

DOI: 10.32636/01308521.2022-(71)-2-13

УДК 631.582:631.895:633.34:633.35

М. М. ЩЕРБА, науковий співробітник

О. Й. КАЧМАР, А. О. ДУБИЦЬКА, О. В. ВАВРИНОВИЧ, кандидати с.-г. наук

О. В. ТАРАВСЬКА, провідний фахівець

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

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

e-mail: oksanaostrowska@ukr.net

ВПЛИВ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР У КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ

Досліджено врожайність і якісні показники зерна гороху, сої та водно-фізичний і поживний стан ґрунту під їх посівами у різних видах сівозмін за інтенсивної й альтернативної систем удобрення. Максимальну врожайність зерна гороху (2,51–2,64 т/га) і сої (2,13–2,25 т/га) отримано в умовах використання безпосередньо під горох і сою $N_{45}P_{45}K_{45}$ і заорювання один раз за ротацію 40 т/га гною, що перевищило показники контролю на 29,0–29,2 і 35,2–36,4 %. Вищу врожайність формували рослини гороху у зерновій сівозміні із 50-відсотковим насиченням зерновими колосовими. У сівозміні, насиченій 75 % колосових, урожайність гороху була нижчою на 0,13 т/га. Кращим попередником для сої був ячмінь ярий, після якого на неудобреному варіанті сформувався врожай на 3,5 % вищий, ніж після гречки і на 4,3–5,3 % при застосуванні органо-мінеральних систем удобрення. У зерні гороху і сої найвищу масу 1000 зерен (за культурами 237–244 та 172,5–176,3 г), натуру зерна (779–789 г/л), вміст білка (18,86–19,70 і 37,7–38,6 %) та жиру (19,0–19,7 %) одержано на варіанті післядії гною (40 т/га) і безпосереднього внесення під культури добрив у нормі $N_{45}P_{45}K_{45}$. Зерно нижчої якості одержали на контролі (без добрив). Залежно від попередника і виду сівозміни відсотковий вміст білка в зерні гороху та сої становив 18,48–18,53 та 35,7–36,1 % і жиру – 18,0–18,7 %.

Запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту на період сходів зернобобових культур були достатніми для росту і розвитку рослин та залежно від структури сівозміни і попередників становили: під горохом – 26,5–28,0 мм, соєю – 30,4–31,8 мм. Ці показники зростали із глибиною відбору зразків і в шарі 20–40 см становили: під горохом – 31,4–33,2 мм, соєю – 36,0–37,8 мм. Системи удобрення забезпечували вищий рівень нагромадження вологи. Порівняно до контролю на варіантах альтернативної системи удобрення значення вологості ґрунту було вище на 1,8–2,4 %, інтенсивної – на 6,0–6,4 % під горохом та на 3,0–3,8 і 6,5–7,0 % під соєю. З проходженням подальших

© Щерба М. М., Качмар О. Й., Дубицька А. О.,
Вавриневич О. В., Таравська О. В., 2022

фаз вегетації значення вологості ґрунту змінювалися залежно від випадання опадів, інтенсивності її використання культурами сівозмін та різних рівнів удобрення.

Щільність будови ґрунту під зернобобовими культурами сівозмін збільшувалася протягом їх вегетації й найнижчою була в початкові фази розвитку. Зокрема на період сходів у шарі 0–10 см під горохом її значення змінювалися в межах від 1,10 до 1,18 г/см³, в горизонті 10–20 та 20–30 см – відповідно 1,19–1,28 та 1,26–1,37 г/см³, під посівами сої – відповідно за горизонтами: 1,12–1,17, 1,17–1,22, 1,21–1,26 г/см³. Застосування інтенсивної (гній + мінеральні добрива) і альтернативної (зелена маса післяжнивної рядки олійної + побічна продукція попередника + мінеральні добрива) систем удобрення стримувало процес ущільнення і забезпечувало у шарі ґрунту 0–10 см нижчі на 3,4–1,7 % значення об'ємної маси після ячменю ярого і на 2,6–1,74 % після гречки порівняно до контролю без удобрення.

Поживний режим ґрунту у посівах гороху та сої залежав від систем удобрення, виду сівозмін та попередника. Найвищий уміст лужногідролізного азоту як у посівах гороху, так і сої (11,97–12,08 та 11,64–11,75 мг/100 г ґрунту), рухомого фосфору (12,97–13,13 та 12,71–12,86 мг/100 г ґрунту) й обмінного калію (11,57–11,67 та 11,45–11,63 мг/100 г ґрунту) в орному шарі був у фазі сходів на варіанті використання 40 т/га гною у сівозміні і безпосереднього внесення під ці культури мінерального удобрення у дозі N₄₅P₄₅K₄₅.

Ключові слова: сівозміни, попередники, удобрення, горох, соя, урожайність, польова вологість, продуктивна вологість, щільність ґрунту.

Mariia Shcherba, Oksana Kachmar, Anhelina Dubytska, Oksana Vavrynovych, Oksana Taravska

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

Influence of fertilization systems on productivity formation of grains and legumes in short-rotation cultivations

The yield and quality indicators of a pea, soybean grain, and water-physical and nutritional condition of the soil under these crops in different types of crop rotations under intensive and alternative fertilizer systems were studied. The maximum yield of pea grain 2.51–2.64 t/ha and soybean 2.13–2.25 t/ha was obtained under conditions of direct N₄₅R₄₅K₄₅ use for peas and soybeans and plowing once per rotation of 40 t/ha of manure, which exceeded control indicators by 29.0–29.2 and 35.2–36.4 %. Higher yields were formed by pea plants in grain crop rotation with 50 percent saturation of grain ears. In the crop rotation, saturated with 75 % of ears, pea yield was lower by 0.13 t/ha. The best precursor for soybeans was spring barley, after which the unfertilized variant yielded 3.5 % higher than after buckwheat and 4.3–5.3 % when using organo-mineral fertilizer systems. Peas and soybeans have the highest weight of 1000 grains (237–244 g and 172.5–176.3 g), grain nature (779–789 g/l), protein content (18.86–19.70 and 37.7–38.6 %) and fat (19.0–19.7 %) were obtained on the variant of manure aftereffect (40 t/ha)

and direct application of fertilizers to crops in the norm $N_{45}P_{45}K_{45}$. Grain of lower quality was obtained under control (without fertilizers). Depending on the predecessor and the type of crop rotation, the percentage of protein in peas and soybeans was 18.48–18.53 and 35.7–36.1 %, fat – 18.0–18.7 %.

The reserves of productive moisture in the arable layer of the soil for the period of germination of legumes were sufficient for the growth and development of plants and depending on the structure of crop rotation and predecessors were: under peas – 26.5–28.0 mm, soybeans – 30.4–31.8 mm. These indicators increased with the depth of sampling and in the layer of 20–40 cm were: under peas – 31.4–33.2 mm, soybeans – 36.0–37.8 mm. Fertilizer systems provided a higher level of moisture accumulation. Compared to the control on the options with alternative fertilization system, the value of soil moisture was higher by 1.8–2.4 %, intensive – by 6.0–6.4 % under peas, and by 3.0–3.8 % and 6.5–7.0 % under soybeans. With the passage of subsequent phases of vegetation, the values of soil moisture changed depending on precipitation, the intensity of its use by crops, and different levels of fertilizer.

The density of soil structure under legumes of crop rotations increased during their growing season and was lowest in the initial stages of development. In particular, for the period of germination layers 0–10 cm under the pea, its values varied from 1.10 to 1.18 g/cm³, in the horizon 10–20 cm and 20–30, respectively, 1.19–1.28 g/cm³ and 1.26–1.37 g/cm³. Under soybean crops, respectively, by horizons: 1.12–1.17, 1.17–1.22, 1.21–1.26 g/cm³. The use of intensive (manure + mineral fertilizers) and alternative (green mass of post-harvest radish oil + by-products of the predecessor + mineral fertilizers) fertilizer systems restrained the compaction process and provided the soil layer 0–10 cm lower by 3.4–1.7 % of the soil mass after spring barley and by 2.6–1.74 % after buckwheat in comparison with the control without fertilizer.

The nutrient regime of the soil in pea and soybean crops depended on the fertilizer systems, the type of crop rotation, and the predecessor. The highest content of alkaline hydrolysis nitrogen in both pea and soybean crops (11.97–12.08 and 11.64–11.75 mg/100 g of soil), mobile phosphorus (12.97–13.13 and 12.71–12.86 mg/100 g of soil) and exchangeable potassium (11.57–11.67 and 11.45–11.63 mg/100 g of soil) in the arable layer were in the germination phase on the option of using 40 t/ha of manure in crop rotation and direct application under these cultures of mineral fertilizers in a dose of $N_{45}R_{45}K_{45}$.

Keywords: crop rotations, precursors, fertilizers, peas, soybeans, yield, field moisture, productive humidity, soil density.

Вступ. Високотоварне сільськогосподарське виробництво неможливе без наявності науково обґрунтованих сівозмін, суворого регламентованого комплексу технологій і організаційно-господарських заходів, які відповідають виробничій спеціалізації господарства й прийнятій системі землеробства.

Забезпечуючи оптимальну структуру посівних площ, співвідношення, розміщення і чергування культур, сівозміни створюють найкращі умови для отримання високих урожаїв з одночасним підвищенням родючості ґрунту.

Результатами наукових досліджень і практикою доведено, що беззмінна культура різко знижує врожайність, родючість ґрунту, погіршує його фітосанітарний стан і посівів порівняно з сівозмінною. Стабільність землеробства на сучасному етапі виробництва потребує ефективних рішень з відтворення родючості ґрунтів, збереження їх продуктивного потенціалу та впровадження технологій, які здатні забезпечити сталі засади вирощування сільськогосподарських культур. Система удобрення та структура сівозмін є найефективнішими технологічними заходами у досягненні поставленої мети.

В останні десятиліття внаслідок занепаду галузі тваринництва структура аграрного виробництва зазнала істотних змін. Аграрна галузь розвивається переважно за рахунок рослинництва, яке потерпає від надмірно вузької спеціалізації, де відсутнє вирощування багаторічних бобових трав, а основні акценти зроблено на п'яти найприбутковіших культурах, серед яких пшениця озима, кукурудза на зерно, соя, соняшник та ріпак [1, 4, 9, 19].

В умовах дефіциту гною стабілізації органічної речовини у ґрунті можна досягти, поєднавши застосування на добриво всієї побічної продукції та оптимальних доз мінеральних добрив і оптимізувавши структуру сівозміни введенням до її складу зернобобових, а краще бобових трав'яних культур.

Вивченню проблеми відтворення родючості ґрунтів, раціоналізації структури посівних площ, впровадженню традиційних та альтернативних систем удобрення у сівозмінах короткої та довгої ротації присвячено дослідження українських вчених П. І. Бойка, Г. М. Господаренка, А. С. Заришняка, В. В. Іваніни, Т. В. Колібабчук, В. М. Польового, І. Д. Примака, Я. П. Цвей, О. А. Цюка та ін. Зернобобові культури поряд із забезпеченням цінними харчовими продуктами і кормами мають вирішальне значення у фітомеліорації, фітосанітарній очистці ґрунту, а також у зниженні затрат у рослинництві [59]. Важливим джерелом зростання виробництва конкурентоспроможної продукції рослинництва в системі сталого землеробства є збільшення питомої маси бобових культур у структурі посівних площ через їхню здатність до симбіотичної фіксації азоту [2, 3]. Введення у науково обґрунтовані сівозміни зернобобових культур може слугувати важливим фактором інтенсифікації землеробства, що

забезпечує раціональне використання біологічного і мінерального азоту, скорочення енергозатрат і поліпшення екологічного стану [12, 26].

Вирощування бобових у сівозміні забезпечує зростання врожаю інших культур і значно поліпшує його якість, посилює біологічні процеси в ґрунті внаслідок сприятливого хімічного складу кореневих та післяжнивних решток.

Отже, введення до складу сівозміни бобових культур, застосування органо-мінеральної системи удобрення є найефективнішими чинниками формування сприятливого для росту і розвитку рослин поживного режиму ґрунту.

Матеріали і методи. Польові дослідження виконано у довготривалому двофакторному стаціонарному досліді Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН з вивчення різноротаційних сівозмін із насиченням їх зерновими культурами від 50 до 100 %. Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий поверхнево оглеений з вмістом гумусу в орному (0–20 см) шарі 1,60–1,71 %, легкогідролізного азоту – 9,2–9,9, рухомого фосфору та обмінного калію – відповідно 10,8–11,13 і 9,3–9,5 мг/100 г ґрунту, суми вбирних основ – 4,4–5,0 мг-екв/100 г ґрунту. Реакція ґрунтового розчину кисла: pH_{KCl} – 4,70–4,84, гідролітична кислотність – 2,26 мг-екв/100 г ґрунту.

Кількість досліджуваних факторів – 2. Ділянки першого порядку – короткоротаційні сівозміни, другого – удобрення. Загальна площа ділянки за сівозмінним фактором становить 972 м² (72 м х 13,5 м), за удобренням: загальна – 96 м² (12 м х 8 м), облікова – 60 м² (10 м х 6 м). Розміщення варіантів і повторень систематичне. Вхідження культур у сівозміну здійснювали одночасно всіма полями. Повторність триразова. Схема досліду включала дві системи удобрення: інтенсивну (використання на гектар сівозмінної площі у чотирипільних сівозмінах 10 т гною й мінеральних добрив на рівні N_{51,2-66,2}P_{66,2-68,7}K_{66,2-68,7}, у п'ятипільних – 8 т гною й N₆₉P₇₇K₇₇) і альтернативну (одноразове заорювання за ротацію зеленого удобрення (редька олійна), соломи попередника й N_{33,1-48,1}P_{44,3-46,8}K_{44,3-46,8} у чотирипільних і N_{46,5}P_{48,5}K_{48,5} у п'ятипільних сівозмінах). За контроль взято варіант, де добрив не вносили.

Для забезпечення рослин гороху та сої поживними елементами добрива вносили в основне удобрення та при сівбі. Фосфорні і калійні добрива у вигляді суперфосфату (P₂O₅ – 18 %) і калію хлористого (K₂O – 60 %) вносили під основний обробіток ґрунту. Навесні проводили передпосівний обробіток ґрунту, який

передбачав культивування на глибину 6–8 см з прикочуванням для забезпечення оптимальних умов сівби на задану глибину. Під передпосівну культивування вносили азотні добрива у вигляді аміачної селітри ($N - 34,0 \%$).

Об'єктом дослідження були посіви гороху, які вирощували у двох зернових чотирипільних і сої – у двох зерно-просапних п'ятипільних сівозмінах. Безпосередньо під зернобобові культури за інтенсивної системи удобрення застосовували $N_{45}P_{45}K_{45}$, за альтернативної – $N_{22,5}P_{22,5}K_{22,5} +$ заорювання соломи попередника.

Відбір ґрунтових проб та підготовку їх до аналізів здійснювали згідно з ДСТУ 4287:2004 та ДСТУ ISO 11464:2001 у динаміці з шарів 0–20, 20–40 см. У відібраних зразках визначали вміст легкогідролізного азоту за ДСТУ 7863:2015, рухомого фосфору та обмінного калію – за ДСТУ 4405:2005.

Щільність будови визначали за ДСТУ ISO 11508:2005. Польову вологість ґрунту аналізували термостатно-ваговим методом згідно з ДСТУ ISO 11465:2001, запаси продуктивної вологи – розрахунковим методом.

Вміст білка визначали за ДСТУ 4117:2007, масу 1000 зерен – за ДСТУ ISO 520:2015, натуру зерна – за ГОСТ 10840-64.

Урожайність гороху і сої визначали у стані технічної стиглості методом суцільного збирання з облікових ділянок з перерахунком на стандартну вологість та чистоту кожного варіанта.

Результати досліджень узагальнювали методом дисперсійного аналізу із застосуванням програм математичної обробки Excel, Statistica 10.0.

Результати та обговорення. Рослини гороху і сої, починаючи від проростання насіння та впродовж основних етапів органогенезу, потребують оптимального співвідношення вологи, тепла і елементів живлення.

Волога – одна з найважливіших складових ґрунту, потрібна рослинам для нормального перебігу процесів життєдіяльності. Якість підготовки ґрунту, рівномірність загортання насіння, поява сходів, ріст й розвиток рослин залежать не тільки від ступеня ущільнення ґрунту, але й від кількості вологи в ньому. Крім того, вода є важливим структурним елементом рослин, вона може утримувати велику кількість тепла, що, безумовно, є основою її терморегулюючого впливу. Нагромадження й ефективне використання вологи атмосферних опадів є одним з важливих чинників формування і підвищення врожайності сільськогосподарських культур, яка є серед

важливих неконтрольованих абіотичних факторів, що обмежує продуктивність. Дефіцит вологи в ґрунті впродовж періоду вегетації польових культур, окрім негативного впливу на динаміку ростових процесів, призводить і до зниження ефективності окремих елементів технології вирощування, зокрема дії мінеральних добрив, системи захисту посівів і інших [18, 32]. Загальний стан водного режиму ґрунту в сівозміні залежить від співвідношення культур, різних щодо врожайності, тривалості вегетаційного періоду, неоднакового використання вологи з ґрунту, маси і глибини проникання кореневої системи, рівня мінерального живлення, загальної кількості атмосферних опадів та їх розподілу впродовж вегетації, температурного режиму.

Горох посівний (*Pisum sativum* L.) до вологи вимогливий, починаючи з проростання: насіння бубнявіє при поглинанні води до 115 % власної сухої маси. У посушливі роки врожайність гороху різко знижується – опадають квітки, зменшується озерненість бобів, маса 1000 насінин. Під час вегетації рослин запаси вологи в орному шарі ґрунту мають становити не менше 15 мм [15, 22, 31].

У наших дослідженнях горох сорту Оплот вирощували після попередника овес у двох чотириріпільних зернових сівозмінах з набором культур: горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – овес і горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – овес. Отримані результати наших досліджень свідчать, що запаси вологи були достатніми для рослин гороху. На час появи сходів у середньому за роки досліджень вони у шарі 0–20 см становили: польової 14,8–15,5 % та 26,5–28,0 мм продуктивної з вищим значенням вологості у сівозміні, насиченій 75 % зернових колосових культур на варіанті без удобрення. Ці показники зростали із глибиною відбору зразків і в шарі 20–40 см становили 16,–17,0 % та 31,4–33,2 мм (табл. 1). Системи удобрення забезпечували вищий рівень вологонагромадження. У верхньому шарі ґрунту на варіантах альтернативної системи за сівозмінами значення вологості варіювали в межах 27,4–28,7 мм, на інтенсивній – 28,3–29,8 мм, у шарі ґрунту 20–40 мм відповідно становили 33,2–34,0 мм та 34,0–35,1 мм (табл. 1).

Відомо, що найбільше вологи рослини гороху потребують і використовують її з ґрунту у період цвітіння – наливання плодів. Ми встановили, що у фазі цвітіння гороху, який вирощували у двох зернових сівозмінах, вміст польової та продуктивної вологи був високий. Польова вологість становила в орному шарі 17,3–18,8 та 16,7–18,0 % і в підорному – 18,0–20,8 та 17,1–20,0 %, продуктивної

вологості – відповідно 33,7–36,4 та 34,9–37,3 і 39,0–43,2 та 40,1–44,6 мм.

Дещо знижувалася польова вологість у період повної стиглості гороху і у сівозміні, насиченій 75 % зернових колосових культур, була в межах 14,7–16,3 % в орному і 16,7–18,3 % в підорному пластах, запаси продуктивної вологості ґрунту були на рівні 25,7–30,0 та 34,3–36,8 мм відповідно в шарах ґрунту. У сівозміні, насиченій 50 % зернових колосових культур, зазначені вище показники формувалися нижчими і становили: в шарах ґрунту 0–20 і 20–40 см 14,0–15,6 і 15,8–17,7 %, запаси продуктивної вологи відповідно були на рівні 24,8–28,4 і 32,6–35,6 мм.

1. Вміст польової (%) та запас продуктивної вологи (мм) у ґрунті впродовж вегетації гороху, середнє за 2016–2020 рр.

№ сіво-зміни	Вид сівозміни, варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Період визначення					
			сходи		цвітіння		повна стиглість	
			%	мм	%	мм	%	мм
Зернова, попередник овес (75 % н. з. к., 25 % зернобобові)								
1	Контроль	0–20	15,5	28,0	17,3	34,9	14,7	25,7
		20–40	17,0	33,2	18,0	40,1	16,7	34,3
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0–20	16,8	29,8	18,8	37,3	16,3	30,0
		20–40	18,6	35,1	20,8	44,6	18,3	36,8
	N _{22,5} P _{22,5} K _{22,5} + п. п.	0–20	16,1	28,7	18,0	36,0	15,4	27,3
		20–40	17,1	34,0	20,1	42,3	17,6	35,3
Зернова, попередник овес (50 % н. з. к., 25 % зернобобові, 25 % кукурудза на зерно)								
2	Контроль	0–20	14,8	26,5	16,7	33,7	14,0	24,8
		20–40	16,4	31,4	17,1	39,0	15,8	32,6
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0–20	16,3	28,3	18,0	36,4	15,6	28,4
		20–40	18,0	34,0	20,0	43,2	17,7	35,6
	N _{22,5} P _{22,5} K _{22,5} + п. п.	0–20	15,4	27,4	17,4	35,1	14,8	26,2
		20–40	16,7	33,2	19,1	41,4	17,0	34,1

Примітка. Н. з. к. – насичення зерновими колосовими, п. п. – побічна продукція.

Вимоги будь-яких сільськогосподарських культур до вологи залежать від періоду їх росту і розвитку. Для проростання зерна сої потрібен значний запас вологи (до 130–160 % своєї маси) в ґрунті. На

початку вегетації, коли соя вкорінюється, а темпи росту вегетативної маси сповільнені, вона досить добре витримує посуху. З посиленням росту вегетативної маси потреби у волозі збільшуються, досягаючи максимуму під час цвітіння рослин та розвитку плодів. Нестача вологи в цей час призводить до обпадання квіток, молодих плодів, зменшення інтенсивності фотосинтезуючого апарату, що проявляє негативний вплив на утворення бульбочок на коренях рослин і, зрештою, знижує врожай зерна [16, 29, 36].

Сою культурну (*Glycine max* L.) сорту Агат вирощували у наших дослідженнях у двох п'ятипольних зерно-просапних сівозмінах з набором культур: кукурудза на зелену масу – пшениця озима – ячмінь ярий – соя – пшениця озима і кукурудза на зелену масу – пшениця озима – гречка – соя – пшениця озима.

Аналіз отриманих результатів показав, що на період сходів сої найбільші запаси вологи у шарі ґрунту 0–20 см формувалися після ячменю ярого і, залежно від систем удобрення, становили 31,8–34,0 мм, в підорному (20–40 см) – 37,8–39,7 мм. У сівозміні, де попередником виступала гречка, запаси продуктивної вологи були нижчими на 3,8–4,4 % в орному і на 2,8–4,8 % – підорному шарах (табл. 2).

За період досліджень встановлено, що у посівах сої, як і гороху, найкращу вологоутримну здатність ґрунту забезпечили органо-мінеральні системи удобрення. За інтенсивної системи удобрення на час сходів культури залежно від попередників показники вологозабезпечення були більші на 6,5–7,0 % порівняно до контролю і на 3,0–3,8 % – до альтернативної. Така ж закономірність зберігалася і в наступних фазах вегетації.

За літературними даними, дефіцит вологи під час цвітіння – наливу зерна сої призводить до скорочення тривалості вегетаційного періоду та врожайності на 10–23 % [36].

У період цвітіння сої, коли ріст і розвиток її вегетативної маси є досить сильним, потреба у воді і елементах мінерального живлення збільшується, тому запаси вологи в ґрунті дещо зменшувалися, але були достатніми і змінювалися в орному горизонті залежно від удобрення від 25,4 до 27,8 мм після попередника ячменю ярого та від 24,1 до 26,7 мм після гречки. Високе забезпечення вологою у ці важливі періоди життєдіяльності сої сприяло зростанню продуктивності культури.

У період повної стиглості бобів сої запаси вологи у ґрунті після ячменю ярого залишаються вищими, ніж після гречки, що

свідчить про вплив попередників на вологозабезпеченість культур від початку і до завершення їх вегетаційного періоду.

За розміщення сої після ячменю ярого значення вологозапасів у верхньому і нижньому шарі становило 36,0–38,1 і 37,4–40,2 мм, після попередника гречки показники були нижчі відповідно на 3,3–4,1 і 2,1–3,5 %. Польова вологість ґрунту в посівах сої набувала значень: 17,0–19,2 і 16,5–18,7 % та 19,0–21,0 і 18,4–20,2 %.

2. Вміст польової (%) та запас продуктивної вологи (мм) у ґрунті впродовж вегетації сої, середнє за 2016–2020 рр.

№ сівозміни	Вид сівозміни, варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Період визначення					
			сходи		цвітіння		повна стиглість	
			%	мм	%	мм	%	мм
Зерно-просапна, попередник ячмінь ярий (80 % н. з. к., 20 % кукурудза на з. м.)								
6	Контроль	0–20	17,6	31,8	14,1	25,4	17,0	36,0
		20–40	19,6	37,8	16,2	31,1	19,0	37,4
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0–20	19,0	34,0	16,0	27,8	19,2	38,8
		20–40	20,8	39,7	18,6	34,0	21,0	40,2
	N _{22,5} P _{22,5} K _{22,5} + п. п.	0–20	18,2	32,8	15,3	26,6	18,1	37,1
		20–40	20,2	38,6	17,4	32,4	19,7	38,1
Зерно-просапна, попередник гречка (80 % н. з. к., 20 % кукурудза на з. м.)								
7	Контроль	0–20	16,8	30,4	13,5	24,1	16,5	34,8
		20–40	18,4	36,0	15,4	29,4	18,4	36,6
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0–20	18,5	32,7	15,2	26,7	18,7	37,2
		20–40	20,2	38,6	17,7	33,2	20,2	38,8
	N _{22,5} P _{22,5} K _{22,5} + п. п.	0–20	17,7	31,6	14,6	25,5	17,6	36,0
		20–40	19,6	37,1	16,7	31,4	19,3	37,3

Примітка. Н. з. к. – насичення зерновими культурами, з. м. – зелена маса, п. п. – побічна продукція.

Серед усіх агрофізичних показників родючості щільність ґрунту є найбільш тісно пов'язаною з урожайністю сільськогосподарських культур [7, 17]. Інтенсифікація землеробства, застосування важкої техніки та постійного обробітку сільськогосподарськими знаряддями призводить до ущільнення ґрунту. Це спричинює руйнування його структури, погіршення водно-фізичних властивостей, зменшення вмісту гумусу. Переущільнення ґрунту зумовлює погіршення розвитку рослин – коренева система має

нижчу масу і об'єм, бо ґрунт є механічною перешкодою для росту коріння, має меншу кількість пор, заповнених водою та повітрям.

Фізичні властивості ґрунту в поєднанні з іншими умовами життя рослин забезпечують високу продуктивність сільськогосподарських культур.

Оптимальна щільність для більшості культур знаходиться в межах 1,0–1,3 г/см³. За щільності 2,0 г/см³ уся волога стає недоступною для рослин, оскільки порушується капілярна та загальна пористість [20, 33].

Результатами наукових досліджень й багаторічною виробничою діяльністю в аграрній сфері доведено, що саме сівозміни є непорушною основою стабільності землеробства, бо вони позитивно впливають на всі важливі ґрунтові показники, зокрема щільність ґрунту та його режими, насамперед поживний і водний, а також на повітряний і тепловий. Позитивний вплив сівозміни може бути підсилений за рахунок розширення частки посівів багаторічних і однорічних бобових трав, зернобобових культур, використання гною, впровадження сидеральних та проміжних посівів як органічного добрива [5, 21].

Сівозмiana і місце культури в ній, впливаючи на щільність ґрунту, визначають і врожайність вирощуваних культур.

Одержані дослідні дані, які наведено в табл. 3, свідчать про зміни величини ущільнення ґрунту за час вегетаційного періоду гороху, а також залежність цього показника від структури сівозміни й попередника.

3. Щільність будови сірого лісового ґрунту впродовж вегетації рослин гороху, г/см³, середнє за 2016–2020 рр.

№ сіво- зміни	Вид сівозміни, варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Період визначення		
			сходи	цвітіння	повна стиглість
1	2	3	4	5	6
Зернова, попередник овес (75 % н. з. к., 25 % зернобобові)					
1	Контроль	0–10	1,16	1,21	1,29
		10–20	1,21	1,25	1,33
		20–30	1,25	1,30	1,36
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0–10	1,14	1,18	1,27
		10–20	1,17	1,21	1,29
		20–30	1,22	1,26	1,31
	N _{22,5} P _{22,5} K _{22,5} + п. п.	0–10	1,15	1,19	1,30
		10–20	1,19	1,23	1,32
		20–30	1,24	1,28	1,34

1	2	3	4	5	6
Зернова, попередник овес (50 % н. з. к., 25 % зернобобові, 25 % кукурудза на зерно)					
2	Контроль	0–10	1,18	1,23	1,33
		10–20	1,25	1,28	1,36
		20–30	1,28	1,32	1,39
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0–10	1,15	1,20	1,29
		10–20	1,19	1,24	1,32
		20–30	1,23	1,28	1,34
	N _{22,5} P _{22,5} K _{22,5} + п. п.	0–10	1,16	1,22	1,31
		10–20	1,20	1,26	1,34
		20–30	1,25	1,29	1,36

Примітка. Н. з. к. – насичення зерновими колосовими, п. п. – побічна продукція.

Найнижчою щільність складення була в період сходів гороху та становила в шарах 0–10, 10–20 і 20–30 см: 1,16–1,18; 1,21–1,25 та 1,25–1,28 г/см³ залежно від виду сівозмін (табл. 3). На період цвітіння культури щільність ґрунту зростала до 1,21–1,23 г/см³ у шарі 0–10 см та до 1,25–1,28 і 1,30–1,32 г/см³ відповідно в шарах 10–20 і 20–30 см. З проходженням подальших фаз вегетації гороху ґрунт ущільнювався, і на період повної стиглості культури його щільність у середньому за роки дослідження досягала за аналізованими шарами 1,29–1,33; 1,33–1,36; та 1,36–1,39 г/см³.

Внесення добрив позитивно впливало на покращання цього показника для росту й розвитку рослин гороху. Застосовані в наших дослідженнях системи удобрення (інтенсивна, альтернативна) зменшували значення об'ємної маси і знижували щільність ґрунту щодо контролю на 1,7–2,5 % у верхньому горизонті (0–10 см) та на 3,2–3,3 % у шарі ґрунту 10–20 см. Слід відзначити більше зниження щільності за інтенсивної системи удобрення порівняно з альтернативною. Відзначено вищі значення щільності складення ґрунту в горизонті 20–30 см порівняно з 0–10 см у всі періоди визначень.

Нашими дослідженнями встановлено, що щільність будови ґрунту в зерно-просапних сівозмінах впродовж вегетації сої (табл. 4) була найнижчою на період сходів та становила 1,13–1,17; 1,19–1,22 і 1,22–1,26 г/см³ у шарах 0–10, 10–20 та 20–30 см після попередника гречки та 1,12–1,15; 1,17–1,20; 1,21–1,24 г/см³ після ячменю ярого. Застосування інтенсивної (гній + мінеральні добрива) і альтернативної (сидерат, побічна продукція попередника, мінеральні добрива) систем удобрення стримувало процес ущільнення і знижувало значення

об'ємної маси ґрунту у верхньому шарі ґрунту (0–10 см) на 3,4–1,7 % після гречки і 2,6–1,74 % після ячменю ярого порівняно до контролю без удобрення.

З проходженням подальших фаз розвитку культури ґрунт ущільнювався і показники об'ємної маси щодо періоду сходів зростали. Перед збиранням у шарах 0–10; 10–20 та 20–30 см при розміщенні після ячменю ярого вони становили відповідно 1,26–1,29; 1,30–1,33; 1,33–1,36 г/см³, гречки – 1,28–1,31; 1,32–1,35 і 1,32–1,38 г/см³.

Отже, сумісне застосування органічних і мінеральних добрив на сірому лісовому ґрунті сприяє зменшенню його щільності та покращанню умов росту й розвитку рослин та формування врожаю гороха і сої.

4. Щільність будови сірого лісового ґрунту впродовж вегетації рослин сої, г/см³, середнє за 2016–2020 рр.

№ сівозміни	Вид сівозміни, варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Період визначення		
			сходи	цвітіння	повна стиглість
Зерно-просапна, попередник ячмінь ярий (80 % н. з. к., 20 % кукурудза на з.м.)					
6	Контроль	0–10	1,15	1,20	1,29
		10–20	1,20	1,24	1,33
		20–30	1,24	1,27	1,36
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0–10	1,12	1,16	1,26
		10–20	1,17	1,21	1,30
		20–30	1,21	1,24	1,33
	N _{22,5} P _{22,5} K _{22,5} + п. п.	0–10	1,13	1,18	1,27
		10–20	1,19	1,23	1,31
		20–30	1,23	1,26	1,35
Зерно-просапна, попередник гречка (80 % н. з. к., 20 % кукурудза на з. м.)					
7	Контроль	0–10	1,17	1,22	1,31
		10–20	1,22	1,26	1,35
		20–30	1,26	1,30	1,38
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0–10	1,13	1,18	1,28
		10–20	1,19	1,23	1,32
		20–30	1,22	1,26	1,35
	N _{22,5} P _{22,5} K _{22,5} + п. п.	0–10	1,15	1,20	1,30
		10–20	1,21	1,25	1,33
		20–30	1,24	1,28	1,36

Примітка. Н. з. к. – насичення зерновими культурами, з. м. – зелена маса, п. п. – побічна продукція.

Зернобобові культури відіграють важливу роль у поліпшенні родючості ґрунтів. Вони характеризуються виключно цінною здатністю зв'язувати вільний азот повітря за допомогою бульбочкових

бактерій і збагачувати ґрунт на азотні сполуки [8, 23]. Після збору зернобобових культур на 1 га в ґрунті залишається 20–70 ц/га кореневих і поживних залишків, в яких міститься 45–130 кг азоту, 10–20 кг фосфору і 20–70 кг калію [11, 25]. Азот кореневих і поживних залишків зернобобових культур практично не вимивається, оскільки мінералізується поступово [13, 30]. Вирощування бобових у сівозміні забезпечує зростання врожаю інших культур і значно поліпшує його якість.

Аналізуючи результати динаміки поживного режиму під зернобобовими, а саме під горохом (табл. 5), ми бачимо, що найбільше забезпечення рослин елементами живлення було у фазі їх сходів.

Внесення безпосередньо під горох мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{45}K_{45}$ за післядії гною в обох 100 % зернових сівозмінах сприяло накопиченню в шарі 0–20 і 20–40 см лужногідролізного азоту в межах 12,08–11,97 і 10,50–10,62, рухомого фосфору – 12,97–13,13 і 11,86–11,97, обмінного калію – 11,57–11,67 і 10,23–10,32 мг/100 г ґрунту. У фазі цвітіння вміст доступних елементів знижувався у зв'язку з високим використанням їх рослинами гороху. Вміст лужногідролізного азоту становив у шарі 0–20 см 11,09–11,21 мг/100 г ґрунту, рухомого фосфору – 11,08–11,44 мг/100 г ґрунту, обмінного калію – 10,43–10,57 мг/100 г ґрунту залежно від насичення зерновими колосовими культурами у сівозмінах. Найнижчий вміст елементів живлення відзначено у фазі повної стиглості насіння гороху: за органо-мінеральної системи удобрення в орному шарі – 10,50–10,61 мг/100 г ґрунту лужногідролізного азоту, 10,86–11,25 мг/100 г ґрунту рухомого фосфору і 10,19–10,28, мг/100 г ґрунту обмінного калію (табл. 5). На варіанті без застосування удобрення забезпечення рослин елементами живлення було найнижчим у всіх фазах вегетації культури.

Такі ж закономірності в перерозподілі поживних елементів (табл. 6) спостерігали і в посівах сої: найвищий їх вміст був на час сходів культури і становив 11,64–11,75 мг/100 г ґрунту лужногідролізного азоту, 12,71–12,86 мг/100 г ґрунту рухомого фосфору, 11,45–11,63 мг/100 г ґрунту обмінного калію в орному горизонті на варіанті використання гною і мінеральних добрив відповідно після попередників ячменю ярого і гречки. До кінця вегетації сої кількість рухомих форм основних елементів живлення зменшувалася внаслідок використання їх культурою для росту і біопродукування.

5. Динаміка поживного режиму під горохом за фазами вегетації, мг/100 г ґрунту, середнє за 2016–2020 рр.

Удобрення гороху	Шар ґрунту, см	Час відбору зразків ґрунту								
		сходи		цвітіння		повна стиглість				
		N лужно-гідролізний	P ₂ O ₅	K ₂ O	N лужно-гідролізний	P ₂ O ₅	K ₂ O	N лужно-гідролізний	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зернова, попередник овес (75 % н. з. к., 25 % зернобобові)										
Контроль	0–20	9,95	10,49	9,69	9,58	9,88	9,15	9,25	9,78	9,05
	20–40	8,83	9,75	8,55	8,53	9,19	8,11	8,18	9,11	8,05
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0–20	11,97	12,97	11,57	11,09	11,08	10,43	10,50	10,86	10,19
	20–40	10,50	11,86	10,23	9,98	10,38	9,41	9,38	10,30	9,17
N _{22,5} P _{22,5} K _{22,5} + п. п.	0–20	11,00	11,60	11,31	10,48	10,59	10,05	10,10	10,49	9,88
	20–40	10,37	10,90	10,10	9,91	9,74	9,12	9,21	9,70	8,94
Зернова, попередник овес (50 % н. з. к., 25 % зернобобові, 25 % кукурудза на зерно)										
Контроль	0–20	10,04	10,58	9,73	9,67	10,15	9,26	9,37	10,10	9,17
	20–40	8,90	9,83	8,61	8,58	9,32	8,22	8,26	9,25	8,14
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0–20	12,08	13,13	11,67	11,21	11,44	10,57	10,61	11,25	10,28
	20–40	10,62	11,97	10,32	10,04	10,48	9,54	9,47	10,42	9,24
N _{22,5} P _{22,5} K _{22,5} + п. п.	0–20	11,18	11,78	11,44	10,60	10,72	10,15	10,21	10,60	9,95
	20–40	10,46	11,00	10,27	9,97	10,01	9,27	9,30	9,88	9,00

Примітка. Н. з. к. – насичення зерновими колосовими, п. п. – побічна продукція.

6. Динаміка поживного режиму під соєю за фазами вегетації, мг/100 г ґрунту, середнє за 2016–2020 рр.

Удобрєння сої	Шар ґрунту, см	Час відбору зразків ґрунту								
		сходи		цвітіння		повна стиглість				
		N лужно-гідролізний	P ₂ O ₅	K ₂ O	N лужно-гідролізний	P ₂ O ₅	K ₂ O	N лужно-гідролізний	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зерно-просапна, попередник ячмінь ярий (80 % н. з. к., 20 % кукурудза на з. м.)										
Контроль	0–20	9,86	10,43	9,57	9,49	10,08	9,09	8,97	10,41	8,60
	20–40	8,77	9,65	8,47	8,46	9,37	8,11	8,13	8,89	7,69
	0–20	11,75	12,86	11,63	11,19	12,36	10,93	10,49	11,24	10,27
	20–40	10,45	11,74	10,28	10,05	11,29	9,73	9,57	10,51	9,37
N _{22,5} P _{22,5} K _{22,5} + п. п.	0–20	10,82	11,48	11,32	10,31	11,03	10,68	9,68	10,17	9,96
	20–40	10,30	10,76	10,12	9,95	10,35	9,64	9,53	9,68	9,16
Зерно-просапна, попередник гречка (80 % н. з. к., 20 % кукурудза на з. м.)										
Контроль	0–20	9,75	10,28	9,46	9,38	9,93	8,98	8,82	9,26	8,43
	20–40	8,68	9,54	8,33	8,37	9,26	7,97	8,00	8,78	7,55
	0–20	11,64	12,71	11,45	11,08	12,21	10,75	10,34	11,09	10,11
	20–40	10,36	11,62	10,16	9,96	11,17	9,60	9,44	10,39	9,21
N _{22,5} P _{22,5} K _{22,5} + п. п.	0–20	10,74	11,36	11,23	10,25	10,91	10,59	9,58	10,00	9,87
	20–40	10,21	10,62	10,05	9,86	10,21	9,57	9,40	9,54	9,06

Примітка. Н. з. к. – насичення зерновими культурами, з. м. – зелена маса, п. п. – побічна продукція.

У фазі повної стиглості на зазначеному варіанті у двох сівозмінах після попередників ячменю ярого і гречки їх вміст знаходився на рівні 10,34–10,49 мг/100 г ґрунту лужногідролізного азоту, 11,09–11,24 мг/100 г ґрунту рухомого фосфору, 10,11–10,27 мг/100 г ґрунту обмінного калію.

Горох згідно зі схемою досліджень висівали у двох зернових сівозмінах, де зернові колосові в структурі посівних площ займали 75 і 50 % після єдиного попередника вівса. Основні елементи структури врожаю, такі як кількість квіток, бобів і насінин, маса насіння тощо, прямо пов'язані з формуванням зернової продуктивності. На думку М. І. Кондратенка [20], важливо сформувати оптимальні показники структури врожаю, оскільки між кількістю бобів на рослині, кількістю зерен на рослині, масою зерна з рослини та врожайністю існує пряма кореляційна залежність.

Рівень зернової продуктивності зернобобових культур, і зокрема гороху, визначається комбінацією параметрів структури врожаю, основними з яких є кількість рослин на одиниці площі, кількість бобів на рослині, кількість насінин у бобі, маса 1000 насінин, маса насіння з рослини та інші [24].

Важливим чинником формування врожайності гороху є густина продуктивного стеблостою. У середньому за роки досліджень застосування альтернативної системи удобрення сприяло формуванню 104,1–106,4 шт. продуктивних стебел на 1 м², що перевищило показники контролю на 2,7–3,1 шт./м². Найвищі показники (106,2–108,4 шт./м²) густоти продуктивних стебел отримали на варіанті інтенсивної системи удобрення залежно від структури сівозміни. Зазначена вище система удобрення формувала і найвищі показники індивідуальної продуктивності рослин гороху, кількість бобів на одній рослині та кількість насінин в одному бобі, що становили відповідно 3,32–3,43 та 3,46–3,58 шт. Найбільше змінювалися під впливом добрив показники маси зерна з рослини і маси 1000 зерен. Маса зерна з рослини залежно від виду сівозміни зростає з 2,47–2,53 г на контролі до 3,9–4,11 г за внесення елементів живлення в дозі N₄₅P₄₅K₄₅, а маса 1000 зерен – відповідно з 204–212 г до 237–244 г, що і стало основою зростання врожайності зерна. Застосування безпосередньо під культуру N₄₅P₄₅K₄₅ сприяло формуванню маси 1000 зерен в обох сівозмінах на рівні 237–244 г з натурною вагою відповідно 779–789 г/л (табл. 8). За альтернативної системи при внесенні N_{22,5}P_{22,5}K_{22,5} + побічна продукція ці показники набували нижчих значень і за сівозмінами становили відповідно 226–235 та 761–771 г/л. На

варіантах без добрив фізичні показники якості зерна гороху (його натурної маси і маси 1000 зерен) були низькими і в середньому за п'ять років становили 703–711 г/л і 204–212 г. Вищі значення структури врожаю гороху формувалися у сівозміні, насиченій 50 % зернових культур.

Удобрення є одним з ключових факторів підвищення продуктивності зернобобових культур. Головною умовою одержання високих урожаїв належної якості є оптимальне живлення рослин, досягти якого без застосування добрив неможливо [6, 37, 38].

Для формування 1 т зерна і відповідної кількості соломи горох споживає 50–60 кг азоту, 15–20 фосфору, 25–30 калію, 20–25 кальцію, 8–13 кг магнію, мікроелементи, насамперед бор і молібден [24, 34, 35]. Коренева система гороху володіє посиленою здатністю поглинати фосфор і калій з орного та підорного шарів ґрунту. Однак, незважаючи на це, застосування фосфорних і калійних добрив значно підвищує врожайність і якість зерна гороху [14, 27].

На варіантах застосування повної дози мінеральних добрив ($N_{45}P_{45}K_{45}$) при інтенсивній органо-мінеральній системі в обох сівозмінах одержано найвищий врожай зерна гороху (2,51–2,64 т/га) (табл. 7).

7. Урожайність зерна гороху в зернових сівозмінах (2016–2020 рр.)

№ сівозміни	Вид сівозміни, варіант удобрення	Урожайність, т/га	
		зерна	соломи
Зернова, попередник овес (75 % н. з. к., 25 % зернобобові)			
1	Контроль	1,78	1,90
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	2,51	2,79
	$N_{22,5}P_{22,5}K_{22,5}$ + п. п.	2,23	2,35
Зернова, попередник овес (50 % н. з. к., 25 % зернобобові, 25 % кукурудза на зерно)			
2	Контроль	1,87	2,05
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	2,64	2,90
	$N_{22,5}P_{22,5}K_{22,5}$ + п. п.	2,34	2,45

НР ₀₅ , т/га	попередники	0,07
	удобрення	0,11
	взаємодія попередники + удобренья	0,15

Примітка. Н. з. к. – насичення зерновими колосовими, п. п. – побічна продукція.

Сумісне використання половинної дози мінеральних добрив $N_{22,5}P_{22,5}K_{22,5}$ із заорюванням соломи попередника вівса в альтернативній системі удобрення забезпечувало рівень урожайності культури в середньому 2,23–2,34 т/га. Найнижча продуктивність зерна гороху (1,78–1,87 т/га) була на неудобрених варіантах.

Вищий рівень урожайності гороху отримано у сівозміні із 50-відсотковим насиченням зерновими колосовими. У сівозміні, насиченій 75 % колосових, урожайність гороху була на 0,09–0,13 т/га нижчою залежно від удобрення.

Важливою складовою практичної реалізації будь-якої системи землеробства поруч з отриманням вагомих урожаїв є якість продукції.

Вивчення якісних показників зерна гороху показало, що органо-мінеральні системи підвищують його якість.

Найвищий уміст білка (22,8 %) у зерні гороху отримано на варіанті використання мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{45}K_{45}$ на фонах післядії гною у сівозміні, насиченій 50 % зернових колосових. На контролі він становив 21,1 %.

8. Вплив удобрення на якісні показники зерна гороху (2016–2020 рр.)

№ сівозміни	Вид сівозміни, варіант удобрення	Маса 1000 зерен, г	Натурна вага, г/л
Зернова, попередник овес (75 % н. з. к., 25 % зернобобові)			
1	Контроль	204	703
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	237	779
	$N_{22,5}P_{22,5}K_{22,5}$ + п. п.	226	761
Зернова, попередник овес (50 % н. з. к., 25 % зернобобові, 25 % кукурудза на зерно)			
2	Контроль	212	711
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	244	789
	$N_{22,5}P_{22,5}K_{22,5}$ + п. п.	235	771

Примітка. Н. з. к. – насичення зерновими колосовими, п. п. – побічна продукція.

Перехід до ринкової економіки спонукав виробників сільськогосподарської продукції перерозподілити культури на економічно привабливі і непривабливі, перейти на інтенсивні системи вирощування та скорочення ротації сівозмін.

У сучасних умовах соя виступає однією зі стратегічних культур, площі посіву якої значно зростають у Карпатському регіоні. Тому дослідження умов реалізації потенціалу продуктивності

культури, раціонального її розміщення в сівозмінах, підбору попередників та рівня удобрення має важливе значення.

Урожайність зерна сої значною мірою залежить від показників сортової продуктивності, кількості бобів і насінин у бобі, маси 1000 зерен. Результати досліджень структури врожаю сої показали, що максимальна кількість бобів на рослині і зерен з однієї рослини (16,7–17,6 і 34,2–36,5 шт.) формувалася на варіанті безпосереднього внесення під культуру $N_{45}P_{45}K_{45}$ і післядії 40 т/га гною залежно від попередника, що було на 1,9–2,3 та 5,6–6,6 шт. більше порівняно з контролем. Таку ж тенденцію відзначено щодо показників маси зерна з однієї рослини і маси 1000 зерен, які збільшувалися за внесення добрив під культуру. На контролі (без добрив) за сівозмінами значення маси зерна з однієї рослини сої становило 4,58–4,97 г, маси 1000 зерен – 160,4–166,4 г, і ці показники підвищувалися на 1,45–1,6 та 14,4–15,9 г за внесення в ґрунт мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{45}K_{45}$.

За результатами досліджень у середньому за п'ять років максимальний урожай сої у п'ятипільних зерно-просапних сівозмінах при попереднику ячмінь ярий (2,25 т/га) та гречка (2,13 т/га) формувалася за інтенсивної системи удобрення (післядії гною + $N_{45}P_{45}K_{45}$). Використання мінеральних добрив у нормі $N_{22,5}P_{22,5}K_{22,5}$ + побічна продукція попередників + післядії сидерату редька олійна забезпечило продуктивність культури відповідно на рівні 1,84 і 1,76 т/га, на контролі (без добрив) – 1,38 і 1,43 т/га. Урожай соломи знаходився в прямій залежності від урожаю зерна.

9. Урожайність зерна сої в зерно-просапних сівозмінах (2016–2020 рр.)

№ сівозміни	Вид сівозміни, варіант удобрення	Урожайність, т/га	
		зерна	соломи
Зерно-просапна, попередник ячмінь ярий (80 % н. з. к.)			
6	Контроль	1,43	1,60
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	2,25	2,54
	$N_{22,5}P_{22,5}K_{22,5}$ + п. п.	1,84	2,04
Зерно-просапна, попередник гречка (80 % н. з. к.)			
7	Контроль	1,38	1,51
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	2,13	2,38
	$N_{22,5}P_{22,5}K_{22,5}$ + п. п.	1,76	1,92
НР ₀₅ , т/га	попередники	0,06	
	удобрення	0,11	
	взаємодія попередники + удобрення	0,14	

Примітка. П. п. – побічна продукція, н. з. к. – насичення зерновими культурами.

Проблема збільшення врожайності сільськогосподарських культур із високою якістю є актуальною і на сучасному етапі розвитку аграрного виробництва. Одним із важливих резервів збільшення врожайності і якості насіння сої є науково обґрунтований підхід до вибору попередників [28]. Аналіз результатів досліджень вмісту сирого білка і жиру в насінні сої показав, що залежно від досліджуваних чинників, уміст білка в насінні сої варіював від 35,0 до 37,6 %, а жиру – від 17,7 до 19,7 % (табл. 9).

Найвищі значення вмісту білка (37,6 %) і жиру (19,7 %) у насінні сої отримано за її розміщення після ячменю ярого на фоні гною і безпосереднього внесення мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{45}K_{45}$. На контролі вони були найнижчі і становили 36,1 % білка, 18,7 % жиру.

Висновки. Запаси продуктивної вологи під посівами зернобобових культур в орному шарі ґрунту залежали від структури сівозміни й попередників. За середніми даними (2016–2020 рр.), у період сходів вони були достатніми для росту і розвитку рослин й становили: під горохом – 26,5–28,0 мм, соєю – 30,4–31,8 мм. Ці показники зростали із глибиною відбору зразків і в шарі 20–40 см становили під горохом – 31,4–33,2 мм, соєю – 36,0–37,8 мм. Системи удобрення забезпечували вищий рівень нагромадження вологи. Порівняно до контролю на варіантах альтернативної системи удобрення під горохом значення вологості ґрунту були вищими на 1,8–2,4 %, під соєю – на 3,0–3,8 %; за інтенсивної відповідно за культурами – на 6,0–6,4 і 6,5–7,0 %. З проходженням подальших фаз вегетації значення вологості ґрунту значно змінювалися залежно від випадання опадів, їх розподілу впродовж періоду вегетації та інтенсивності використання культурами сівозмін.

Щільність будови ґрунту під зернобобовими культурами сівозмін була найнижчою в початковій фазі їх розвитку й збільшувалася протягом вегетації. Застосування інтенсивної (гній + мінеральні добрива) і альтернативної (сидерат, побічна продукція, мінеральні добрива) систем удобрення стримувало процес ущільнення під соєю і знижувало значення об'ємної маси в шарі ґрунту 0–10 см на 3,4–1,7 % після ячменю ярого і 2,6–1,74 % – після гречки порівняно до контролю без удобрення.

Найвищий уміст лужногідролізного азоту як у посівах гороху, так і сої (11,97–12,08 та 11,64–11,75 мг/100 г ґрунту), рухомого фосфору (12,97–13,13 та 12,71–12,86 мг/100 г ґрунту) й обмінного калію (11,57–11,67 та 11,45–11,63 мг/100 г ґрунту) в орному шарі був у фазі їх сходів на варіанті використання 40 т/га гною у сівозміні і

безпосереднього внесення під ці культури мінерального удобрення у дозі $N_{45}P_{45}K_{45}$.

Визначальний вплив на величину врожайності зернобобових культур проявляли системи удобрення. Застосування безпосередньо $N_{45}P_{45}K_{45}$ і заорювання один раз за ротацію 40 т/га гною забезпечувало урожай гороху на рівні 2,51–2,64 т/га в зернових та сої – 2,13–2,25 т/га у зерно-просапних короткоротаційних сівозмінах.

Найкращі якісні показники (18,86–18,70 і 37,7–38,6 % білка і 19,0–19,7 % жиру) зерна гороху і сої можна отримати від сумісного використання органічних і мінеральних добрив у короткоротаційних сівозмінах.

Список використаної літератури

1. Андрієнко А. Л. Вплив збільшення частки сої в структурі посівних площ та систем удобрення на її урожайність та якість насіння. *Корми і кормовиробництво* : міжвід. темат. наук. зб. 2010. Вип. 66. С. 128–132.
2. Андрієнко А. Л., Мащенко Ю. В. Вплив різного насичення сівозмін соєю на її продуктивність. *Агроном*. 2011. № 1. С. 140–143.
3. Бабич А. О., Бабич А. А. Зернові бобові культури у вирішенні глобальної продовольчої проблеми. *Збірник наукових праць СГІ-НЦНС*. 2010. Вип. 15 (55). С. 153–166.
4. Бабич А. О., Бабич А. А. Світові та вітчизняні тенденції розміщення, виробництва і використання сої для розв'язання проблеми білка. *Корми і кормовиробництво* : міжвід. темат. наук. зб. 2012. Вип. 71. С. 12–26.
5. Бабич А. О., Молдован В. Г., Молдован Ж. А. Стан та перспективи вирощування сої в умовах Волино-Подільського Лісостепу. *Корми і кормовиробництво* : міжвід. темат. наук. зб. 2011. Вип. 69. С. 96–100.
6. Бахмат М. І., Бахмат О. М. Формування сортової врожайності сої в умовах Лісостепу Західного. *Корми і кормовиробництво* : міжвід. темат. наук. зб. 2012. Вип. 73. С. 138–144.
7. Бахмат О. М. Моделювання адаптивної технології вирощування сої.

References

1. Andriienko A. L. Influence of increasing the share of soybeans in the structure of sown areas and fertilizer systems on its yield and seed quality. *Kormy i kormovyrobnytstvo* : mizhvid. temat. nauk. zb. 2010. Issue 66. P. 128–132.
2. Andriienko A. L., Mashchenko Yu. V. Influence of different saturation of soybean crop rotations on its productivity. *Ahronom*. 2011. No 1. P. 140–143.
3. Babych A. O., Babych A. A. Grain legumes in solving the global food problem. *Zbirnyk naukovykh prats SHI-NTsNS*. 2010. Issue 15 (55). P. 153–166.
4. Babych A. O., Babych A. A. Global and domestic trends in the placement, production and use of soybeans to solve the problem of protein. *Kormy i kormovyrobnytstvo* : mizhvid. temat. nauk. zb. 2012. Issue 71. P. 12–26.
5. Babych A. O., Moldovan V. H., Moldovan Zh. A. Status and prospects of soybean cultivation in the Volyn-Podilsky Forest-Steppe. *Kormy i kormovyrobnytstvo* : mizhvid. temat. nauk. zb. 2011. Issue 69. P. 96–100.
6. Bakhmat M. I., Bakhmat O. M. Formation of soybean varietal yield in the conditions of the Western Forest-Steppe. *Kormy i kormovyrobnytstvo* : mizhvid. temat. nauk. zb. 2012. Issue 73. P. 138–144.

Кам'янець-Подільський, 2012. 436 с.

8. Біологічний азот у системі землеробства / В. П. Патики та ін. *Землеробство* : міжвід. темат. наук. зб. 2015. Вип. 2 (89). С. 12–20.

9. Бойко П. І., Коваленко Н. П., Опара М. М. Ефективні різноротаційні сівозміни у сучасному землеробстві. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 3. С. 20–32.

10. Бойко П. І., Літвінов Д. В. Ефективність короткоротаційних сівозмін у сучасних системах землеробства. *Землеробство* : міжвід. темат. наук. зб. 2015. Вип. 2. С. 38–46.

11. Вплив добрив у сівозміні на родючість ґрунту і продуктивність культур / С. Е. Дегодюк та ін. *Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2010. Вип. 4. С. 3–10.

12. Гадзало Я., Камінський В., Сайко В. Сівозміни в землеробстві України. *Аграрний тиждень*. 2015. № 4/5. С. 14–16.

13. Гангур В. В., Лень О. І., Гангур Ю. М. Продуктивність короткоротаційних сівозмін за максимальної частки в них сої та кукурудзи при вирощуванні в умовах недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України. *Зернові культури*. 2017. Т. 1, № 2. С. 313–319.

14. Гангур В. В. Урожайність і якість зерна гороху залежно від попередників та насиченості різноротаційних сівозмін в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Зернові культури*. 2017. Т. 1, № 1. С. 129–133.

15. Горох: не забуваємо «старі» культури / М. Цехмейструк та ін. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 3 (274). С. 30–33.

16. Григорчук Н. Ф., Якубенко О. В. Створення сортів сої скоростиглого типу. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2013. № 19. С. 43–48.

17. Дворецька С. П., Костина Т. П. Особливості формування врожаю сортів гороху залежно від рівня удобрення в Північному Лісостепу. *Наукові доповіді НУБІП*. 2012. № 5 (34). С. 1–11.

7. Bakhmat O. M. Modeling of adaptive technology of soybean cultivation. *Kamianets-Podilskiyi*, 2012. 436 p.

8. Biological nitrogen in the system of agriculture / V. P. Patyka et al. *Zemlerobstvo* : mizhvid. temat. nauk. zb. 2015. Issue 2 (89). P. 12–20.

9. Boiko P. I., Kovalenko N. P., Opara M. M. Effective multi-rotation crop rotations in modern agriculture. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2014. No 3. P. 20–32.

10. Boiko P. I., Litvinov D. V. Efficiency of short-rotation crop rotations in modern systems of agriculture. *Zemlerobstvo* : mizhvid. temat. nauk. zb. 2015. Issue 2. P. 38–46.

11. Influence of fertilizers in crop rotation on soil fertility and crop productivity / S. E. Dehodiuk, et al. *Zb. nauk. pr. NNTs «Instytut zemlerobstva UAAAN»*. 2010. Issue 4. P. 3–10.

12. Hadzalo Ya., Kaminski V., Sai-ko V. Crop rotation in agriculture of Ukraine. *Ahrarnyi tyzhden*. 2015. No 4/5. P. 14–16.

13. Hanhur V. V., Len O. I., Hanhur Yu. M. Productivity of short-rotation crop rotations with the maximum share of soybeans and corn in them when grown in conditions of insufficient moisture of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Zernovi kultury*. 2017. Vol. 1, No 2. P. 313–319.

14. Hanhur V. V. Yield and quality of pea grain depending on predecessors and saturation of rotational crop rotations in the conditions of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Zernovi kultury*. 2017. Vol. 1, No 1. P. 129–133.

15. Peas: we do not forget the «old» culture / M. Tsekhmeistruk et al. *Ahrobiznes sьогодni*. 2014. No 3 (274). P. 30–33.

16. Hryhorchuk N. F., Yakubenko O. V. Creation of soybean varieties of precocious type. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliynikh kultur NAAN*. 2013. No 19. P. 43–48.

17. Dvoretzka S. P., Kostyna T. P. Peculiarities of pea variety harvest

18. Зарішняк А. С., Цвей Я. П., Іваніна В. В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах : монографія. Київ, 2015. 207 с.
19. Іваніна В. В. Енергетична ефективність вирощування сільськогосподарських культур у зернових ланках сівозміни. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 110 (1). С. 82–87.
20. Ільєнко О. В. Формування врожайності гороху вусатого морфологічного типу під впливом добрив та норм висіву насіння в умовах Північного Степу. *Бюлетень Інституту сільськогосподарства степової зони НААН України*. 2013. № 4. С. 33–37.
21. Квасніцька Л. С. Ефективність вирощування сої у п'ятипольних сівозмінах. *Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2012. Вип. 1/2. С. 20–25.
22. Кірілеско О. Л., Мовчан К. І. Формування врожайності зернобобових культур в умовах Західного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво : міжвід. темат. наук. зб.* 2016. Вип. 82. С. 127–132.
23. Костина Т. П. Вплив мінеральних добрив на формування асиміляційної поверхні та продуктивність сортів гороху. *Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2012. Вип. 1/2. С. 86–93.
24. Крижанівський В. Г. Економічна та енергетична ефективність вирощування гороху, пшениці озимої та буряку цукрового за різних заходів основного обробітку ґрунту. *Агробіологія*. 2015. № 1. С. 27–30.
25. Матвійчук Н. Г. Агрохімічна оцінка систем удобрення в сівозміні Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 2. С. 5–11.
26. Материнський П. В. Агротехнічне значення зернобобових культур у короткоротаційних сівозмінах. *Корми і кормовиробництво : міжвід. темат. наук. зб.* 2010. Вип. 67. С. 82–87.
27. Молдован В. Г., Квасніцька Л. С. Продуктивність сівозмін з різним formation depending on the level of fertilizer in the northern Forest-Steppe. *Naukovi dopovidi NUBiP*. 2012. No 5 (34). P. 1–11.
18. Zaryshniak A. S., Tsvei Ya. P., Ivanina V. V. Optimization of fertilizer and soil fertility in crop rotations : monograph. Kyiv, 2015. 207 p.
19. Ivanina V. V. Energy efficiency of growing crops in grain crop rotation. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2019. No 110 (1). P. 82–87.
20. Iliencko O. V. Formation of pea-shaped morphological yield under the influence of fertilizers and sowing rates in the Northern Steppe. *Biuletyn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*. 2013. No 4. P. 33–37.
21. Kvasnitska L. S. Efficiency of soybean cultivation in five-field crop rotations. *Zb. nauk. pr. NNTS «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 2012. Issue. 1/2. P. 20–25.
22. Kirilesko O. L., Movchan K. I. Formation of legume yields in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Kormy i kormovyrobnystvo : mizhvid. temat. nauk. zb.* 2016. Issue 82. P. 127–132.
23. Kostyna T. P. Influence of mineral fertilizers on the formation of the assimilation surface and productivity of pea varieties. *Zb. nauk. pr. NNTS «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 2012. Issue 1/2. P. 86–93.
24. Kryzhanivskiy V. H. Economic and energy efficiency of growing peas, winter wheat and sugar beet under various measures of basic tillage. *Ahrobiolohiia*. 2015. No 1. P. 27–30.
25. Matviichuk N. H. Agrochemical evaluation of fertilizer systems in crop rotation. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2018. No 2. P. 5–11.
26. Materynskyi P. V. Agrotechnical significance of legumes in short-rotation crop rotations. *Kormy i kormovyrobnystvo : mizhvid. temat. nauk. zb.* 2010. Issue 67. P. 82–87.
27. Moldovan V. H., Kvasnitska L. S. Productivity of crop rotations with different

- насиченням бобовими культурами у Західному Лісостепу. *Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2009. Вип. 3. С. 49–55.
28. Панасюк Р. М. Продуктивність і якість зерна сої залежно від сорту та інокуляції на різних фонах удобрення в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2009. Вип. 51 (II). С. 104–109.
29. Петриченко В. Ф. Агроекологічні аспекти адаптивної технології вирощування сої в Лісостепу Західному. *Посібник українського хлібороба*. 2013. Т. 2. С. 177–185.
30. Попова Л. В. Порівняння біопрепаратів, створених на основі фосфатомобілізуючих і азотфіксувальних бактерій. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25 (3). С. 26–32.
31. Рябокіль Т. М., Дворецька С. П., Єфіменко Г. М. Продуктивність сортів гороху залежно від рівня інтенсифікації технології вирощування. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2014. Вип. 16. С. 212–217.
32. Сінченко В. В., Танчик С. П., Літвінов Д. В. Вплив різних способів обробки ґрунту на агрофізичні показники чорнозему типового Правобережного Лісостепу України. *Рослинництво і ґрунтознавство*. 2019. Т. 10, № 2. С. 41–49.
33. Соя (*Glicine max* (L.) Merr.) : монографія / В. В. Кириченко та ін. Харків, 2016. 400 с.
34. Сторчоус І. Захист гороху від хвороб: хімічний контроль та агротехніка. *Агробізнес сьогодні*. 2016. № 12 (331). С. 48–54.
35. Телекало Н. В. Формування показників індивідуальної продуктивності зерна інтенсивних сортів гороху. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 22. С. 78–83.
36. Чинчик О. С. Тривалість вегетаційного періоду та фаз росту і розвитку рослин сої залежно від сортових особливостей та удобрення. *Корми і кормовиробництво* : міжвід. темат. наук. saturation of legumes in the Western Forest-Steppe. *Zb. nauk. pr. NNTs «Instytut zemlerobstva UAAAN»*. 2009. Issue 3. P. 49–55.
28. Panasiuk R. M. Productivity and quality of soybean grain depending on the variety and inoculation on different fertilizer backgrounds in the Western Forest-Steppe. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2009. Issue 51 (II). P. 104–109.
29. Petrychenko V. F. Agroecological aspects of adaptive technology of soybean cultivation in the Western Forest-Steppe. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba*. 2013. Vol. 2. P. 177–185.
30. Popova L. V. Comparison of biological products based on phosphate-mobilizing and nitrogen-fixing bacteria. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. 2015. Issue 25 (3). P. 26–32.
31. Riabokin T. M., Dvoretzka S. P., Yefimenko H. M. Productivity of pea varieties depending on the level of intensification of cultivation technology. *Visnyk Tsentru naukovoho zabezpechennia APV Kharkivskoi oblasti*. 2014. Issue 16. P. 212–217.
32. Sinchenko V. V., Tanchyk S. P., Litvinov D. V. Influence of different methods of tillage on agrophysical indicators of chernozem of typical Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Roslynnnytstvo i gruntoznavstvo*. 2019. Vol. 10, No 2. P. 41–49.
33. Soy (*Glicine max* (L.) Merr.) : monograph / V. V. Kyrychenko et al. Kharkiv, 2016. 400 p.
34. Storchous I. Protection of peas from diseases: chemical control and agricultural techniques. *Ahrobiznes sohodni*. 2016. No 12 (331). P. 48–54.
35. Telekalo N. V. Formation of indicators of individual productivity of grain of intensive varieties of peas. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*. 2014. Issue 22. P. 78–83.
36. Chynchik O. S. The duration of the growing season and phases of growth and

зб. 2016. Вип. 82. С. 133–137.

37. Чинчик О. С. Фотосинтетична діяльність та урожайність сортів сої залежно від удобрення. *Зб. наук. пр. Уманського національного університету садівництва*. 2017. Вип. 90 (1). С. 246–255.

38. Чинчик О. С. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від елементів технології вирощування в Західному Лісостепу України. *Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур* : тези доп. V Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених / Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків, МАППУ, Укр. ін-т експертизи сортів рослин (Вінниця, 29–30 верес. 2016 р.). Київ, 2016. С. 90.

development of soybean plants depending on varietal characteristics and fertilizers. *Kormy i kormovyrobnytsvo* : mizhvid. temat. nauk. zb. 2016. Issue 82. P. 133–137.

37. Chynchyk O. S. Photosynthetic activity and yield of soybean varieties depending on fertilizer. *Zb. nauk. pr. Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytsva*. 2017. Issue 90 (1). P. 246–255.

38. Chynchyk O. S. Photosynthetic productivity of soybean crops depending on the elements of cultivation technology in the western forest-steppe of Ukraine. *Novitni tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur* : tezy dop. V Mizhnar. nauk.-prakt. konf. molodykh vchenykh / In-t bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv, MAPPU, Ukr. in-t ekspertyzy sortiv roslin (Vinnytsia, 29–30 veres. 2016 r.). Kyiv, 2016. P. 90.

Отримано 04.05.2022

Погоджено до друку 22.05.2022