh kultur. *Visnyk Stepu*, 1, 79–89. [in Ukrainian]
27. Nazarov, S. P. (2000). Ahrobiolohichni osoblyvosti formuvannia travostoiv iz bobovykh trav dlia dovhovichnoho korystuvannia. *Kormy i Kormovyrobnystvo*, 46, 123–128. [in Ukrainian]
28. Petrychenko, V. F. (2008). Metodolohichni aspekty vyvchennia konkurentnykh sumisnykh posiviv kormovykh kultur. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 5, 24–29. [in Ukrainian]
29. Podvoity posivy soi ta kukurudzy ne zbilshuiuchy posivni ploschi. (2021). *Ahronom*. Retrieved from: <https://www.agronom.com.ua/podvoity-posivy-soyi-ta-kukurudzy-ne-zbilshuyuchy-posivni-ploschi/> [in Ukrainian]
30. Pospielov, S., & Samorodov, V. (2019). Binarna «Ahroekolohiia». *Zerno*, 5, 128–132. [in Ukrainian]
31. Pospielov, S. V. (2021). Idei V. V. Dokuchaieva v konteksti diialnosti PP «Ahroekolohiia». *V. V. Dokuchaiev – vid istorii do suchasnosti: do 175-richchia iz dnia narodzhennia : Zbirnyk materialiv naukovo-istorychnykh ta ahrotekhnolohichnykh chytan. (Kruhlyi stil)*. (27 travnia 2021 r.). (pp. 53-57). Poltava: PDAA [in Ukrainian]
32. Prykhodko, V. A. (2019). Vplyv osoblyvosti sumisnoi sivby kukurudzy na pozhyvnyi rezhym igruntu v pravoberezhnomu lisostepu Ukrainy. *Internauka*, 25 (107), 57–61. [in Ukrainian]
33. Prykhodko, V. O., & Poltoreskiy, S. P. (2019). Ploscha lystvovoi poverkhni i produktivnist zmishanykh posiviv kukurudzy z bobovymy kulturamy. *Ahrarnyi Visnyk Prychornomia*, 92, 151–162. Retrieved from <https://absl.osau.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/19> [in Ukrainian]
34. Ratoshniuk, V., Vyshnevs'ka, O., & Markina, O. (2022). Agrobiological assessment of binary enoses in mixed crops of narrow-leaved lupine and spring barley in conditions of Polissia. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 100 (10), 12–18. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202210-02>
35. Reinshtein, L. M. (2011). Pozhyvnist kormosumishok riznykh sposobiv vysivu sorhovykh kultur ta kukurudzy, vysiianykh z soieiu. *Zbirnyk Naukovykh Prats VNAU: Silske Hospodarstvo ta Lisivnystvo*, 10 (50), 9–15. [in Ukrainian]
36. Rudenko, S. S., Petryk, A. V., & Antypova, L. K. (2016). Sumishky kukurudzy i soi na Pivdni Ukrainy. “*Perlyny stepovoho kraiu*” : *Dopovidi rehionalnoi naukovo-praktychnoi ahroekolohichnoi konferentsii*. (pp. 28–30). Mykolaiv : MNAU [in Ukrainian]
37. Sichkar, A. O. (2000). Osoblyvosti fitoklimatu v zmishanykh posivakh. *Zbirnyk Naukovykh Prats Umanskoho DAU prysviachenyi 100-richchiu z dnia narodzhennia S. S. Rubina*. (pp. 229–233). Uman [in Ukrainian]
38. Skalii, I. M. (2005). Osoblyvosti formuvannia zelenoi masy roslin kukurudzy ta soi v sumisnykh posivakh zalezno vid hustoty stoiannia. *Naukovi Visnyk Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 84, 189–193. [in Ukrainian]
39. Smalyus, V. M., & Kolomiets, L. V. (2003). Nova tekhnolohiia vyroshchuvannia soi v posivakh z kukurudzoiv. “*Problemy konstruiuvannia, vyrobnystva ta ekspluatatsii silskohospodarskoi tekhniki*” : *Materialy 4-yi Mizhnarodnoi Naukovo-tekhnichnoi konferentsii*. (pp. 44–46). Kirovohrad [in Ukrainian]
40. Petrychenko, V. F., Panasiuk, Ya. Ia., Zabolotnyi, H. M., & Sereda, L. P. (2006). *Suchasni systemy zemlerobstva Ukrainy*. Vinnytsia: Dilo [in Ukrainian]
41. Shevnikov, M. Ya. (2008) Prynysypy pidboru komponentiv dlia zmishanykh posiviv za vyroshchuvannia yikh na zeleni korm. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 53–60. [in Ukrainian]
42. Shuvar, A., Rudavska, N., & Behen, L. (2020). Formation of the assimilation surface of binary cultures of cereals and legume-cereals. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 67 (2), 240–252. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-2-16](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-16)
43. Huyghe, C., De Vlieghe, A., Van Gils, B., & Peeters, A. (2014). *Grasslands and herbivore production in europe and effects of common policies*. éditions Quae. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-2157-8>

44. Mandold, G. (1992). Farmers test strip-crops. *Soybean Digest*, 52 (V), 28–32.
45. Agriculture in Mediterranean Europe: Between Old and New Paradigms. (2013). *Agriculture in Mediterranean Europe: Between Old and New Paradigms*. [https://doi.org/10.1108/s1057-1922\(2013\)0000019015](https://doi.org/10.1108/s1057-1922(2013)0000019015)

ORCID

- S. Pospelov  <https://orcid.org/0000-0003-0433-2996>
- V. Samorodov  <https://orcid.org/0000-0001-7088-6212>
- V. Onipko  <https://orcid.org/0000-0002-2260-971X>
- O. Kalashnik  <https://orcid.org/0009-0005-0185-4475>



2024 Pospelov S. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.
