

УДК 631.86/87:579.64

СПРЯМОВАНІСТЬ БІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ЧОРНОЗЕМІ ВИЛУЖЕНОМУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА РІЗНИХ ВИДІВ І НОРМ ДОБРІВ

В. В. Волкогон, О. В. Пиріг, Т. Ю. Британ

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14027, Україна; e-mail: altrockman1986@gmail.com

У польовому стаціонарному досліді на чорноземі вилуженому при вирощуванні ячменю ярого досліджено вплив післядії органічних та прямої дії мінеральних добрив на розвиток мікроорганізмів азотного та вуглецевого циклів, а також перебіг окремих біологічних процесів. За першого року післядії органічних добрив у вигляді гною, соломи, лютинового сидерату та їх поєднання відбувається активізація ґрунтової біоти та змінюється співвідношення між чисельністю різних груп мікроорганізмів. Застосування мінеральних добрив у великій нормі ($N_{90}P_{90}K_{90}$) призводить до активного розвитку денітрифікаторів, стимулювання процесу біологічної денітрифікації, обмеження функціональної активності діазотрофів, зростання коефіцієнту мінералізації органічної речовини. Проте використання цієї дози туків по фоні післядії органічного добрива (солома + сидерат) сприяє оптимізації перебігу біологічних процесів у ґрунті. При цьому зазначена норма мінеральних добрив стає екологічно прийнятною. Зроблено висновок про недопустимість застосування туків за дефіциту органічної речовини в ґрунті.

Ключові слова: ячмінь ярий, органічні добрива, мінеральні добрива, азотфіксація, денітрифікація, мінералізація, трансформація органічної речовини, чисельність мікроорганізмів.

Родючість ґрунтів формується за дії складного комплексу природних і антропогенних факторів, серед яких головна роль належить діяльності ґрунтових мікроорганізмів. Питання, пов'язані з розробкою наукових основ підвищення родючості ґрунтів, не можуть бути вирішені без поглибленого вивчення особливостей мікробіологічних процесів трансформації азоту і вуглецю в агроценозах [1]. Зазначене набуває особливої актуальності в умовах сьогодення, за недотримання сівозмін, порушення принципів удобрення сільськогосподарських культур, дефіциту органічної речовини в ґрунтах.

Метою наших досліджень було визначення впливу післядії органічних та прямої дії мінеральних добрив на розвиток мікроорганізмів окремих еколого-трофічних груп та перебіг біологічних процесів у ґрунті при вирощуванні ячменю ярого.

Матеріали і методи. Дослідження проводили у 2016–2017 рр. у польовому стаціонарному досліді Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН на чорноземі вилуженому в умовах короткоротаційної сівозміни (картопля – ячмінь ярий – горох – пшениця озима) в агроценозах ячменю ярого. Агрохімічна характеристика ґрунту: вміст гумусу (за Тюрінім) — 2,8 %; загального азоту — від 0,27 % до 0,31 %; P_2O_5 (за Кірсановим) — 15 мг / 100 г ґрунту; K_2O (за Масловою) — 13 мг / 100 г ґрунту; $pH_{вод}$ 5,9–6,5.

Варіанти удобрення ячменю ярого:

1. Без добрив;
2. Солома*;
3. Сидерат*;
4. Гній*;
5. Солома* + сидерат*;
6. Гній* + сидерат*;

7. $N_{30}P_{30}K_{30}$;
8. Солома* + сидерат* + $N_{30}P_{30}K_{30}$;
9. $N_{60}P_{60}K_{60}$;
10. Солома* + сидерат* + $N_{60}P_{60}K_{60}$;
11. $N_{90}P_{90}K_{90}$;
12. Солома* + сидерат* + $N_{90}P_{90}K_{90}$;
13. Гній* + $N_{60}P_{60}K_{60}$;
14. Гній* + сидерат* + $N_{60}P_{60}K_{60}$,

де * — першого року післядія органічної речовини.

Свіжу органічну речовину вносили під попередник — картоплю. Подрібнену солому у кількості 5 т/га заробляли у ґрунт відразу після збирання урожаю пшениці озимої шляхом дискування, після чого у відповідних варіантах висівали на проміжний сидерат люпин вузьколистий. Для оптимізації співвідношення C/N мінеральний азот не використовували. Сидеральну масу люпину (13 т/га) заробляли у ґрунт шляхом дискування з наступною неглибокою оранкою (15 см) пізно восени (кінець листопада). У цей же час у відповідних варіантах вносили і заробляли у ґрунт підстилковий гній великої рогатої худоби (ВРХ) з розрахунку 40 т/га. Весною висаджували картоплю і на другий рік висівали ячмінь ярий сорту Гося. Таким чином, у досліді з ячменем прослідковувалася першого року післядія всіх видів органічних добрив і пряма дія мінеральних.

Площа дослідної ділянки — 43,2 м², повторність досліді чотирьохразова.

Чисельність амоніфікаторів визначали на м'ясо-пептонному агарі (МПА); мікроорганізмів, які засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту — на крохмале-аміачному агарі (КАА); азотфіксаторів — на напіврідкому середовищі Ешбі за використання ацетиленового тесту; денітрифікаторів — на рідкому середовищі Гільтая за використання реактиву Грісса; целюлозоруйнівних бактерій — на рідкому середовищі Солнцевої; мікроскопічних грибів — на середовищі Чапека [2; 3].

Коефіцієнти мінералізації-імобілізації сполук азоту визначали за співвідношенням чисельності амілолітичних мікроорганізмів до протеолітичних (КАА/МПА) [4].

Потенційну активність азотфіксації ґрунту визначали ацетиленовим методом за М. Умаровим [5]. Вміст етилену в зразках аналізували на газовому хроматографі «Chrom-5» з полум'яно-іонізаційним детек-

тором. Сорбційні колонки зі сталі заповнювали сорбентом Porapak Q 60–80 mesh. Температура термостату 40 °С. Витрата газів: водню — 15 см³/хв., азоту — 100 см³/хв., повітря — 500 см³/хв.

Потенційну активність денітрифікації в ґрунті визначали ацетиленовим методом при додаванні до наважки (5 г) розчину глюкози та нітрату калію [3]. Досліджували на газовому хроматографі «Цвет-500 М» з детектором теплопровідності (струм мосту 200 мА) на колонці з сорбентом Porapak Q 60–80 mesh. Температура колонок — 25 °С, детектора — 40° С, витрата газу (гелію) — 20 мл/хв.

Планування та проведення польових дослідів здійснювали за Б. Доспеховим [6]. Статистичну обробку експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу за використання комп'ютерної програми (Microsoft Office Excel 2003–2007).

Результати та їх обговорення. Визначення чисельності діазотрофів у ґрунті під ячменем за післядії органічних та прямої дії мінеральних добрив свідчить про різний їх вплив на формування популяцій азотфіксувальних бактерій. Так, післядія органічних добрив позитивно позначається на розвитку азотфіксаторів — їх чисельність зростає у 4–5 разів (табл. 1). Невисока і середня в досліді норма мінеральних добрив також сприяє зростанню кількості діазотрофів у ґрунті, і особливо — за їх застосування по органічному фону. Висока норма туків призводить до гальмування розвитку азотфіксувальних бактерій упродовж вегетаційного періоду ячменю ярого, що свідчить про її надлишковість для агроценозу. Водночас внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ по фону післядії органічних добрив сприяє відновленню і навіть активному розвитку азотфіксаторів. Це свідчить про покращення екологічної ситуації за даних умов, адже відомо, що розвиток і функції азотфіксаторів обмежуються за надлишкової кількості мінерального азоту в ґрунті.

Ця теза підсилюється результатами визначення нітрогеназної активності в ґрунті досліджуваних варіантів (табл. 2). Активність азотфіксації у варіанті з використанням $N_{90}P_{90}K_{90}$ по фону післядії органічної речовини відновлюється порівняно з показниками варіанту з використанням лише мінеральних добрив у зазначеній нормі, і кількаразово перевищує значення контрольного (без добрив) варіанту.

Таблиця 1. Чисельність азотфіксувальних бактерій в ґрунті агроценозів ячменю ярого за впливу добрив, тис. / г сухого ґрунту

Варіанти дослідів	Фаза сходів	Фаза виходу в трубку	Фаза молочно-воскової стиглості
Без добрив	107,4	96,9	144,4
Солома*	518,0	302,5	607,5
Сидерат*	540,0	345,0	621,0
Гній*	580,5	395,0	711,0
Солома* + сидерат*	554,0	365,0	657,0
Гній* + сидерат*	635,0	567,0	969,0
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	527,0	337,5	616,5
Солома* + сидерат* + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	563,0	377,5	679,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	383,0	255,0	472,5
Солома* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	482,0	320,0	576,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	99,7	81,9	134,9
Солома* + сидерат* + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	253,0	149,2	392,5
Гній* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	513,0	337,5	588,5
Гній* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	576,0	407,5	679,5

Примітка. Тут і в інших таблицях: * — першого року післядія органічних добрив.

Таблиця 2. Вплив добрив на потенційну азотфіксувальну активність ґрунту в агроценозах ячменю ярого, нМоль C₂H₄ / г ґрунту за годину

Варіанти дослідів	Фаза сходів	Фаза виходу в трубку	Фаза молочно-воскової стиглості
Без добрив	77,2	54,2	118,5
Солома*	100,3	81,2	132,8
Сидерат*	113,9	98,2	149,5
Гній*	156,2	134,1	196,0
Солома* + сидерат*	122,4	108,5	167,2
Гній* + сидерат*	192,6	173,1	236,9
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	119,5	105,3	157,0
Солома* + сидерат* + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	144,4	121,8	187,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	97,1	87,4	128,5
Солома* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	124,7	111,2	168,9
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	65,5	48,9	94,4
Солома* + сидерат* + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	88,7	76,2	121,4
Гній* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	128,7	119,2	174,5
Гній* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	150,4	138,5	196,4
НІР ₀₅	5,1	5,3	6,7

При визначенні чисельності денітрифікаторів відзначаємо зростання кількості представників цієї еколого-трофічної групи мікроорганізмів за післядії органічних добрив (табл. 3). Це може свідчити про мінералізацію органічної речовини і вивільнення мінеральних сполук азоту, частина з яких за певних обставин може бути використана денітрифікаторами як джерело кисню і азоту (для забезпечення як асиміляційної, так і дисиміляційної нітратредукції). Особливо високі показники чисельності денітрифікувальних мікроорганізмів спостерігаємо за післядії гною ВРХ.

Чисельність денітрифікаторів у ґрунті зростає пропорційно використаним у досліді нормам мінеральних добрив. Проте застосування туків по фоні післядії органічних добрив суттєво нівелює ситуацію — за цих умов кількість представників досліджуваної групи бактерій суттєво зменшується, що безперечно свідчить про іммобілізацію представниками інших еколого-трофічних груп мікроорганізмів невикористаної рослинами частини добрив.

Це значною мірою підтверджується результатами визначення потенційної денітри-

фікувальної активності в ґрунті (табл. 4). За поєднання органічного і мінерального удобрення ячменю яркого активність процесу біологічної денітрифікації суттєво знижується порівняно з показниками варіантів, де вносили лише мінеральні добрива у відповідних нормах. Така ситуація, як вже зазначалося вище, може виникати за значної іммобілізації невикористаного мінерального азоту ґрунтовими мікроорганізмами.

Як свідчать результати обліку чисельності амоніфікувальних мікроорганізмів, їх значний розвиток обумовлюється наявністю органічної речовини в ґрунті. Так, чисельність амоніфікаторів у варіантах, де поєднується пряма дія мінеральних добрив з післядією органічних, зростає порівняно з показниками відповідних варіантів із застосуванням лише туків у 2–2,5 раза (табл. 5). Водночас, зростання порівняно з контролем чисельності амоніфікаторів у варіантах з використанням лише мінеральних добрив може свідчити про мінералізацію складних органічних сполук, у т. ч. й гумусу за дефіциту в ґрунті органічної речовини.

Визначення чисельності мікроорганізмів, які засвоюють переважно мінеральні

Таблиця 3. Вплив систем удобрення на чисельність денітрифікаторів у ґрунті під ячменем ярим, тис. / г сухого ґрунту

Варіанти дослідів	Фаза сходів	Фаза виходу в трубку	Фаза молочно-воскової стиглості
Без добрив	472,5	787,5	612,0
Солома*	456,0	796,0	615,0
Сидерат*	652,5	1087,5	840,0
Гній*	1273,0	1843,0	1530,0
Солома* + сидерат*	959,5	1377,5	1064,0
Гній* + сидерат*	1159,0	1539,0	1273,0
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	869,0	1216,0	997,5
Солома* + сидерат* + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	783,0	1149,5	885,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1187,5	1757,0	1377,5
Солома* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	815,0	1197,0	1007,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	1830,0	2340,0	2070,0
Солома* + сидерат* + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	1482,0	2040,0	1680,0
Гній* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1368,0	1935,0	1529,5
Гній* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1273,0	1860,0	1491,5

Таблиця 4. Потенційна активність денітрифікації ґрунту під ячменем ярим за впливу добрив, нМоль N₂O / г ґрунту за добу

Варіанти дослідів	Фаза сходів	Фаза виходу в трубку	Фаза молочно-воскової стиглості
Без добрив	3,84	7,21	5,77
Солома*	4,46	8,32	6,08
Сидерат*	5,36	11,65	7,75
Гній*	20,89	48,81	32,62
Солома* + сидерат*	7,97	24,95	13,15
Гній* + сидерат*	14,47	42,45	30,89
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	10,47	27,45	21,85
Солома* + сидерат* + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	9,06	26,44	17,52
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	12,48	30,04	27,93
Солома* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	9,90	26,96	15,45
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	28,56	56,52	42,61
Солома* + сидерат* + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	20,32	45,32	29,46
Гній* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	23,48	52,64	50,56
Гній* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	16,28	45,27	31,82
НІР ₀₅	1,25	2,02	1,56

сполуки азоту, свідчить про збільшення їх кількості у всіх досліджуваних варіантах, особливо за післядії гною, застосованого як окремо, так і сумісно з сидератом та мінеральними добривами (див. табл. 5).

Також слід відзначити значну чисельність мікроорганізмів зазначеної екологічної групи у варіантах із сумісним застосуванням соломи і сидерату на фоні мінерального удобрення.

У варіантах з мінеральними агрофонами (лише мінеральні добрива) зростання пулу іммобілізаторів мінерального азоту на фоні незначної кількості амоніфікаторів свідчить про посилення мінералізаційної функції мікробного ценозу, що підтверджується зростанням коефіцієнтів мінералізації-іммобілізації у фазу виходу в трубку від 2,88 при дозі N₃₀ до 3,45 при дозі N₉₀. Проте післядія соломи і сидерату за внесення мінеральних добрив забезпечувала зниження негативних наслідків інтенсифікації азотного удобрення ячменю ярого. За цих умов коефіцієнт мінералізації-іммобілізації становив 1,46 при дозі N₃₀ та 1,92 при дозі N₉₀.

За окремого використання соломи і сидерату збільшення кількості мікроорганізмів,

що асимілюють мінеральні форми азоту, порівняно з іншими варіантами було незначним. Проте коефіцієнт мінералізації-іммобілізації був нижчим, ніж у контролі, і становив у фазу виходу в трубку 1,41–1,42 відповідно, що може свідчити про інтенсифікацію процесів іммобілізації (синтезу).

В інших варіантах дослідів спостерігали значне зниження коефіцієнтів мінералізації-іммобілізації: від 1,20 — за сумісного застосування соломи і сидерату — до 1,09 — у варіанті з поєднаним застосуванням гною і сидерату.

Зроблені висновки щодо інтенсивного розвитку мікроорганізмів і, відповідно, оптимізації перебігу процесів мінералізації-іммобілізації за використання мінеральних добрив по фоні післядії органічних підтверджуються результатами обліку целюлозолітичних мікроорганізмів. Так, за внесення лише мінеральних добрив відзначено відносно невисокі показники розвитку целюлозолітичних бактерій, які до того ж зменшуються відповідно до зростання норм туків (табл. 6). Проте застосування мінеральних добрив по фоні післядії органічної речовини сприяє зростанню їх кількості у 2,7–5,0 разів залежно від варіанту.

Таблиця 5. Вплив удобрення ячменю ярого на розвиток протеолітичних та амілолітичних мікроорганізмів (млн. КУО / г сухого ґрунту) та коефіцієнти мінералізації-імобілізації органічної речовини у ґрунті

Варіанти дослідів	Фаза сходів			Фаза виходу в трубку			Фаза молочно-воскової стиглості		
	МПА	КАА	К _{м-і} **	МПА	КАА	К _{м-і} **	МПА	КАА	К _{м-і} **
Без добрив	10,3	17,3	1,68	7,8	12,6	1,61	6,2	10,7	1,73
Солома*	20,5	30,8	1,50	18,4	26,1	1,42	13,8	21,7	1,57
Сидерат*	17,8	23,7	1,33	14,2	20,0	1,41	12,3	16,9	1,37
Гній*	37,9	42,9	1,13	32,4	37,1	1,15	26,1	29,3	1,13
Солома* + сидерат*	26,3	32,0	1,22	22,8	27,4	1,20	18,5	23,2	1,25
Гній* + сидерат*	47,5	51,5	1,08	42,6	46,6	1,09	35,1	39,3	1,12
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	11,5	31,9	2,77	9,2	26,5	2,88	7,4	22,0	2,97
Солома* + сидерат* + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	27,0	38,8	1,44	20,6	30,1	1,46	16,2	25,5	1,57
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	14,8	47,5	3,21	12,5	39,7	3,18	10,3	31,8	3,08
Солома* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	33,1	52,4	1,58	29,5	47,4	1,61	25,9	40,9	1,58
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	18,3	59,4	3,25	14,2	49,0	3,45	12,4	41,6	3,35
Солома* + сидерат* + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	36,3	69,5	1,91	30,6	58,8	1,92	25,2	49,8	1,98
Гній* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	46,4	73,6	1,59	39,9	64,6	1,62	35,2	58,3	1,65
Гній* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	51,6	78,5	1,52	47,3	69,1	1,46	40,1	60,7	1,51
НІР ₀₅	2,6	3,1		2,0	2,8		1,9	2,2	

Примітка. ** — коефіцієнти мінералізації-імобілізації (КАА/МПА).

Таблиця 6. Чисельність целюлозоруйнівних бактерій у ґрунті під ячменем ярим в залежності від удобрення, тис. /г сухого ґрунту

Варіанти дослідів	Фаза сходів	Фаза виходу в трубку	Фаза молочно-воскової стиглості
Без добрив	16,9	14,5	10,4
Солома*	51,7	47,7	39,8
Сидерат*	49,0	42,0	37,8
Гній*	108,3	102,6	85,9
Солома* + сидерат*	79,1	74,9	68,9
Гній* + сидерат*	116,8	112,1	104,5
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	29,2	26,8	20,4
Солома* + сидерат* + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	81,2	80,3	78,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	16,5	15,2	11,6
Солома* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	78,4	74,2	70,7
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	10,2	9,8	7,6
Солома* + сидерат* + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	54,0	51,3	49,5
Гній* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	113,0	111,2	96,0
Гній* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	120,6	114,9	99,8

Слід зазначити, що вказане зменшення чисельності целюлозолітичних бактерій відповідно до збільшення норм мінеральних добрив компенсується зростанням чисельності мікроміцетів, більшість з яких, як відомо, володіють високою целюлозолітичною активністю. Як свідчать наведені в табл. 7 результати, зростання норм мінеральних добрив супроводжується значним підвищенням чисельності мікроміцетів.

Беручи до уваги вищенаведені результати обліку чисельності мікроорганізмів та характер перебігу процесів азотфіксації і денітрифікації, можемо також стверджувати про посилення іммобілізаційних процесів за використання органо-мінерального удобрення. Іншими словами, за поєднання органічного і мінерального удобрення в результаті мінералізації складних органічних речовин утворюються простіші сполуки, частина яких здатна до засвоєння мікроорганізмами і, відповідно, іммобілізується в біомасі бактерій і мікроміцетів. Це створює передумови активного розвитку інших синтетичних процесів, у т. ч. й утворення гумусових сполук.

Отже, забезпечення чорнозему вилуженого органічною речовиною (гній, солома, люпиновий сидерат та їх поєднання, у т. ч. з

мінеральними добривами) при вирощуванні ячменю ярого в сівозміні суттєво впливає на склад угруповань ґрунтових мікроорганізмів, що змінює спрямованість біологічних процесів. За таких умов мінералізація складних органічних сполук супроводжується оптимізацією інших біологічних функцій ґрунту — зростає інтенсивність азотфіксації, обмежується денітрифікувальна активність, посилюються синтетичні процеси. При цьому найбільша в досліді норма мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀), застосування якої супроводжується негативними змінами біологічних процесів у ґрунті, стає екологічно прийнятною.

Вплив досліджуваних чинників позначився на урожайності ячменю ярого (табл. 8). Першого року післядія соломи і сидерату сприяла зростанню урожайності культури на 19,7 % і 8,8 % відповідно. Поєднання соломи і люпинового сидерату забезпечило більший приріст урожаю — 37,8 %. Найбільшою мірою на формуванні урожайності позначилася післядія гною ВРХ — показник зріс на 71 % до контрольного значення.

Застосування всіх досліджених норм мінеральних добрив забезпечило вірогідні прирости урожайності культури. Проте

Таблиця 7. Чисельність мікроміцетів у ґрунті під ячменем ярим в залежності від удобрення, тис. КУО / г сухого ґрунту

Варіанти дослідів	Фаза сходів	Фаза виходу в трубку	Фаза молочно-воскової стиглості
Без добрив	84,1	67,4	72,3
Солома*	137,4	102,6	117,4
Сидерат*	149,1	110,8	127,8
Гній*	219,6	194,5	206,2
Солома* + сидерат*	175,2	143,7	161,8
Гній* + сидерат*	249,3	209,4	229,4
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	74,7	54,6	61,8
Солома* + сидерат* + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	177,9	149,8	164,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	90,6	59,2	76,4
Солома* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	181,8	154,8	170,2
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	119,1	191,6	104,5
Солома* + сидерат* + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	211,8	184,5	197,3
Гній* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	265,5	237,1	250,1
Гній* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	309,9	264,3	289,0
НІР ₀₅	11,2	9,8	12,4

Таблиця 8. Урожайність ячменю ярого за різних систем удобрення

Варіанти дослідів	Урожайність, т/га	Приріст до контролю	
		т/г	%
Без добрив	2,38	–	–
Солома*	2,85	0,47	19,7
Сидерат*	2,59	0,21	8,8
Гній*	4,07	1,69	71,0
Солома* + сидерат*	3,28	0,90	37,8
Гній* + сидерат*	4,24	1,86	78,2
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,98	0,60	25,2
Солома* + сидерат* + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,93	1,55	65,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,40	1,02	42,8
Солома* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,19	1,81	76,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	4,08	1,70	71,4
Солома* + сидерат* + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	4,57	2,19	92,0
Гній* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,67	2,29	96,2
Гній* + сидерат* + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,91	2,53	106,3
НІР ₀₅	0,18		

використання туків по фоні післядії органічних добрив сприяло отриманню суттєво більшої урожайності. Так, за внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ приріст урожаю склав 25,2 %, а використання цієї норми туків по фоні післядії соломи і сидерату забезпечило отримання прибавки на рівні 65,1 %; за внесення середньої в досліді норми добрив ($N_{60}P_{60}K_{60}$) урожайність культури зросла на 42,8 %, а за поєднання її з органічним агрофоном — на 76,1 %. Такі ж особливості простежуються і для найбільшої в досліді норми туків — використання лише мінеральних добрив сприяло отриманню 4,08 т/га зерна ячменю, а за поєднання з органічним фоном урожайність додатково зросла ще на 0,49 т/га.

Внесення середньої в досліді норми мінеральних добрив по фоні післядії гною, і особливо по фоні післядії гною і проміжного сидерату, забезпечило найбільші в досліді показники урожайності (див. табл. 8).

Отже, післядія органічних добрив, у т. ч. за їх поєднання з мінеральними, сприяє оптимізації формування угруповань ґрунтових мікроорганізмів, перебігу біологічних процесів у чорноземі вилуженому і позитивно позначається на урожайності ячменю ярого. З екологічної точки зору застосування мінеральних добрив за дефіциту органічної речо-

вини в ґрунті слід вважати недопустимим, оскільки при цьому підвищуються газоподібні втрати азоту і зростає активність мінералізаційних процесів.

1. Шапова Л. Н. Микробная сукцессия при трансформации органического вещества / Л. Н. Шапова // Почвоведение. — 2004. — № 8. — С. 967–975.

2. Експериментальна ґрунтова мікробіологія : монографія / [В. В. Волкогон, О. В. Надкержична, Л. М. Токмакова та ін.] ; за наук ред. В. В. Волкогона. — К. : Аграр. наука, 2010. — 464 с.

3. Методы почвенной микробиологии и биохимии / [И. В. Асеева, И. П. Бабьева, Б. А. Бызов и др.] ; под ред. Д. Г. Звягинцева. — М. : МГУ, 1991. — 304 с.

4. Мишустин Е. Н. Успехи разработки принципов микробиологического диагностирования состояния почв / Е. Н. Мишустин, Е. В. Рунов // Успехи современной биологии. — М. : АН СССР, 1957. — Т. 44. — С. 256–267.

5. Умаров М. М. Ацетиленовый метод изучения азотфиксации в почвенно-микробиологических исследованиях / М. М. Умаров // Почвоведение. — 1976. — № 11. — С. 119–123.

6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. — М. : Агропромиздат, 1985. — 351 с.

НАПРАВЛЕННОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЧЕРНОЗЁМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО ПО ФОНУ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ И НОРМ УДОБРЕНИЙ

В. В. Волкогон, О. В. Пирог, Т. Ю. Британ

Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, г. Чернигов

В полевом стационарном опыте на чернозёме выщелоченном при выращивании ячменя ярового изучено влияние последствия органических и прямого действия минеральных удобрений на развитие микроорганизмов азотного и углеродного циклов, а также динамику отдельных биологических процессов. В условиях первого года последствия органических удобрений в виде навоза, соломы, лютинового сидерата и их сочета-

TRENDS IN BIOLOGICAL PROCESSES IN LEACHED CHERNOZEM UNDER CULTIVATION OF SPRING BARLEY WITH VARIOUS SPECIES AND RATES OF FERTILIZERS

V. V. Volkohon, O. V. Pyrih, T. Yu. Brytan

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv

The influence of the aftereffects of organic fertilizers and direct action of minerals on the development of microorganisms of nitrogen and carbon cycles, as well as the course of individual biological processes has been investigated in the process of growing spring li the field stationary experiment on the leached chernozem. In the first year of aftereffect of organic fertilizers in the form of manure, straw, lupine green manure, and their combination, the activation of

ния происходит активизация почвенной биоты, меняется соотношение между численностью различных групп микроорганизмов. Применение высокой нормы минеральных удобрений ($N_{90}P_{90}K_{90}$) приводит к активному развитию денитрификаторов, стимулированию процесса биологической денитрификации, ограничению функциональной активности diazотрофов, возрастанию коэффициента минерализации органического вещества. В то же время, внесение этой дозы туков по фону последствия органического удобрения (солома + сидерат) способствует оптимизации динамики биологических процессов в почве. При этом отмеченная норма минеральных удобрений становится экологически приемлемой. Сделан вывод о недопустимости применения туков в условиях дефицита органического вещества в почве.

Ключевые слова: ячмень яровой, органические удобрения, минеральные удобрения, азотфиксация, денитрификация, минерализация, трансформация органического вещества, численность микроорганизмов.

soil biota occurs and the correlation between the number of different groups of microorganisms changes. Application of mineral fertilizers in high rate ($N_{90}P_{90}K_{90}$) leads to the active development of denitrifiers, stimulation of biological denitrification, restriction of functional activity of diazotrophs, growth of the coefficient of mineralization of organic substance. However, the use of this dose in the background after the organic fertilizer (straw + green manure) helps to optimize the flow of biological processes in the soil. At the same time, the specified rate of mineral fertilizers becomes environmentally acceptable. The conclusion is made about the inadmissibility of the use of solid fertilizers under deficiency of organic substance in the soil.

Key words: spring barley, organic fertilizers, mineral fertilizers, nitrogen fixation, denitrification, mineralization, transformation of organic substance, number of microorganisms.

Отримано 21.09.2017