

DOI: <http://phzt-journal.isgkr.com.ua/ua-66/12.pdf>

УДК 502.56/568:631.812.12

І. С. ТИМЧУК, кандидат сільськогосподарських наук

М. С. МАЛЬОВАНИЙ, доктор технічних наук

А. С. СЕРЕДА, кандидат технічних наук

Національний університет “Львівська політехніка”

вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, e-mail: i.s.tymchuk@gmail.com

К. І. ЯЦУХ, кандидат біологічних наук

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Пустомитівського р-ну Львівської обл., 81115,

e-mail: k.yatsukh@meta.ua

ВИПРОБУВАННЯ ДОБРИВ, ПОКРИТИХ ОБОЛОНКОЮ З ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ, НА ПОСІВАХ СОЇ

Усі види добрив, які були покриті оболонкою з техногенних відходів, показали кращі результати ніж звичайне гранульоване добриво.

Зростання врожайності сої за використання капсульованих добрив у варіанті з КД № 1 становило 0,94 т/га (46,5 %), з КД № 2 – 0,89 т/га (44,1 %), з КД № 3 – 0,66 т/га (32,7 %) порівняно з контролем (2,02 т/га), а у варіанті використання гранульованого добрива – 0,17 т/га (8,6 %). Найвищу врожайність отримано у варіанті з КД № 1. Приріст врожаю порівняно до варіантів використання гранульованого добрива становив 0,77 т/га (34,9 %), а найвищу масу 1000 насінин отримано у варіанті застосування КД № 3 – 165,49 г.

Якісні показники зерна сої в варіантах використання капсульованих добрив порівняно з гранульованим: вміст білка вищий на 35–38 %, вміст олії вищий на 21–21,7 %. Найвищі результати одержано у варіанті з добривом, до складу капсулоутворюючої композиції якого входила більша частка полістиролу, який, мабуть, забезпечував більшу механічну міцність оболонки і відповідно подовжував термін її функціонування без руйнування і тривале вивільнення поживних елементів у процесі вегетації сої.

Соя – культура специфічна тим, що вона здатна сама себе забезпечити азотом, але для цього необхідно, щоб добре розвивалися бульбочкові бактерії. Капсульовані добрива позитивно впливають на розвиток бульбочок з двох причин: по-перше, вони забезпечили постійне та поступове постачання у рослини фосфору і калію; по-друге, на початку вегетації сої внесення високих доз азоту пригнічує розвиток бульбочок і просте гранульоване добриво може негативно впливати на їх формування. Однак невисока доза добрив тільки позитивно впливає на розвиток азотфіксаторів.

Встановлено, що коефіцієнт ефективності використання добрива для капсульованих значно перевищує (а в деяких випадках більше ніж у 6 разів) цей же показник для гранульованих добрив, оскільки за меншої кількості внесеної діючої речовини врожайність зростає. Це свідчить про високу госпо-

дарську ефективність використання капсульованих видів добрив у технологіях вирощування сільськогосподарських культур.

Ключові слова: капсульовані добрива, агроecosистема, соя, добрива.

Tymchuk I., Maliovany M., Sereda A., Yatsukh K. Testing of fertilized covered sheets from technogeneous wastes on soybean sowings

All types of fertilizers coated sheets from technogeneous waste showed better results than conventional granular fertilizer.

The increase in soybean yield for the use of encapsulated fertilizers in the variant with CF № 1 was 0,94 t/ha (46,5 %), with CF № 2 – 0,89 t/ha (44,1 %), with CF № 3 – 0,66 t/ha (32,7 %) compared to the control (2,02 t/ha), and in the option of using granular fertilizer – 0,17 t/ha (8,6 %). The highest yield was obtained in the version of CF № 1. The yield increase compared to the variants of the use of granular fertilizer was 0,77 t/ha (34,9 %), and the highest mass of 1000 seeds was obtained in the variant of application of CF № 3 – 165,49 g;

Qualitative indicators of soybean grain in the variants of the use of encapsulated fertilizers in comparison with granulated: protein content is higher by 35–38 %, oil content is higher by 21–21,7 %. The highest results were obtained in the variant with fertilizer, the composition of the capsule-forming composition which consisted of a higher proportion of polystyrene, which apparently provided greater mechanical strength of the shell and, accordingly, extended its life without destroying and prolonged release of nutrients in the process of soybean vegetation.

Soy is a specific culture in that it is capable of providing itself with nitrogen, but this requires that the nodule bacteria develop well. Encapsulated fertilizers have a positive effect on the nodule development of potatoes for two reasons: first, they provided a constant and gradual supply of the plant with phosphorus and potassium; secondly, at the beginning of soybean vegetation, the introduction of high doses of nitrogen inhibits the development of nodule and a simple granular fertilizer can adversely affect on its formation. However, a low dose of fertilizers only positively affects the development of nitrogen fixers.

It has been found that the coefficient the efficiency of using for capsules ones significantly exceeds (and in some cases more than 6 times) the same indicator for granular fertilizers as the yield increases for the lesser quantity of an active ingredient. This demonstrates the high economic efficiency of the use of encapsulated fertilizers in crop production technologies.

Key words: capsulated fertilizers, agroecosystem, soy, fertilizers.

Вступ. Розвиток сільського господарства на сьогодні неможливий без використання мінеральних добрив, які дають можливість підвищити родючість ґрунтів, збільшити врожайність, поліпшити якість сільськогосподарської продукції.

Саме за рахунок використання мінеральних добрив можна забезпечити приріст врожаю до 50 і більше відсотків [4].

Але масштабне їх застосування породжує ряд екологічних проблем, найгостріша з яких - забруднення навколишнього середовища незасвоєними рослинами елементами живлення.

У агроекосистемах ланцюги живлення залучені до сфери діяльності людини. В них змінена екологічна піраміда, на вершині якої стоїть людина, що є їх специфічною ознакою [30]. При умовному розгляді це поєднання природної екосистеми з антропогенною енергією, тому неважко виявити, що питомі витрати енергії в доіндустріальному сільському господарстві були порівняно нижчі, але з переходом на інтенсивне ведення сільського господарства енерговикористання набагато збільшилося [19].

Хімічні елементи, вивезені з продуктами рослинництва і тваринництва за межі аграрних ландшафтів, виключаються з біологічного колообігу сільськогосподарських екосистем [11]. Із харчовими відходами й екскрементами людей вони надходять у каналізаційні споруди міст, інших населених пунктів, залучаються до геологічного обміну речовин.

Біологічний колообіг порушується також внаслідок припливу до сільськогосподарських екосистем мінеральних добрив, пестицидів та інших речовин [22, 24]. У них змінюється баланс хімічних речовин (надходження – споживання). Це впливає на геохімічний стан й аграрні ландшафти, стан флори і фауни, біологічну продуктивність і відтворювальну здатність культурних рослин, свійських тварин, якість продукції рослинництва і тваринництва [5].

В аграрних ландшафтах змінений потік енергії. В них разом із сонячною використовують додаткові ресурси для обробітку, зрошення, осушення, удобрення ґрунту, захисту рослин від шкідників, хвороб, бур'янів тощо [34, 38].

Сільськогосподарські екосистеми різняться від природних характером їх регулювання та керування ними. Природні біоценози є саморегульовальними, самовідтворювальними. В усіх сільськогосподарських екосистемах (польових, садових, пасовищних, фермських) механізми саморегулювання і самовідтворення порушені [18]. Процеси, які відбуваються в них, керуються не стільки механізмами саморегулювання і самовдосконалення, скільки зовні [26]. Людина виконує роль “внутрішнього” і “зовнішнього” регулятора. В міру поглиблення інтенсифікації і спеціалізації сільськогосподарського виробництва характер керування агроекосистемами змінювався, ставав дедалі менше “внутрішнім” і все більше “зовнішнім”. Основним регулятором сільськогосподарських економічних екосистем був фермер, зацікавлений у тім, щоб передати ферму своїм нащадкам у найліпшому стані [15].

Сільськогосподарські екосистеми, керовані фермерами, пристосовувалися до місцевих екологічних умов, реагували на них адекватно. Останнім часом регуляційні функції від них переходять до інших власників – корпорацій, кооперативів, які знаходяться далеко від господарств (ферм) і зацікавлені не стільки у збереженні сільськогосподарських угідь, скільки в отриманні максимальної кількості рослинницької і тваринницької продукції [2].

Внаслідок різних агротехнічних впливів на ґрунт людини, пов'язаних з його обробіткою, удобренням, меліорацією, створюється штучна родючість. Із моменту, коли ту чи іншу цілину ділянку починають обробляти, ґрунт стає засобом виробництва і продуктом праці людини [25]. Він дедалі більше втрачає свої первинні ознаки природно-історичного тіла і, крім природної, набуває штучної родючості, які практично невіддільні одна від одної. При їх використанні культурними рослинами родючість стає справжньою (ефективною) і вимірюється величиною врожаю [27, 32].

Від стану агроекосистем залежить кількість і якість продуктів харчування. Можливість їх забруднення пов'язана із застосуванням у землеробстві засобів хімізації та техногенним впливом. Локальне техногенне забруднення – найбільш потужний чинник деградації ґрунтів, але ґрунти орних угідь найчастіше не підпадають під його дію. Техногенне забруднення на регіональному рівні охоплює більше площ орних ґрунтів, але рівень їх забруднення, як правило, невисокий. У мінеральних добривах забруднюючі речовини наявні у формі домішок [29].

Однією із складових, яка може мати негативний вплив на агроекосистему, є мінеральні добрива [1, 3, 37]. З огляду на це в літературі сформульовані основні теоретичні положення екологічної та економічної ефективності [10] використання мінеральних добрив та засобів хімічного захисту рослин у сільському господарстві, що є основними чинниками забруднення ґрунтів хімічними речовинами, і зокрема важкими металами [13, 25].

В контексті економічних та екологічних чинників неоднозначно розглядається поняття “вплив мінеральних добрив на агроекосистему”. З позицій економічних [38] завдяки внесенню мінеральних добрив зростає врожайність та поліпшуються якісні показники сільськогосподарської продукції, а з позицій охорони навколишнього середовища збільшення кількості внесених мінеральних добрив призводить до зростання екологічного навантаження на агроекосистеми [36]. Тому специфічність цього аспекту та його неоднозначність спричиняє відсутність повного розуміння змісту та суті поняття. Разом з тим проблема впливу мінеральних добрив на

агроекосистему є достатньо складною та багатогранною, вона виникла в останні десятиліття розвитку людства [31]. Наукове обґрунтування поняття “вплив мінеральних добрив на агроекосистему” важливе як у теоретичному, так і практичному значенні, оскільки воно, з однієї сторони, пов’язане з допустимим рівнем антропогенної дії на земельні та природні ресурси, а з другої, – із роллю конкретного фактора цього впливу [35].

За територіальним охопленням негативний вплив мінеральних добрив на агроекосистему можна поділити на чотири підпункти: глобальний, що охоплює всю планету; національний, що стосується окремо взятих держав; регіональний, що належить до тих чи інших регіонів цих держав; локальний, що торкається окремих місцевостей. В загальному ж сільськогосподарське виробництво перетворилося у складний комплекс антропогенних впливів на агроекосистеми [16, 23].

Численні експериментальні дослідження свідчать про те, що внесення науково обґрунтованих норм добрив не впливає негативно на агроекосистеми. Проте систематичне та нераціональне використання високих норм добрив може спричинити серйозні порушення в біогеохімічному циклі поживних речовин у природному середовищі [6, 7]. Загроза таких порушень можлива, насамперед, у районах інтенсивного ведення аграрного виробництва, а також за недотримання сівозмін, насичення технічними культурами і овочевими в приміських зонах великих міст, а також за умов нераціонального і непрофесійного використання добрив.

Майже всі мінеральні добрива є водорозчинними солями, і тому безпосереднє використання їх рослинами пов’язане з швидкістю їх розчинення та міграцією в ґрунті, а, отже, є залежним від кількості опадів у період внесення добрив та від вегетаційних фаз розвитку культури [9, 12]. Надмірна кількість опадів призводить до швидкого розчинення добрив, їх вимивання з ґрунту та забруднення навколишнього середовища. Наслідком такої міграції мінеральних добрив є погіршення якості врожаю та його зниження [21].

Зменшити забруднення навколишнього середовища компонентами мінеральних добрив можна за допомогою контрольованої розчинності, зокрема капсулювання [14, 17, 28, 33]. Застосування таких добрив дозволяє вивільняти компонент з контрольованою швидкістю, що збільшує ймовірність його засвоєння рослиною, продовжує час їх дії та зменшує вимивання до водних басейнів. Добрива більш повною мірою виконують свою основну функцію – поліпшення живлення рослин та підвищення родючості ґрунту.

Для проведених польових досліджень ми обрали сою, оскільки вона за посівними площами та валовими зборами зерна є головною зернобобовою культурою світу. Вирощують її більше 40 країн на загальній площі понад 50 млн га. Таке велике поширення сої пояснюється універсальністю її використання як важливої продовольчої, технічної та кормової культури. Зумовлено це винятково сприятливим поєднанням у насінні органічних та мінеральних речовин.

За хімічним складом насіння сої є унікальним. Воно містить у середньому 39 % (33–52 %) білків, 20 % (14–25 %) напіввисихаючої олії, 24 % вуглеводів, 5 % зольних елементів (з переважним вмістом калію, фосфору та кальцію), а також потрібні для організму людини і тварин різні ферменти, вітаміни (А, В, С, D, Е) та інші важливі органічні й неорганічні речовини.

Висока цінність сої визначається, насамперед, великим вмістом повноцінного білка, який за амінокислотним складом наближається до білків тваринного походження і добре засвоюється людиною та тваринами.

Сою – важлива технічна культура. Вона займає одне з перших місць у світовому виробництві харчової рослинної олії, яку використовують у їжу і яка є сировиною для виробництва вищих сортів столового маргарину, лецитину. Соеву олію широко використовують також у миловарній та лакофарбовій промисловості. Із білків сої виробляють пластмаси, клей та інші вироби.

Матеріали і методи. Ми виготовили 3 види капсульованих добрив і провели польові дослідження з метою перевірки припущення про те, що внесення капсульованих добрив у кількості, рівній гектарній нормі гранульованих добрив (в дійсності ж у цьому випадку вноситься на 10 % менше діючої речовини), не приведе до зменшення врожайності.

Покриття всіх трьох досліджуваних типів частинок здійснювали відповідною композицією, склад якої для кожного типу добрив наведено нижче. Капсулювання нітроамофоски здійснювали в апараті киплячого шару періодичної дії (рис. 1) циліндрично-конічного типу з направляючим циліндром. Для запобігання можливим небажаним явищам у шарі твердих частинок, впорядкування їх циркуляції апарат був обладнаний направляючими перегородками. Вертикальні перегородки слугували для розділення шару частинок на зону капсулювання та зону сушіння. В зоні капсулювання встановлювали розпилюючий пристрій. Гранули, які потрапляли в зону капсулювання через зазор між нижньою частиною перегородки та газорозподільчою решіткою, зрошувалися розпиленою суспензією і через верхній

розтруб потрапляли в зону сушіння. Таким чином створювалися умови для спокійного псевдозрідження за рахунок зниження швидкості повітря. Частинки, які осідали, знову потрапляли в зону капсулювання.

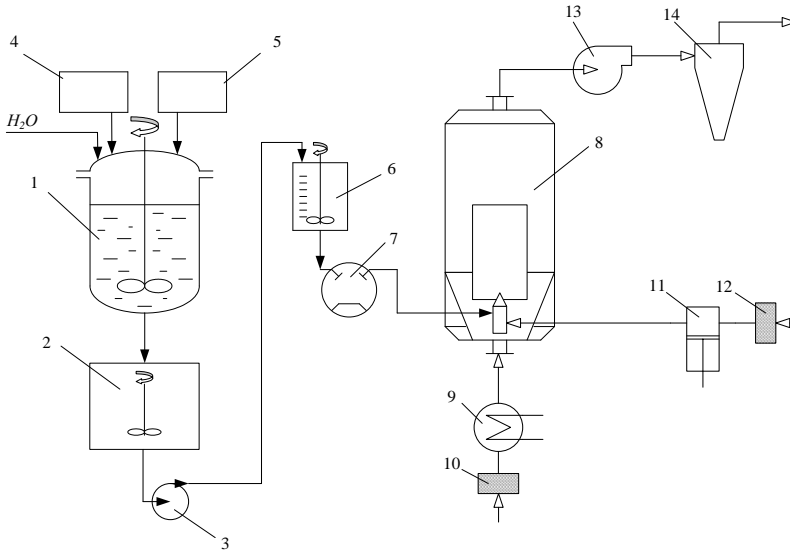


Рис. 1. Технологічна схема капсулювання гранульованої нітроамофоски: 1 – ємність приготування капсулоутворюючої суспензії; 2 – збірник з перемішувачем; 3 – відцентровий насос; 4 – дозатор фосфориту; 5 – дозатор лігніну; 6 – дозатор капсулоутворюючої суспензії; 7 – насос-дозатор; 8 – апарат ПШ; 9 – калорифер; 10, 12 – повітряний фільтр; 11 – компресор; 13 – відцентрова газодувка; 14 – система очищення відпрацьованого повітря

Експериментальні польові дослідження проводили згідно зі стандартними методиками [8] на полях Інституту сільського господарства Карпатського регіону. Кількість білка в насінні сої визначали методом К'ельдаля (ДСТУ ISO 5983–2003), олійність – методом екстрагування олії в апараті Соклета (ДСТУ ISO 6492–2003).

Погодні умови 2013 р. були нерівнозначні щодо росту та дозрівання сільськогосподарських культур порівняно до середніх багаторічних показників. Так, середня місячна температура повітря в квітні була на 2,5 °С вищою за норму, а кількість опадів – на 4 мм меншою за багаторічні. В травні температура була на 2,9 °С вища за норму, а кількість опадів, які випали за місяць, була на 6,8 мм більша

від норми. Червень характеризувався порівняно теплою та вологою погодою (опадів випало на 47,1 мм більше від норми, а температура повітря продовж місяця була на 2,0 °С вища за норму). Температура повітря в липні була на 2,8 °С вища від багаторічної, а кількість опадів – на 61,6 мм менша за норму. Температура повітря в серпні була на 2,5 °С вища від норми, а кількість опадів – на 42,2 мм менша за норму. Вересень був порівняно прохолодним та вологим. Температура повітря була на 1,3 °С нижча від норми, а кількість опадів – на 20,5 мм більша за норму. Метеорологічні дані представлені Львівською гідрогеолого-меліоративною станцією, пункт спостереження – Оброшине (рис. 2, рис. 3).

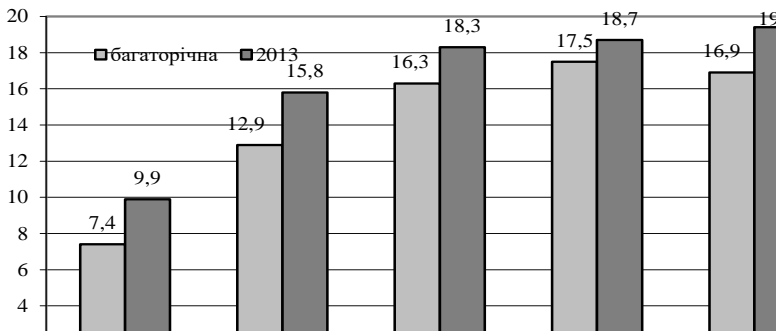


Рис. 2. Температура повітря протягом вегетації, °С

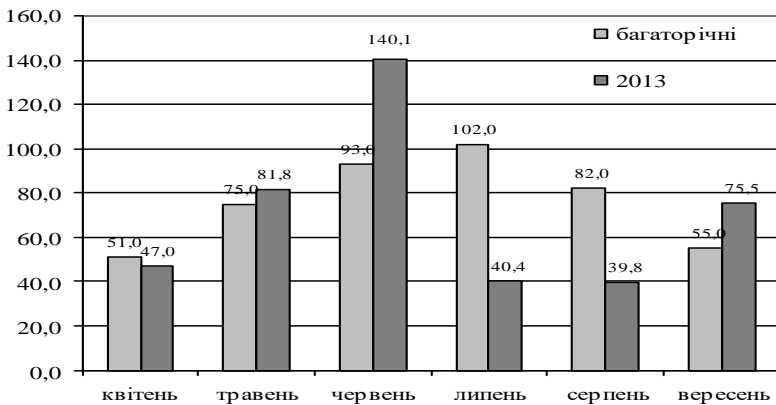


Рис. 3. Оподи протягом вегетаційного періоду, мм

Можна зробити висновок, що порівняно з середніми багаторічними даними вегетаційний період 2013 р. був теплішим, кількість опадів і запаси вологи в ґрунті були достатніми для початку вегетації, але на кінці вегетації зменшилися порівняно з нормою у 2 рази.

Результати та обговорення. Досліди проводили на сорті сої Іванка, попередник – картопля. Схема досліду включала п'ять варіантів: контроль (без добрив), гранульоване добриво (нітроамофоска $N_{16}P_{16}K_{16}$), капсульоване добриво № 1 (10 % капсула, склад: полістирол, лігнін), капсульоване добриво № 2 (10 % капсула, склад: полістирол, лігнін, цеоліт) і капсульоване добриво № 3 (10 % капсула, склад: лігнін, цеоліт), повторність – трикратна. Облікова площа кожної ділянки – 25 м². Внесення добрив – одноразово при сівбі з нормою 0,2 т/га. Вегетаційний період культури тривав з 14 травня до 01 жовтня 2013 р., що становило 140 діб. Норма висіву – 600 тис. шт./га. Догляд за посівами – загальноприйнятий для зони, в якій виконували дослідження. Протягом вегетації сої здійснювали фенологічні спостереження за ростом та розвитком рослин. Облік урожаю сої проводили поділянково.

Встановлено, що добрива по-різному впливали на час настання і тривалість фенофаз. Висівали культуру за недостатньої кількості вологи, але починаючи з 3-ї декади травня до 2-ї декади червня випало більше двомісячної норми опадів. Це дало стрімкий старт для розвитку культури, особливо у тих варіантах, де добрива вивільнили основну кількість поживних елементів, – з гранульованим добривом і КД № 3. У цих варіантах порівняно з іншими повні сходи з'явилися на 1–2 доби раніше.

1. Вплив різних видів добрив та тривалість фенофаз сої

Фенологічна фаза	Варіант досліду				
	кон- троль	ГД	КД № 1	КД № 2	КД № 3
Сівба	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05
Початок сходів	26.05	25.05	26.05	25.05	25.05
Повні сходи	01.06	30.05	01.05	31.05	30.05
Початок бутонізації	26.06	27.06	29.06	29.06	28.06
Кінець бутонізації	30.06	01.07	03.07	02.07	02.07
Цвітіння	02.07	04.07	07.07	06.07	05.07
Утворення бобів	14.07	16.07	19.07	19.07	16.07
Кінець утворення бобів	21.08	21.08	25.08	25.08	22.08
Дозрівання	26.09	28.09	30.09	30.09	29.09
Збирання врожаю	01.10	01.10	01.10	01.10	01.10

У наступних фазах розвитку сої кількість опадів була незначною, тому постійне підживлення капсульованими добривами у варіантах з КД № 1 і КД № 2 значно подовжило період вегетації, особливо у фазі бутонізації та утворення бобів. А продовження розвитку у цих основних “критичних” для сої фенологічних фаз сприяло кращому росту рослин і відповідно отриманню більшого врожаю.

Капсульовані мінеральні добрива мали виражений вплив у посівах сої (рис. 4).

Встановлено, що вміст білка в насінні сої був найвищим у варіанті з капсульованим добривом № 1 і становив 37,61 %. Дещо менший (36,23 %) він був у варіанті сої з капсульованим добривом № 3.

На варіанті сої з капсульованим добривом № 2 вміст білка становив 35,82 %, на варіанті з гранульованим добривом – 34,85 %. Найменший вміст відзначено на контролі – 33,58 %.

За вмістом олії у зерні сої в перерахунку на суху речовину високі показники отримано від використання усіх видів капсульованих добрив. Найбільший її вміст одержано у варіанті з капсульованим добривом № 1 – 21,74 %, дещо менше – у варіанті з капсульованим добривом № 3 – 21,33 % і капсульованим добривом № 2 – 21,05 %; у варіанті з гранульованим добривом – 19,11 %, а на контролі – 17,97 %.

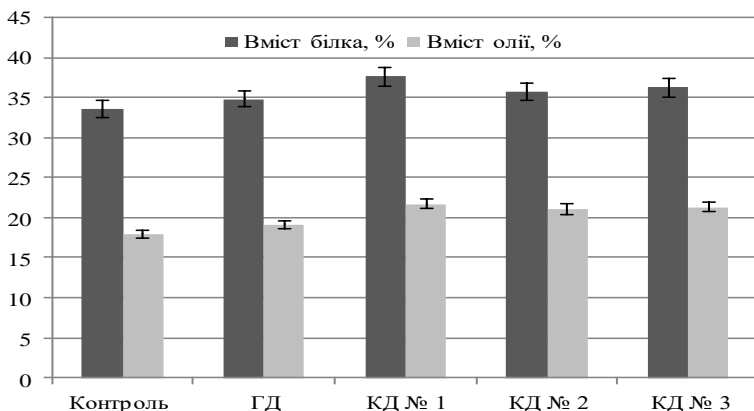


Рис. 4. Вплив добрив на якісні показники сої

Отже, якісні показники зерна сої в варіантах використання капсульованих добрив порівняно з гранульованим: вміст білка вищий на 35–38 %, вміст олії вищий на 21–21,7 %.

У табл. 2 показано, як змінювалася врожайність сої та маса 1000 насінин залежно від використовуваних добрив.

На основі виконаного дослідження ми встановили, що за метеорологічних умов періоду вегетації сої в усіх варіантах використання капсульованих добрива проявили себе краще, ніж просте гранульоване добриво. Проте найвищі результати одержано на варіанті з добривом, до складу капсулоутворюючої композиції якого входила більша частина полістиролу, який, мабуть, забезпечував більшу механічну міцність оболонки і відповідно подовжував термін її функціонування без руйнування і тривале вивільнення поживних елементів у процесі вегетації сої.

2. Вплив добрив на врожайність сої

Варіант	Врожайність, т/га	Приріст урожаю до контролю		Маса 1000 насінин, г
		т/га	%	
1. Контроль	2,03	–	–	143,87
2. ГД	2,20	0,17	8,6	161,81
3. КД №1	2,97	0,94	46,5	164,91
4. КД №2	2,92	0,89	44,1	164,22
5. КД №3	2,69	0,66	32,7	165,49
НР ₀₅	0,06			1,72

Отже, за метеорологічних умов 2013 р. у посівах сої найперспективніше застосовувати капсульовані мінеральні добрива № 1 і № 2, які забезпечують зростання врожайності у середньому відповідно на 46,5 і 44,1 % порівняно до контролю.

Коефіцієнт ефективності використання добрив розраховано за формулою 1 [1].

$$k_{\text{еф}} = \frac{УР - УР_0}{G_{\text{д.р.}}}, \quad (1)$$

де $K_{\text{еф}}$ – коефіцієнт ефективності використання добрива, тонн урожаю/тонн діючої речовини; $УР_0$ – врожайність у базовому варіанті (контроль, без застосування добрив), т/га; $УР$ – урожайність за певної застосованої агротехнології, т/га; $G_{\text{д.р.}}$ – кількість внесеної діючої речовини добрива, т.

Іншими словами, коефіцієнт ефективності використання добрив характеризує кількість діючої речовини, витраченої на одиницю збільшення врожаю. Цей показник свідчить про ефективність застосованої агротехнології.

3. Коефіцієнт ефективності використання різних видів добрив

Культура	K_{ef} , т урожаю/т діючої речовини			
	ГД	КД № 1	КД № 2	КД № 3
Соя	1,70	10,26	9,72	7,22

Відповідно до зроблених розрахунків (табл. 3) коефіцієнт ефективності використання добрив (K_{ef}) у агроecosистемі сої для гранульованого добрива становив 1,7, що в 6 разів менше ніж у варіанті використання КД № 1, у 5,7 разу менше, ніж з КД № 2 і у 4,2 разу менше ніж з КД № 3.

Висновки. Соя – культура специфічна тим, що вона здатна сама себе забезпечити часткою потрібного азоту, але для цього необхідно, щоб добре розвивалися бульбочкові бактерії. Капсульовані добрива позитивно впливають на розвиток бульбочок з двох причин: по-перше, вони забезпечили постійне та поступове вивільнення для рослин фосфору і калію, які є однією з умов стабільного розвитку бульбочок [20]; по-друге, на початку вегетації сої внесення високих доз азоту пригнічує цей процес і просте гранульоване добриво може негативно впливати на розвиток бульбочкових бактерій. Однак невисока доза добрив тільки позитивно впливає на ріст азотфіксаторів.

Попередні висновки за результатами однорічних досліджень: використання капсульованих добрив забезпечувало зростання врожайності сої за у варіанті з КД № 1, яке становило 0,94 т/га (46,5 %), з КД № 2 – 0,89 т/га (44,1 %), з КД № 3 – 0,66 т/га (32,7 %) порівняно з контролем (2,02 т/га), а у варіанті використання гранульованого добрива – 0,17 т/га (8,6 %). Найвищу врожайність отримано у варіанті з КД № 1. Приріст урожаю порівняно до варіантів використання гранульованого добрива становив 0,77 т/га (34,9 %), а найвищу масу 1000 насинин отримано у варіанті застосування КД № 3 – 165,49 г.

Якісні показники зерна сої в варіантах використання капсульованих добрив порівняно з гранульованим: вміст білка вищий на 35–38 %, вміст олії вищий на 21–21,7 %. Найвищі результати одержано у варіанті з добривом, до складу капсулоутворюючої композиції якого входила більша частка полістиролу, який, мабуть, забезпечував більшу механічну міцність оболонки і відповідно подовжував термін її функціонування без руйнування і тривале вивільнення поживних елементів у процесі вегетації сої.

Встановлено, що коефіцієнт ефективності використання добрива для капсульованих значно перевищує (а в деяких випадках більше ніж у 6 разів) цей же показник для гранульованих добрив, оскільки за меншої кількості внесеної діючої речовини врожайність зростає. Це свідчить про високу господарську ефективність використання капсульованих видів добрив у технологіях вирощування сільськогосподарських культур.

Список використаної літератури:

1. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів / Патики В. П. та ін. ; за ред. В. П. Патики. Київ : Основа, 2005. 300 с.
2. Агроекологічні особливості оцінки сільськогосподарських земель / Палапа Н. та ін. *Техніка і технології АПК*. 2011. № 2. С. 36–39.
3. Великий В. И., Мудрый И. В. Некоторые эколого-гигиенические аспекты интенсивного применения азотных минеральных удобрений в сельском хозяйстве. *Довкілля та здоров'я*. 1999. Т. 11, № 4. С. 55–58.
4. Гаврилук В. А., Демчук С. М. Органо-мінеральні добрива – комплексне вирішення використання сировинних ресурсів. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 4. С. 78–81.
5. Геркіял О. М., Господаренко Г. М., Коларьков Ю. В. Агрохімія. Умань, 2008. 300 с.
6. Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ, 2010. 191 с.
7. Добрива та їх використання / Марчук І. У. та ін. Київ : Юнівест Маркетинг, 2002. 245 с.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Лихочвор В. В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів, 2008. 312 с.
10. Лісовал А. П., Макаренко В. М., Кравченко С. М. Система застосування добрив. Київ, 2002. 317 с.
11. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України / М. В. Зубець та ін. Київ, 2004. 776 с.
12. Сайдак Р. В. Залежність ефективності добрив від гідротехнічних

References:

1. Agroecological evaluation of mineral fertilizers and pesticides / V. P. Patyka et al. ; ed. by V. P. Patyka. Kyiv : Osnova, 2005. 300 p.
2. Agroecological features of agricultural land evaluation / N. Palapa et al. *Tekhnika i tekhnologii APK*. 2011. No 2. P. 36–39.
3. Velikij V. I., Mudryj I V. Some environmental and hygienic aspects of the intensive use of nitrogen mineral fertilizers in agriculture. *Dovkillia ta zdorovia*. 1999. Vol. 11, No 4. P. 55–58.
4. Havryliuk V. A., Demchuk S. M. Organic-mineral fertilizers as complex decision of raw material resources use. *Ahroekolohichnyi zhurnal*. 2013. No 4. P. 78–81.
5. Herkiial O. M., Hospodarenko H. M., Kolarkov Yu. V. Agrochemistry. Uman, 2008. 300 p.
6. Hospodarenko H. M. Fertilization of crops. Kyiv, 2010. 191 p.
7. Fertilizers and their use / I. U. Marchuk et al. Kyiv : Yuninvest Marketynh, 2002. 245 p.
8. Dosphehov B. A. Methodology of field experiment (with basics of statistical processing of research results). 5th ed. Moscow : Agropromizdat, 1985. 351 p.
9. Lykhochvor V. V. Fertilizers and their application. Lviv, 2008. 312 p.
10. Lisoval A. P., Makarenko V. M., Kravchenko S. M. Fertilizer application system. Kyiv, 2002. 317 p.
11. Scientific bases of agro-industrial production in Polissia and Western regions of Ukraine / M. V. Zubets et al. Kyiv, 2004. 776 p.
12. Saidak R. V. Dependence of fertilizers effectiveness on hydrothermal conditions. *Ahroekolohichnyi zhurnal*. 2014. No 4. P. 74–78.
13. Sychevskiy M. Ye., Vinnyk A. L.,

- умов. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 4. С. 74–78.
13. Сичевський М. Є., Вінник А. Л., Святюк Ю. В. Динаміка вмісту рухомих форм низки важких металів у ґрунтах Криму під впливом 45-річного застосування мінеральних добрив. *Агроекологічний журнал*. 2012. № 3. С. 111–114.
14. Скрипка О. О. Порівняльний аналіз перспектив розвитку ринку мінеральних добрив України та Франції. *Вісник Одеського національного університету. Економіка*. 2012. Т. 17, вип. 3/4. С. 74–80.
15. Тараріко О. Г., Греков В. О., Дацько Л. В. Агроекологічний стан ґрунтів та контроль за їх родючістю. *Агро-екологічний журнал*. 2011. № 3. С. 39–44.
16. Телегуз О. В. Оцінка еколого-безпечного використання орних земель Львівської області. *Наук. вісн. Волин. нац. ун-ту імені Лесі Українки*. 2010. № 15. С. 25–32.
17. Тымчук И. С., Мальованый М. С. Капсулирование удобрений – путь к снижению загрязнения и повышению урожайности. *Устойчивое развитие*. 2014. № 23. С. 151–156.
18. Фурдичко О. І., Дем'янюк О. С. Якість і безпечність сільськогосподарської продукції в контексті продовольчої безпеки України. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 1. С. 7–13.
19. Фурдичко О. І., Дем'янюк О. С. Еколого-економічні особливості використання природних ресурсів в аграрному виробництві України. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 3. С. 7–12.
20. Шевніков М. Я., Міленко О. Г., Лотиш І. І. Якісні показники насіння сої залежно від впливу мінеральних і бактеріальних добрив. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. Вип. 4. С. 25–29.
- Sviatiuk Yu. V. Dynamics of the content of mobile forms of a number of heavy metals in the soils of Crimea under the influence of 45-year-old use of mineral fertilizers. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2012. No 3. P. 111–114.
14. Skrypka O. O. Comparative analysis of the perspectives for the fertilizer market of Ukraine and France. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Ekonomika*. 2012. Vol. 17, issue 3/4. P. 74–80.
15. Tarariko O. H., Hrekov V. O., Datsko L. V. Agroecological condition of soils and control of their fertility. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2011. No 3. P. 39–44.
16. Telehuz O. V. Assessment of the environmentally friendly use of arable land in the Lviv region. *Nauk. visn. Volyn. nats. un-tu imeni Lesi Ukrainky*. 2010. No 15. P. 25–32.
17. Tymchuk I. S., Mal'ovanyj M. S. Fertilizer encapsulation is a way to reduce pollution and increase productivity. *Ustojchivoe razvitie*. 2014. No 23. P. 151–156.
18. Furdychko O. I., Demianiuk O. S. The quality and safety of agricultural products in the context of food security of Ukraine. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2014. No 1. P. 7–13.
19. Furdychko O. I., Demianiuk O. S. Environmental and economic characteristics of natural resources utilization in the agricultural production of Ukraine. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2013. No 3. P. 7–12.
20. Shevnikov M. Ya., Milenko O. H., Lotysh I. I. Qualitative indicators of soybean seeds, depending on the influence of mineral and bacterial fertilizers. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2014. Issue 4. P. 25–29.
21. Yurkevych Ye. O., Kovalenko N. P. Ways to improve soil ecological status. *Visn. Zhytomyr. nats. ahroekoloh. un-tu*. 2011. Issue 2 (29). P. 299–306.
22. 16-Year fertilization changes the

21. Юркевич С. О., Коваленко Н. П. Шляхи покращання екологічного стану ґрунту. *Вісн. Житомир. нац. агроеколог. ун-ту* : наук.-теорет. зб. 2011. Вип. 2 (29). С. 299–306.
22. 16-Year fertilization changes the dynamics of soil oxidizable organic carbon fractions and the stability of soil organic carbon in soybean-corn agroecosystem / Liu H. et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2018. Vol. 265. P. 320–330.
23. A global perspective on agroecosystem nitrogen cycles after returning crop residue / Min W. et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2018. Vol. 266. P. 49–54.
24. A multifunctional approach for achieving simultaneous biodiversity conservation and farmer livelihood in coffee agroecosystems / Iverson A. et al. *Biological Conservation*. 2019. Vol. 238. P. 168–179.
25. Agroecosystem tradeoffs associated with conversion to subsurface drip irrigation in organic systems / Schmidta J. et al. *Agricultural Water Management*. 2018. Vol. 202. P. 1–8.
26. Development of a nitrous oxide routine for the SWAT model to assess greenhouse gas emissions from agroecosystems / Wagena M. et al. *Environmental Modelling & Software*. 2017. Vol. 89. P. 131–143.
27. Ecological risk assessment of cerium for tropical agroecosystems / Moreiraa C. et al. *Chemosphere*. 2019. Vol. 221. P. 124–131.
28. Environmentally friendly fertilizers: A review of materials used and their effects on the environment / Chen J. et al. *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 613/614. P. 829–839.
29. Gingrich S., Krausmann F. At the core of the socio-ecological transition: Agroecosystem energy fluxes in Austria 1830–2010. *Science of The Total Environment*. 2018. Vol. 645. P. 119–129.
30. Komosa A., Szweczuk A. Effect of soil potassium level and different potassium fertilizer forms on nutritional status, growth and yield of apple trees in the first three years dynamics of soil oxidizable organic carbon fractions and the stability of soil organic carbon in soybean-corn agroecosystem / H. Liu et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2018. Vol. 265. P. 320–330.
31. A global perspective on agroecosystem nitrogen cycles after returning crop residue / W. Min et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2018. Vol. 266. P. 49–54.
32. A multifunctional approach for achieving simultaneous biodiversity conservation and farmer livelihood in coffee agroecosystems / A. Iverson et al. *Biological Conservation*. 2019. Vol. 238. P. 168–179.
33. Agroecosystem tradeoffs associated with conversion to subsurface drip irrigation in organic systems / J. Schmidta et al. *Agricultural Water Management*. 2018. Vol. 202. P. 1–8.
34. Development of a nitrous oxide routine for the SWAT model to assess greenhouse gas emissions from agroecosystems / M. Wagena et al. *Environmental Modelling & Software*. 2017. Vol. 89. P. 131–143.
35. Ecological risk assessment of cerium for tropical agroecosystems / C. Moreiraa et al. *Chemosphere*. 2019. Vol. 221. P. 124–131.
36. Environmentally friendly fertilizers: A review of materials used and their effects on the environment / J. Chen et al. *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 613/614. P. 829–839.
37. Gingrich S., Krausmann F. At the core of the socio-ecological transition: Agroecosystem energy fluxes in Austria 1830–2010. *Science of The Total Environment*. 2018. Vol. 645. P. 119–129.
38. Komosa A., Szweczuk A. Effect of soil potassium level and different potassium fertilizer forms on nutritional status, growth and yield of apple trees in the first three years

30. Komosa A., Szewczuk A. Effect of soil potassium level and different potassium fertilizer forms on nutritional status, growth and yield of apple trees in the first three years after planting skierniewice. *Acta scientiarum Polonorum. Hortorum cultus*. 2002. Vol. 10. P. 42–54.
31. Organic amendments increase crop yields by improving microbe-mediated soil functioning of agroecosystems: A meta-analysis / Luo G. et al. *Soil Biology and Biochemistry*. 2018. Vol. 124. P. 105–115.
32. Peterson C., Eviner V., Gaudin A. Ways forward for resilience research in agroecosystems. *Agricultural Systems*. 2018. Vol. 162. P. 19–27.
33. Preparation and characterization of slow-release fertilizer encapsulated by starch-based superabsorbent polymer / Qiao D. et al. *Carbohydrate Polymers*. 2016. Vol. 147. P. 146–154.
34. Preparation and utilization of phosphate biofertilizers using agricultural waste / Wang H. et al. *Journal of Integrative Agriculture*. 2018. Vol. 14, Is. 1. P. 158–167.
35. Recent progress in selected bio-nanomaterials and their engineering applications: An overview / Mishra R.-K. et al. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*. 2018. Vol. 3, Is. 3. P. 263–288.
36. Redesign of the traditional Mesoamerican agroecosystem based on participative ecological intensification: Evaluation of the soil and efficiency of the system / Reyna-Ramírez C. et al. *Agricultural Systems*. 2018. Vol. 165. P. 177–186.
37. Shifts in soil bacterial communities induced by the controlled-release fertilizer coatings / Pan P. et al. *Journal of Integrative Agriculture*. 2016. Vol. 15, Is. 12. P. 2855–2864.
38. Trade-offs in agronomic, energetic, and environmental performance of corn and prairie bioenergy cropping systems / Jarchow M. E. et al. *Global Change Biology Bioenergy*. 2015. Vol. 7, Is. 1. P. 57–71.
- after planting skierniewice. *Acta scientiarum Polonorum. Hortorum cultus*. 2002. Vol. 10. P. 42–54.
31. Organic amendments increase crop yields by improving microbe-mediated soil functioning of agroecosystems: A meta-analysis / G. Luo et al. *Soil Biology and Biochemistry*. 2018. Vol. 124. P. 105–115.
32. Peterson C., Eviner V., Gaudin A. Ways forward for resilience research in agroecosystems. *Agricultural Systems*. 2018. Vol. 162. P. 19–27.
33. Preparation and characterization of slow-release fertilizer encapsulated by starch-based superabsorbent polymer / D. Qiao et al. *Carbohydrate Polymers*. 2016. Vol. 147. P. 146–154.
34. Preparation and utilization of phosphate biofertilizers using agricultural waste / H. Wang et al. *Journal of Integrative Agriculture*. 2018. Vol. 14, Is. 1. P. 158–167.
35. Recent progress in selected bio-nanomaterials and their engineering applications: An overview / R.-K. Mishra et al. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*. 2018. Vol. 3, Is. 3. P. 263–288.
36. Redesign of the traditional Mesoamerican agroecosystem based on participative ecological intensification: Evaluation of the soil and efficiency of the system / C. Reyna-Ramírez et al. *Agricultural Systems*. 2018. Vol. 165. P. 177–186.
37. Shifts in soil bacterial communities induced by the controlled-release fertilizer coatings / P. Pan et al. *Journal of Integrative Agriculture*. 2016. Vol. 15, Is. 12. P. 2855–2864.
38. Trade-offs in agronomic, energetic, and environmental performance of corn and prairie bioenergy cropping systems / M. E. Jarchow et al. *Global Change Biology Bioenergy*. 2015. Vol. 7, Is. 1. P. 57–71

Отримано 28.10.2019