



Рис. 1. Різниця у розвитку досліджуваних рослин

Джерело: авторські дослідження.

Таким чином, результати нашого досліду, свідчать про те, що внесення з посівом мікрогранульоване добриво «Agristart Magnum», яке містить мікроелементи (а також регулятори росту), дозволяє отримати потужні та дружні сходи, кращий розвиток вторинної кореневої системи, що в подальшому вплинуло на кращу зимостійкість рослин озимої пшениці в порівнянні з традиційно застосовуваної Нітроамофоскою.

6.4. Формування поживного режиму ґрунту в органічному землеробстві

*Писаренко В. М., Писаренко П. В., Писаренко В. В.,
Горб О. О., Чайка Т. О.
Полтавська державна аграрна академія*

Система органічного землеробства базується на створенні агроєкосистем, максимально наближених до природних формацій. Вона враховує базовий принцип розвитку планети, оскільки виникнення життя на Землі забезпечувалося двома глобальними процесами, які і нині, і в майбутньому будуть підтримувати розвиток біосфери. До них належить фотосинтез і азотфіксація в усіх їх проявах. Саме регулювання цих процесів найактивніше відбувається в органічному землеробстві, оскільки його технологічні прийоми забезпечують ефективне використання позитивних факторів навколишнього середовища,

насамперед, шляхом збільшення їхньої питомої ваги у процесі продукування основних біотичних компонентів. Насамперед цьому сприяє використання багаторічних бобових трав, гною та сидеральних культур, що забезпечує підвищення впливу сонячної енергії, біологічної фіксації азоту з атмосфери й ґрунту та покращання умов життєдіяльності ґрунтової біоти.

У природі існує тісний взаємозв'язок між фотосинтезом і симбіотичною фіксацією азоту. Завдяки азотфіксації рослини забезпечуються безперервним азотним живленням в оптимальних дозах, а в процесі фотосинтезу утворюються вуглеводи, які далі використовуються для синтезу всіх органічних речовин.

Потужний резервуар азоту – земна атмосфера, де його запаси становлять близько 4 трлн т (об'ємна частка газоподібного азоту в атмосфері – 78,09 %, масова – 75,6 %). Над кожним гектаром земної поверхні у атмосфері міститься в середньому близько 80 тис. т (над 1 м² близько 8 т) молекулярного азоту, єдиного джерела поновлення запасів зв'язаного азоту в ґрунті [242].

Таким чином, азот не лише основний біогенний елемент, головний компонент живої матерії, що відіграє найважливішу роль у житті рослин і тварин, але й провідний елемент землеробства. Однак вищі рослини не здатні використовувати молекулярний азот як джерело азотного живлення. З повітря фіксувати азот можуть лише бактерії, що мають високий коефіцієнт розмноження та адаптації до середовища, а ферментативні системи здатні відновлювати азот до різноманітних хімічних сполук.

Найбільше практичне значення у збагаченні ґрунтів азотом, завдяки засвоєнню його з повітря, мають бульбочкові бактерії, які фіксують молекулярний азот у симбіозі з бобовими рослинами, що є одним з основних елементів системи органічного землеробства. Так, завдяки бульбочковим бактеріям люцерна здатна засвоювати 120–350 кг/га азоту з повітря, еспарцет – 100–200 кг/га, соя – понад 70 кг/га і сформувати врожайність зерна 30–35 ц/га без застосування азотних добрив [242, 243]. Останнім часом виявлено й нові форми мікроорганізмів, здатних засвоювати молекулярний азот в асоціаціях із кореневою системою небобових рослин [242].

Просо стимулює фіксацію азоту за вегетаційний період близько 40 кг/га [244], пшениця озима – до 35–40 кг/га [245], а за даними В. Патики

²⁴² Антоненко Семен Свиридонович: бібліографічний покажчик наукових праць за 1956–2015 роки / уклад. Писаренко В. М., Антоненко А. С.; наук. ред. Вергунов В. А. Київ : ТОВ «Видавництво «Зерно», 2015. 445 с.

²⁴³ Стеггенберг С. Почвенный органический углерод и глобальный круговорот углерода. URL : <http://agrotechnology.com/klassicheskaya/teoriya/globalnyy-krugovorot-ugleroda>.

²⁴⁴ Патики В. П., Тихонович І. А., Філіп'єв І. Д. [та ін.]. Мікроорганізми і альтернативне землеробство. Київ : Урожай, 1993. 176 с.

²⁴⁵ Фурман В. М., Олійник О. О., Солодка Г. М., Вавринчук М. А. Оцінка алелопатичного впливу на ріст і розвиток пшениці озимої : тези міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю ювілею

[246] – до 60 кг/га в рік. Частка атмосферного азоту в рослинах кукурудзи та сорго становить близько 13 кг/га [247], ячменю – до 20 кг/га [245]. Продуктивність асоціативної азотфіксації в зоні помірних широт, вважає В. Патику [246], становить у середньому 20–30 кг/га азоту.

Таким чином, визначаючи норми азотних добрив (навіть за умов інтенсивного землеробства) слід брати до уваги, що частину своїх потреб в азоті рослини задовольняють завдяки його фіксації з повітря. Так, визначаючи норми азотних добрив для сої, слід враховувати, що, в середньому, 60 % своїх потреб в азоті рослини сої задовольняють завдяки його фіксації з повітря бульбочками в разі обробки насіння препаратами азотфіксуючих бактерій, які утворюються на коренях рослин [242, 248]. Бактерії однорічних зернових культур здатні фіксувати 50–90 кг/га азоту, еквівалентних 25–35 кг/га діючої речовини азотних добрив [246]. На багаторічних бобових (еспарцет, люцерна, буркун, конюшина) асоціативного біологічного азоту накопичується 90–380 кг/га, що еквівалентно 120–250 кг/га діючої речовини азотних добрив.

За органічного землеробства асоціативний біологічний азот паралельно з використанням органічних добрив, включаючи й сидерати, формує оптимальний поживний режим рослин і позитивний баланс гумусу у ґрунті. Фіксований азот надходить у рослини не весь, значна його частина надходить у ґрунт (у зернобобових – 10–12 кг/га, у багаторічних бобових трав – 60–120 кг/га), компенсуючи тим самим винесення рослинами ґрунтового азоту [246].

Іншим важливим чинником оптимізації поживного режиму сільськогосподарських культур за органічного землеробства є органічні добрива, внесення яких сприяє активізації діяльності ґрунтової мікрофлори, а після їхньої мінералізації проходить насичення ґрунту поживними речовинами, які використовують рослини.

Так, за вмісту поживних речовин у гноєві великої рогатої худоби: азоту (N) – 0,40 %, фосфору (P_2O_5) – 0,16 %, калію (K_2O) – 0,50 %, за внесення 100 т/га у ґрунт після мінералізації органічних речовин надходить азоту 400 кг/га, фосфору – 160 кг/га, калію – 500 кг/га. На другий рік після внесення гною та його часткової мінералізації вміст NPK у ґрунті збільшується на 90; 35; 57 мг/кг відповідно. Мінералізація гною проходить упродовж 3–4-х років за інтенсивності засвоєння рослинами в перший рік: азоту 22 %, фосфору – 30–40 %, калію – 60–66 % від загального вмісту. Використання NPK із гною наступною культурою становить відповідно, 15–20 %, 10–15 %, 5–10 %, а третьою

доктора сільськогосподарських наук Мединця Василя Дмитровича (14 січня 2014 р.) Полтавська державна аграрна академія. Полтава, ФОП «Корзун Д. Ю.», 2014. С. 123–125.

²⁴⁶ Патыка В. Ф. Азотфиксация в ризосфере злаковых культур и ее влияние на урожай растений. *Микроорганизмы в сельском хозяйстве* : Респ. конф. Кишинев, 1981. С. 107–108.

²⁴⁷ Писаренко В. В., Писаренко П. В., Писаренко В. М. [та ін.]. Еколого-економічна ефективність використання сидератів. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2012. № 3. С. 122–126.

²⁴⁸ Полевой В., Деркач Н., Шевчук О. Дорога к прибыли устлана соломой. *Зерно*. 2014. № 1 (94). С. 134–141.

культурою – 10–15 %, 5 % – 10 %; 0–10 %. Використання поживних речовин гною за ротацію сівозміни (з урахуванням післядії) становить: азоту – 50–60 %, фосфору – 50–60 %, калію – 80–90 %, що наближається до показників використання відповідних поживних речовин із мінеральних добрив [249].

Таким чином, повернення у ґрунт малоцінної для харчових потреб і тваринництва продукції, проте вкрай необхідної для активної діяльності ґрунтової біоти, підвищує її деструкційну та синтетичну дії. Це сприяє формуванню позитивного балансу гумусу, надходженню у ґрунт біологічного азоту, фосфору, калію та інших макро- й мікроелементів.

Ще одним чинником у формуванні поживного режиму сільськогосподарських культур є сидерати. «Зелене добриво» є невичерпним, постійно поновлювальним джерелом органічної речовини. Встановлено, що за вегетаційний період на формування біомаси сидеральна культура бере з ґрунту лише 10 % «матеріалу», а 90 % одержує з повітря за рахунок енергії сонячних променів та біологічної азотфіксації. За даними наукових досліджень, сидерати за своєю ефективністю прирівнюються до напівперепрілого гною з коефіцієнтом 1,5. Середня врожайність зеленої маси сидерату (200–300 ц/га) еквівалентна внесенню 20–30 т/га гною. Позитивний вплив сидерації на родючість ґрунту й урожайність сільськогосподарських культур зберігається протягом трьох років. Найефективніші для сидерації багаторічні й однорічні бобові культури. Так, при урожайності зеленої маси вики озимої 250 ц/га, після мінералізації органічної речовини в ґрунті накопичується 160 кг/га азоту, 75 кг/га фосфору і 200 кг/га калію, що еквівалентно внесенню 906,3 кг/га мінерального добрива – нітроамофоски. В цілому ж після вирощування вики ярої на перший рік поживних речовин у ґрунті було: $N_{143} P_{128} K_{134}$, на другий рік – $N_{162} P_{114} K_{108}$, на третій – $N_{178} P_{87} K_{130}$. Широке впровадження сидератів сприяє також включенню в малий кругообіг із більш глибоких генетичних горизонтів ґрунту невикористаних резервів фосфору, калію, кальцію, магнію та інших елементів живлення рослин.

Отже, післядія гною і сидеральних культур відчувається протягом трьох років. Із такою ж послідовністю за органічного землеробства на поля вноситься гній або висівається сидерат, що забезпечує оптимізацію поживного режиму рослин. До цього ж додається накопичення азоту за рахунок біологічної фіксації, особливо багаторічними бобовими травами, які є обов'язковим елементом технологій органічного землеробства, у результаті чого забезпечується його основне завдання – «нагодувати землю».

За роки застосування органічного землеробства на полях ПП

²⁴⁹ Патики В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В., Шерстобоева О. В., Мельничук Т. М., Калініченко А. В., Гриник І. В. Біологічний азот : монографія ; під ред. В. П. Патики. Київ : Світ, 2003. 424 с.

«Агроекологія» під впливом чинників системи, згідно з даними Полтавської філії Державної установи «Інститут охорони ґрунтів України», вміст гумусу – головного показника родючості ґрунту та ефективності технологій – збільшився на 0,53–1,57 %. Особливо відчутний процес ґрунтоутворення на еродованих землях, урожайність котрих за цей період практично досягла показників на рівнинних полях. Ґрунти господарства характеризуються достатнім вмістом основних макроелементів. Так, за останні роки в середньому на полях вміст основних макроелементів становив: азоту (N) – 109–155 кг/га, фосфору (P) – 78–102 кг/га, калію (K) – 98–105 кг/га, тоді як рекомендованими нормами внесення мінеральних добрив для основних сільськогосподарських культур у зоні Лісостепу є: для пшениці озимої – $N_{90-120} P_{60} K_{90}$; пшениці ярої та сої – $N_{60} P_{60} K_{60}$; кукурудзи – $N_{90-120} P_{60-90} K_{90-120}$; соняшнику – $N_{60} P_{60-90} K_{60}$ [250].

З огляду на сказане можна стверджувати, що системне вирощування багаторічних та однорічних бобових трав, сидеральних культур і внесення гною, враховуючи їхню післядію, практично забезпечує рекомендований режим мінерального живлення основних сільськогосподарських культур.

На поживний режим також значно впливає ще один цікавий чинник: це копроліти дощових черв'яків. Дощові черв'яки створюють легко засвоювані поживні сполуки із органіки, завдяки своїм виділенням – копролітам (до 100 і більше т/га). Своєю діяльністю вони покращують поживний режим ґрунту, його структуру та фізичні властивості. Як уже було відмічено раніше, за органічного землеробства чисельність дощових черв'яків за роки досліджень досягала в середньому 36 особин на 1 м^2 , що в 8 разів більше, ніж на полях з інтенсивними технологіями.

Варто зазначити, що у традиційних технологіях перевага надавалася власне кореневому живленню рослин, як основі підвищення потенційної й ефективної родючості ґрунту. Значно менша увага зверталася на повітряне живлення, тобто асиміляцію зеленим листком CO_2 та окремих сполук мінерального й органічного походження в мікродозах [251]. У зв'язку з цим заслуговує уваги важливий чинник формування високопродуктивних агрофітоценозів, яким є вуглецеве живлення рослин. Маємо на увазі як атмосферний, так і ґрунтовий вуглець, на вміст якого в орному шарі впливає кількість органічної речовини ґрунту і внесення органічних добрив.

Під впливом мікроорганізмів органічні речовини розкладаються на вуглекислоту, азотну кислоту, вільний азот і воду. Зольні елементи

²⁵⁰ Федоров М. М., Ходаківська О. В., Корчинська С. Г. Розвиток органічного виробництва. Київ : ННЦ ІАЕ, 2011. 148 с.

²⁵¹ Маслов О. Почвенные микробы, органическое вещество и рециркуляция питательных веществ. *Зерно*. 2006. № 12. С. 130–133.

переходять у розчинні мінеральні солі. Використовуючи енергію сонця і вуглекислий газ (CO_2) з атмосфери, рослини перетворюють CO_2 в органічний вуглець, що сприяє утворенню органічних речовин, необхідних для існування людини. Чорний колір, який асоціюється з родючістю ґрунту, – це показник вмісту органічного вуглецю у гумінових кислотах, концентрація якого у ґрунті сягає понад 20 %. Гармонійність органічних добрив тісно пов'язана з життям ґрунту й має забезпечувати рослини вуглецем і азотом у рівноважному стані. Для більшості ґрунтів співвідношення вуглецю до азоту становить 12:1, що вказує на доступність для рослин азоту [252].

Отже, органічні добрива забезпечують рослини не тільки основними макро- і мікроелементами, а й вуглекислою, що утворюється в результаті розкладання органіки. Так, за даними С. Д. Лисогорова і В. О. Ушкаренка [245], інтенсивність виділення CO_2 із чорнозему звичайного на неудобреному варіанті становила 0,31–0,58 кг/га/год., тоді, як на ділянці, де внесли гній у дозі 50 т/га, – 0,43–0,96 кг/га/год. В цілому у процесі розкладання 30–40 т гною щодня виділяється 35–65 кг CO_2 , що покращує вуглецеве живлення рослин. У довіднику «Органічні добрива» зазначається, що для формування урожайності пшениці озимої 50 ц/га, в період її інтенсивного росту, добова потреба в вуглекислому газі (CO_2) становить понад 200 кг на гектар. Близько 70 % цієї кількості забезпечується за рахунок вуглекислого газу, який надходить у приземний шар повітря в процесі мінералізації перегною.

Інтенсивний розвиток пшениці озимої триває близько 90 днів. Іншими словами, за цей час на кожному гектарі посіву рослинами буде засвоєно близько 18000 кг CO_2 , з яких 70 %, або 12000 кг, повинні надійти з ґрунту. Для задоволення такої потреби необхідно внести в ґрунт органіки зі значно більшою кількістю вуглецю у вигляді гною і рослинної маси (сидерати, пожнивні рештки та ін.), з яких за допомогою мікроорганізмів сформується перегній і вуглекислота [253].

Певна частина вуглецю, що міститься в органічних добривах, формує ґрунтову органічну речовину – гумус. На багатому гумусом ґрунті з внесеної органічної речовини постійно виділяється вуглекислота, яка асимілюється листками й забезпечує ріст і розвиток рослин, формування їхньої продуктивності.

Таким чином, органічні добрива є одним із резервів поповнення вмісту вуглекислого газу в приземному шарі атмосфери, що має суттєве значення для фотосинтезу і, в кінцевому результаті, для формування врожайності сільськогосподарських культур.

²⁵² Лысоголов С. Д., Ушкаренко В. А. Практикум по орошаемому земледелию. Москва : Агропромиздат, 1985. 109 с.

²⁵³ Матвійчук Б. В., Рябчук О. П. Кругообіг органічного вуглецю в агроценозі Північного Лісостепу. Вісник ЖНАЕУ. 2011. № 1, т. 1. С. 136–144.

До сказаного варто додати, що рівномірне розкладання органічної речовини, як джерела вуглекислоти, може досягатися за умови рівномірного розподілу його в горизонтальній площині так, аби вона не піддавалася надмірному тиску. Заробка органіки навіть на незначну глибину гальмує процес розкладання. Більш інтенсивний розпад органічних добрив у верхньому шарі ґрунту обумовлюється кращою аерацією, більш високою температурою, а, відтак й більш активною мікробіологічною діяльністю. Спостерігаємо чітку закономірність: чим глибше зароблено гній, тим повільніше проходить його мінералізація. Так, якщо за поверхневої заробки втрати вуглецю за два роки спостережень досягали 83 % від початкового вмісту, то в шарі 10–20 см і 20–30 см, відповідно, 81,4 % і 74,2 % [245].

Крім того, виділений у ґрунті вуглекислий газ, з'єднуючись із водою, перетворюється у вугільну кислоту, що виступає відмінним розчинником макро- і мікроелементів ґрунту, будучи додатковим резервом оптимізації поживного режиму сільськогосподарських культур.

Водночас слід зазначити, що неконтрольоване накопичення вуглекислого газу в атмосфері шкідливе для природи і здоров'я людини. Вуглекислий газ (CO_2) – один із компонентів, так званих, парникових газів (CO_2 – вуглекислий газ, CH_4 – метан, N_2O – окис азоту), які містяться в атмосфері, сприяють утриманню тепла, що, зазвичай, виділяється з поверхні ґрунту. Наслідком цього є глобальні зміни клімату [254]. З початку промислової революції рівень вмісту CO_2 збільшувався з інтенсивністю близько 1,5 % у рік. Зростання рівня вмісту CO_2 в атмосфері приводить до глобального потепління [253, 254].

Зменшити викиди CO_2 на 20 % і більше можна шляхом впровадження технологій органічного землеробства [255, 256], які включають: мінімальний та протиерозійний обробітки ґрунту, внесення органічних добрив, впровадження науковообґрунтованих сівозмін, використання сидеральних, проміжних культур і збереження поживних решток, максимальне покриття поверхні ґрунту рослинами. Такі заходи сприяють зменшенню вмісту діоксиду вуглецю в атмосфері та збільшенню вуглецю в ґрунті.

Враховуючи зазначене вважаємо, що саме в цьому заключається планетарна роль органічного землеробства як системи, яка забезпечує максимальну кількість атмосферного вуглецю, переводячи його в ґрунтовий елемент і біомасу рослин, очищаючи атмосферу і виробляючи при цьому екологічно безпечну продукцію харчування людини.

²⁵⁴ Тимирязев К. А. Солнце, жизнь и хлорофилл: избранные работы. Москва: Сельхоз, 1956. 227 с.

²⁵⁵ Jenkinson D. S. Organic matter and nitrogen in soils of the Rothamsted Classicol Experiments. *J. Sc. Food Agr.* 1973. № 24. P. 1149–1150.

²⁵⁶ Yasnolob I. O., Pysarenko V. M., Chayka T.O., Gorb O. O., Pestsova-Svitalka O. S., Kononenko Zh. A., Pomaz O. M. Ecologization of tillage methods with the aim of soil fertility improvement. *Ukrainian Journal of Ecology.* 2018. № 8 (2). 280–286. doi: <http://dx.doi.org/10.15421/2018082>.