

ДИНАМІКА МІНЕРАЛІЗАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У КОРЕНЕВІЙ ЗОНІ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ЗА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

І. М. МАЛИНОВСЬКА¹, доктор сільськогосподарських наук

В. П. КАРПЕНКО², доктор сільськогосподарських наук

І. Б. ЛЕОНТЮК², кандидат сільськогосподарських наук

¹ Національний Науковий Центр «Інститут землеробства НААН»

² Уманський національний університет садівництва

В статті наведено результати досліджень мікробіологічних процесів в кореневій зоні кукурудзи за використання різних систем удобрення: мінеральної, органічної та органо-мінеральної. Встановлено, що витрачання органічної речовини ґрунту збільшується від фази третього листка до фази цвітіння залежно від системи удобрення в 1,86–2,84 рази, в подальшому зростання припиняється. Застосування органічних добрив, зокрема гною ВРХ, оптимізує ґрунтоутворні процеси, запобігає мінералізації гумусу, який є основним чинником потенційної родючості ґрунту і створює умови для покращення мінерального живлення рослин, що є основою збільшення ефективної родючості ґрунту.

Ключові слова: *індекс педотрофності, оліготрофності, коефіцієнт мінералізації сполук азоту, активність мінералізації гумусу, фітотоксичність, сумарна біологічна активність, мінеральне удобрення, органічне удобрення.*

Вступ. У формуванні родючості ґрунтів вагому роль відіграють ґрунтові мікроорганізми, які приймають участь у всіх процесах ґрунтоутворення: розкладанні рослинних решток та біомаси загиблих тварин, водоростей і мікроорганізмів, мобілізації мінеральних елементів із їх нерозчинних форм, синтезі речовин, що входять до складу гумусу та інших органо-мінеральних комплексів ґрунту, синтезі вітамінів і речовин із регуляторними функціями. Всі ці процеси є необхідними для розширеного відтворення потенційної та ефективної родючості ґрунтів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За внесення в ґрунт органічних і мінеральних добрив підвищується кількість мікроорганізмів, зростає інтенсивність виділення CO₂, активність ферментів (інвертази, протеази, уреази), рівень біологічної активності ґрунту, підтримується генетичне та функціональне різноманіття ґрунтової мікробіоти, створюються сприятливі умови для протікання процесів нагромадження органічної речовини ґрунту, що відображається в збільшенні загальних запасів гумусу і його якісних характеристик [1–4]. Зростання загальної біомаси та чисельності мікроорганізмів основних функціональних, еколого-трофічних та систематичних груп у мікробному угрупованні спостерігається також за внесення гною, заорювання

зеленої біомаси сидеральних культур або сухих рослинних решток культури-попередника у сівозміні [5, 6]. Застосування органічних добрив призводить не лише до змін кількісних показників мікробного ценозу ґрунту, а й викликає зміни якісного складу мікробіоти із збільшенням частки мікроорганізмів з агрономічно цінними властивостями [5, 6]. Однак, закономірності перебігання мінералізаційних та синтезаційних процесів у ґрунтах під впливом удобрення досліджені недостатньо, а це є необхідним для ведення екологічно збалансованого землеробства.

Метою роботи було дослідження мікробіологічних процесів в кореневій зоні кукурудзи за використання різних систем удобрення: мінеральної, органічної та органо-мінеральної.

Методика досліджень. Дослідження проводилися в «Тривалому польовому досліді з вивчення впливу хімічних і біологічних засобів інтенсифікації у польовій короткоротаційній сівозміні» відділу агрохімії ННЦ «ІЗ НААН» на сірому лісовому ґрунті. Повторення дослідів 4-ри разове, площа посівної ділянки 52 м², облікової – 22 м². У 2017 році у досліджуваних варіантах вирощувалася кукурудза на зерно, попередник – пшениця озима.

Дослідження проводили у варіантах дослідів:

1 – без добрив (контроль);

2 – органо-мінеральна система удобрення, яка передбачає пряму дію 60 т/га підстилкового гною ВРХ + N₃₀P₃₀K₃₀;

3 – органо-мінеральна система удобрення, 60 т/га підстилкового гною ВРХ + N₆₀P₆₀K₆₀;

4 – органічна система удобрення, яка передбачає пряму дію 60 т/га підстилкового гною ВРХ;

5 – мінеральна система удобрення N₃₀P₃₀K₃₀;

6 – ОМБД (N₃P₃K₃) – органо-мінеральне біоактивне добриво, виготовлене на основі сапропелю озерного, торфу, мінеральних добрив, сорбентів із використанням біоти – комплексу агрономічно цінних мікроорганізмів – 1 т/га;

7 – органічна система удобрення + солома пшениці 3 т/га;

8 – органо-мінеральна система удобрення, яка передбачає пряму дію 60 т/га підстилкового гною ВРХ + солома пшениці 3 т/га + N₃₀P₃₀K₃₀.

Чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних, функціональних і систематичних груп оцінювали методом висіву водно-ґрунтової суспензії на відповідні загальні, елективні та спеціальні поживні середовища в трьох повтореннях [7–9]. Показники інтенсивності процесів мінералізації сполук азоту, органічної речовини ґрунту, гумусу розраховували згідно описаному раніше [10]. Для узагальнюючої оцінки біологічного стану ґрунту розраховували показник сумарної біологічної активності (СБА) із використанням методу відносних величин [11]. Узагальнення матеріалів, розрахунки результатів досліджень, надійність різниць між вибірками оцінювалася за допомогою дисперсійного аналізу із подальшою оцінкою найменш значимих різниць (НІР₀₅) за допомогою програмного забезпечення [12].

Результати досліджень. Досліджували перебігання мікробіологічних процесів у кореневій зоні рослин кукурудзи впродовж онтогенезу: у фазу третього листка, цвітіння волоті, молочної стиглості (табл. 1–3).

Табл. 1. Показники інтенсивності мінералізаційних процесів і фітотоксичні властивості ґрунту кореневої зони рослин кукурудзи за різних агрохімічних заходів у фазу третього листка

Варіант	Індекс едотрофності	Коефіцієнт оліготрофності	Коефіцієнт мінералізації азоту	Активність мінералізації гумусу, %	Сумарна біологічна активність	Маса 100 рослин тест-культури – пшениці озимої, г		
						стебло	коріння	загальна маса
Без добрив (контроль)	0,077	0,144	0,126	24,1	398,0	3,61	3,39	7,00
Органо-мінеральна система удобрення + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	0,105	0,053	0,177	20,6	634,8	5,23	4,97	10,2
Органо-мінеральна система удобрення + N ₈₀ P ₆₀ K ₈₀	0,097	0,067	0,151	16,2	647,0	4,69	5,91	10,6
Органічна система удобрення	0,257	0,151	0,145	17,1	453,7	4,04	4,47	8,51
Мінеральна система удобрення N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	0,151	0,065	0,384	19,6	517,1	3,75	6,45	10,2
ОМБД	0,039	0,148	0,414	16,6	679,3	3,34	5,26	8,60
Органічна система удобрення + солома пшениці 5 т/га	0,345	0,137	0,213	16,5	465,1	3,33	5,27	8,60
Органо-мінеральна система удобрення + солома пшениці 5 т/га + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	0,333	0,105	0,465	10,6	885,5	3,45	5,06	8,51
<i>НІР₀₅</i>	<i>0,008</i>	<i>0,008</i>	<i>0,007</i>	<i>0,91</i>	<i>11,0</i>	<i>0,04</i>	<i>0,08</i>	–

Коефіцієнт оліготрофності свідчить про максимальний рівень дефіцитності мінеральних елементів у ґрунті контролю у фазу третього листка (0,144) і фазу цвітіння кукурудзи (0,433) та варіанту із органічною системою удобрення – 0,151 і 0,356 відповідно (табл. 1, 2). Мінімальне значення коефіцієнту оліготрофності, а значить, і мінімальна нестача мінеральних елементів спостерігається у варіанті із застосуванням мінеральної системи удобрення – 0,065 і 0,169 відповідно.

Табл. 2. Показники інтенсивності мінералізаційних процесів і фітотоксичні властивості ґрунту кореневої зони рослин кукурудзи за різних агрохімічних заходів у фазу цвітіння

Варіант	Індекс педотрофності	Коефіцієнт оліготрофності	Коефіцієнт мінералізації азоту	Активність мінералізації гумусу, %	Сумарна біологічна активність	Маса 100 рослин тест-культури – пшениці озимої, г		
						стебло	коріння	загальна маса
Без добрив (контроль)	0,219	0,534	0,194	27,0	632,8	4,25	4,65	8,90
Органо-мінеральна система удобрення + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	0,195	0,230	0,343	22,0	951,1	5,63	6,15	11,8
Органо-мінеральна система удобрення + N ₈₀ P ₆₀ K ₈₀	0,278	0,252	0,330	14,8	881,5	5,68	6,36	12,0
Органічна система удобрення	0,280	0,356	0,403	18,7	720,9	4,68	5,52	10,2
Мінеральна система удобрення N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	0,171	0,169	0,256	20,6	730,9	4,64	5,91	10,6
ОМБД	0,130	0,223	0,318	17,8	877,8	4,82	5,32	10,1
Органічна система удобрення + солома пшениці 5 т/га	0,184	0,206	0,238	19,2	908,3	4,66	5,32	9,96
Органо-мінеральна система удобрення + солома пшениці 5 т/га + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	0,259	0,205	0,206	10,8	943,4	4,36	5,62	9,98
<i>НІР₀₅</i>	<i>0,015</i>	<i>0,016</i>	<i>0,021</i>	<i>1,52</i>	<i>10,0</i>	<i>0,08</i>	<i>0,12</i>	–

В результаті застосування органо-мінеральної системи удобрення збільшується витрачання органічної речовини, про що свідчить збільшення індексу педотрофності на 36,4 % за одинарної дози добрив і на 26,0 % за подвійної дози добрив (табл. 1). Використання органо-мінеральної системи удобрення дозволяє знизити активність мінералізації гумусу на 17,0 % і підвищити сумарну біологічну активність на 59,5 %, що узгоджується із отриманими раніше даними [13, 14].

Зростання дози мінеральних добрив відображається на рівні витрачання органічної речовини ґрунту тільки починаючи з фази цвітіння кукурудзи – він збільшується на 42,6 %, що узгоджується з даними попередніх вегетаційних періодів: внесення незбалансованих доз мінеральних добрив провокує розкладання органічної речовини ґрунту (табл. 2).

Табл. 3. Показники інтенсивності мінералізаційних процесів і фітотоксичні властивості ґрунту кореневої зони рослин кукурудзи за різних агрохімічних заходів у фазу молочної стиглості

Варіант	Індекс педотрофності	Коефіцієнт оліготрофності	Коефіцієнт мінералізації азоту	Активність мінералізації гумусу, %	Сумарна біологічна активність	Маса 100 рослин тест-культури – пшениці озимої, г		
						стебло	коріння	загальна маса
Без добрив (контроль)	0,234	0,304	0,204	30,4	631,6	4,55	4,57	9,12
Органо-мінеральна система удобрення + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	0,191	0,225	0,329	24,3	791,4	5,65	6,65	12,3
Органо-мінеральна система удобрення + N ₈₀ P ₆₀ K ₈₀	0,251	0,190	0,281	13,5	826,9	6,74	6,66	13,4
Органічна система удобрення	0,279	0,384	0,464	18,6	691,1	5,65	6,25	11,9
Мінеральна система удобрення N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	0,159	0,162	0,271	22,6	744,1	5,85	6,15	12,0
ОМБД	0,123	0,206	0,327	18,1	715,0	5,82	5,98	11,8
Органічна система удобрення + солома пшениці 5 т/га	0,190	0,237	0,275	19,9	670,7	5,65	5,75	11,4
Органо-мінеральна система удобрення + солома пшениці 5 т/га + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	0,217	0,195	0,241	10,7	957,6	5,86	5,94	11,8
<i>НІР₀₅</i>	<i>0,015</i>	<i>0,011</i>	<i>0,012</i>	<i>1,12</i>	<i>20,3</i>	<i>0,15</i>	<i>0,08</i>	–

Не змінюється в результаті збільшення дози мінеральних добрив коефіцієнт мінералізації азоту і оліготрофності, що свідчить про невикористання додаткових кількостей мінеральних добрив. Активність мінералізації гумусу в результаті збільшення дози добрив вдвічі істотно зменшується – на 48,6 %.

Разом з тим, сумарна біологічна активність зменшується на 7,9 %, що дозволяє припустити, що сумарна біологічна активність включає не лише мінералізаційні і синтезаційні процеси, що досліджуються нами в рамках представленої роботи, а й інші. Внесення подвійної дози добрив майже не впливає на величину фітотоксичності ґрунту як у фазу третього листка, так і у наступні фази вегетації.

Порівняння ефективності мінеральних добрив у складі органо-мінеральної системи удобрення і без такої показує, що у фазу третього листка кукурудзи на

зерно за внесення мінеральних добрив спостерігається менш інтенсивне перебігання мінералізаційних процесів, пов'язаних із витрачанням органічної речовини ґрунту, мінералізації сполук азоту, разом із тим, відбуваються інші мікробіологічні процеси, що знаходять відображення у зростанні сумарної біологічної активності. У фазу цвітіння кукурудзи закономірність змінюється на протилежну: за внесення мінеральних добрив спостерігається більш інтенсивне перебігання мінералізаційних процесів, пов'язаних із витрачанням органічної речовини ґрунту, мінералізації сполук азоту саме у варіанті із органо-мінеральною системою удобрення. Тобто, впродовж вегетації змінюється спрямованість та інтенсивність перебігання мінералізаційних і синтезаційних процесів у ризосфері рослин кукурудзи за різних систем удобрення.

Варіанти органо-мінеральної і мінеральної системи удобрення у фазу третього листка не відрізняються за рівнем фітотоксичності (табл. 1). Однак у фазу цвітіння кукурудзи фітотоксичність ґрунту варіанту із застосуванням органо-мінеральної системи удобрення на 11,3 % є меншою, ніж за мінеральної системи удобрення. Не підтвердилася закономірність вегетаційного періоду 2016 року, коли ґрунт варіанту із органічною системою удобрення відрізнявся найменшою величиною фітотоксичності, у вегетаційному періоді 2017 року варіант із органічним удобренням характеризувався однією із найбільших фітотоксичностей серед досліджених варіантів.

Впродовж перших фаз вегетації внесення мінеральних добрив на фоні органічної системи удобрення із заорюванням соломи пшениці дещо знижує інтенсивність мінералізаційних процесів органічної речовини, зокрема гумусу на 55,7 %, однак, інтенсифікує мінералізацію сполук азоту (у 2,18 рази) та збільшує сумарну біологічну активність у 1,90 рази (табл. 1). У фазу цвітіння кукурудзи за застосування мінеральних добрив уповільнюються всі досліджені мінералізаційні процеси, у тому числі, деструкція гумусу на 77,8 %, але як і у попередні фази, сумарна біологічна активність залишається більшою за умов застосування добрив (табл. 2). Застосування мінеральних добрив на фоні органічної системи удобрення із заорюванням соломи пшениці не вплинуло на рівень фітотоксичності ґрунту в усі досліджені фази вегетації.

Заорювання побічної продукції рослинництва (соломи пшениці) на фоні органічної системи удобрення сприяло активізуванню процесів освоєння органічної речовини ґрунту у фазу третього листка кукурудзи на зерно, про що свідчить збільшення індексу педотрофності на 34,2 %, і уповільненню цього процесу у подальшому (табл. 2, 3). Заорювання побічної продукції покращує умови мінерального живлення рослин кукурудзи: коефіцієнт оліготрофності зменшується у фазу третього листка на 10,2 %, у фазу цвітіння – на 75,4 %, у фазу молочної стиглості – на 62,0 %. Коефіцієнт мінералізації сполук азоту внаслідок заорювання соломи пшениці очікувано знижується в усі досліджені фази вегетації. На активність мінералізації гумусу заорювання соломи майже не впливає, можливо, через великий проміжок часу із моменту заорювання (2015 р.). Ці дані співпадають із отриманими у минулому вегетаційному періоді за вирощування пшениці озимої. Однак, заорювання соломи пшениці на фоні

органомінеральної системи удобрення сприяє уповільненню деструкції гумусу порівняно із органомінеральною системою удобрення без заорювання соломи у фазу третього листка на 94,3 %, у фазу цвітіння – у 2,04 рази.

Вплив заорювання екзогенної органічної речовини на сумарну біологічну активність впродовж вегетації послаблюється: у фазу третього листка збільшення сумарної біологічної активності в результаті заорювання соломи пшениці складає 95,2 %, у фазу цвітіння – 44,2 %. Заорювання соломи пшениці (5 т/га) на фоні органомінеральної системи удобрення у фазу третього листка кукурудзи на зерно закономірно призводить до активізації процесів витрачання органічної речовини ґрунту, процесів мінералізації сполук азоту, що сприяє створенню оптимальних умов мінерального живлення (табл. 1). У фазу цвітіння кукурудзи тенденції щодо освоєння органічної речовини ґрунту зберігаються, однак інтенсивність мінералізації сполук азоту у зв'язку з необхідністю витрачання сполук азоту на гідроліз органічних речовин соломи, зменшується на 66,5 %, і оскільки макромолекули соломи є більш легкогідролізованими сполуками, ніж макромолекули гумусу – в 2 рази уповільнюється деструкція макромолекул гумінових і фульвокислот (табл. 2). Внесення екзогенної органічної речовини істотно впливає на сумарну біологічну активність на початку вегетації, однак у фазі цвітіння–молочної стиглості вплив заорювання соломи пшениці стає менш помітним.

Внесення органічних добрив (гною ВРХ) приводить також до інтенсифікації мінералізаційних процесів тільки починаючи із фази цвітіння кукурудзи: підвищенню індексу педотрофності на 14,0 %, коефіцієнту мінералізації азоту на 34,0 % (табл. 2). Разом із тим, уповільнюється процес мінералізації гумусу на 6,80 %, збільшується дефіцит легкозасвоюваних поживних речовин, про що свідчить зростання коефіцієнту оліготрофності на 36,1 %, зростає сумарна біологічна активність (на 30,1 %), знижується фітотоксичність (на 11,3 %). Отже, застосування органічних добрив, зокрема гною ВРХ, оптимізує ґрунтовірні процеси, запобігає мінералізації гумусу, який є основним чинником потенційної родючості ґрунту і створює умови для покращення мінерального живлення рослин, що є основою збільшення ефективної родючості ґрунту.

Інтенсивність перебігання мінералізаційних та синтезаційних процесів за органічної і мінеральної систем удобрення у фазу третього листка кукурудзи на зерно істотно відрізняються: індекс педотрофності за органічної системи вищий за відповідний показник мінеральної системи удобрення на 70,2 %, коефіцієнт оліготрофності – у 2,32 рази. І навпаки, за мінеральної системи удобрення вищий коефіцієнт мінералізації сполук азоту – у 2,65 рази активність мінералізації гумусу – на 14,6 %, сумарна біологічна активність на 14,1 % (табл. 1). У фазу цвітіння кукурудзи також спостерігається більший рівень освоєння органічної речовини ґрунту і більший дефіцит легкозасвоюваних поживних речовин (мінеральних) саме за органічної системи удобрення, також уповільнений процес розкладання гумусових макромолекул – на 10,2 %. Однак, процес мінералізації сполук азоту стає більш інтенсивним у варіанті із органічною системою

удобрення, можливо через інтенсифікацію процесу розкладання макромолекул гною.

Висновки. 1. Застосування органо-мінеральної системи удобрення кукурудзи на зерно дозволяє знизити активність мінералізації гумусу на 17,0 % і підвищити сумарну біологічну активність на 59,5 %. Внесення незбалансованих доз мінеральних добрив провокує інтенсифікування розкладання органічної речовини ґрунту на 42,6 % і гумусу на 48,6 %, при цьому коефіцієнти мінералізації азоту і оліготрофності не змінюються, а сумарна біологічна активність зменшується на 7,9 %, що свідчить про незасвоєння певних кількостей мінеральних елементів.

2. Заорювання побічної продукції рослинництва (соломи пшениці) на фоні органічної системи удобрення активізує процеси освоєння органічної речовини ґрунту у фазу третього листка кукурудзи на зерно, і уповільнює цей процес у подальшому; покращує умови мінерального живлення рослин: коефіцієнт оліготрофності зменшується у фазу третього листка на 10,2 %, у фазу цвітіння – на 75,4 %, у фазу молочної стиглості – на 14,6 %; зменшує інтенсивність мінералізації сполук азоту і не впливає на активність деструкції гумусу.

3. Заорювання соломи пшениці на фоні органо-мінеральної системи удобрення сприяє уповільненню деструкції гумусу у фазу третього листка кукурудзи на зерно на 94,3 %, у фазу цвітіння – у 2,04 рази. Вплив заорювання екзогенної органічної речовини на сумарну біологічну активність впродовж вегетації послаблюється: у фазу третього листка збільшення сумарної біологічної активності в результаті заорювання соломи пшениці складає 95,2 %, у фазу цвітіння – 44,2 %.

4. Внесення органічних добрив (гною ВРХ) приводить до інтенсифікації мінералізаційних процесів починаючи із фази цвітіння кукурудзи, про що свідчить підвищення індексу педотрофності на 14,0 %, коефіцієнту мінералізації азоту на 34,0 %. Разом із тим, уповільнюється процес мінералізації гумусу на 6,8 %, збільшується дефіцит легкозасвоюваних поживних речовин на 36,1 %, зростає сумарна біологічна активність на 30,1 %, знижується фітотоксичність ґрунту на 11,3 %.

5. Інтенсивність перебігання мінералізаційних і синтезаційних процесів за органічної і мінеральної систем удобрення у фазу третього листка кукурудзи на зерно істотно відрізняються: індекс педотрофності за органічної системи вищий за відповідний показник мінеральної системи удобрення на 70,2 %, коефіцієнт оліготрофності – в 2,32 рази. За мінеральної системи удобрення вищий коефіцієнт мінералізації сполук азоту – в 2,65 рази, активність мінералізації гумусу – на 14,6 %, сумарна біологічна активність – на 14,1 %. У фазу цвітіння за органічної системи удобрення порівняно із мінеральною спостерігається більший рівень освоєння органічної речовини ґрунту і більший дефіцит легкодоступних поживних речовин; уповільнюється процес розкладання гумусових макромолекул (на 10,2 %); інтенсифікується процес мінералізації сполук азоту.

Література:

1. Jacoby R., Peukert M., Succurro A., Koprivova A. and Kopriva S. The Role of Soil Microorganisms in Plant Mineral Nutrition—Current Knowledge and Future Directions. *Front. Plant Sci.* 2017. № 8. P. 1617. doi: 10.3389/fpls.2017.01617
2. Dang P., Li C., Lu Ch., Zhang M., Huang T. Et al. Effect of fertilizer management on the soil bacterial community in agroecosystems across the Globe. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 2022. № 326(1). <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107795>.
3. Rusakova I. V. Biological properties of soddy-podzolic sandy loam soil with prolonged use of straw for fertilization. *Eurasian Soil Science.* 2013. № 12. P. 1485–1493. doi: 10.7868/S0032180X13120101.
4. Волкогон В. В., Британ Т. Ю., Пиріг О. В. Розвиток мікроорганізмів та спрямованість біологічних процесів у чорноземі вилуженому за моделювання дефіциту свіжої органічної речовини та впливу мінерального азоту. *Сільськогосподарська мікробіологія.* 2018. № 28. С. 3–16. DOI: 10.35868/1997-3004.28.3-16.
5. Шерстобоева О. В., Дем'янюк О. С. Функціонування мікробних угруповань при використанні на добриво побічної продукції рослинництва. *Збірник наукових праць Інституту землеробства.* 2003. № 1–2. С. 17–22.
6. Цвей Я. П., Гоголь В.О. Формування мікробного ценозу залежно від сівозміни і систем удобрення. *Цукрові буряки.* 2010. № 5. С. 7–9.
7. Paul E. A. *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry.* 4th edn. Fort Collins: Elsevier Science. 2015. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-05497-2>.
8. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry.* Editors Kassem Alef, Paolo Nannipieri. Elsevier: Academy Press. 2010. № 425. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-513840-6.X5014-9>.
9. Nannipieri P., Ascher-Jenull J., Ceccherini M. T., Landi L., Pietramellara G., Renella G. Microbial Diversity and Soil Functions. *European Journal of Soil Science.* 2003. № 54. doi: 10.1046/j.1351-0754.2003.0556.x.
10. Malynovska I., Kaminskyi V., Zadubynna Ye., Kurhak V., Karpenko V. The influence of agrotechnical measures on the number of melanin-synthesizing microorganisms. *Scientific Horizons.* 2023. № 26(8). P. 52–61. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.52>.
11. Крайнюков О., Мірошниченко І., Сябрук О., Гладких Ю. Вплив нафтового забруднення на перебіг змін властивостей чорнозему та фітотоксичність. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія Геологія. Географія. Екологія.* 2022. № 57. С. 296–306. doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-22.
12. Welham S. J., Gezan S. A., Clark S. J., Mead A. *Statistical Methods in Biology. Design and Analysis of Experiments and Regression,* Chapman and Hall. CRC, 2015. 602 p.
13. Малиновська І. М., Сорока О. П. Вплив агротехнічних заходів на перебіг мікробіологічних процесів у ґрунті малорічного перелогу. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції «Сільськогосподарська мікробіологія: здобутки та перспективи». Чернігів, 2011. С. 256–260.
14. Малиновська І. М., Ткаченко М. А., Сачок В. Г., Скуміна М. О. Вплив агротехнічних заходів на мікробні угруповання сірого лісового ґрунту. *Проблеми екологічної біотехнології.* 2014. № 1. Режим доступу: <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/4719>.

15. Малиновська І. М., Домбровська І. В. Стан мікробіоценозу сірого лісового ґрунту за різноцільового використання. *Вісник Київського національного університету. Сер. біолог.* 2011. Вип. 57. С. 21–25.

References:

1. Jacoby, R., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A., Kopriva, S. (2017). The Role of Soil Microorganisms in Plant Mineral Nutrition—Current Knowledge and Future Directions. *Front. Plant Sci.*, no. 8, pp. 1617. doi: 10.3389/fpls.2017.01617.
2. Dang, P., Li, C., Lu, Ch., Zhang, M., Huang, T. Et al. (2022). Effect of fertilizer management on the soil bacterial community in agroecosystems across the Globe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, no. 326(1). <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107795>.
3. Rusakova, I. V. (2013). Biological properties of soddy-podzolic sandy loam soil with prolonged use of straw for fertilization. *Eurasian Soil Science*, no. 12, pp. 1485–1493. doi: 10.7868/S0032180X13120101.
4. Volkogon, V. V., Britan, T. Yu., Pyrig, O. V. (2018). Development of microorganisms and directionality of biological processes in chernozem leached under simulation of the deficiency of fresh organic matter and the influence of mineral nitrogen. *Agricultural microbiology*, no. 28, pp. 3–16. DOI: 10.35868/1997-3004.28.3-16. [in Ukrainian].
5. Sherstoboyeva, O. V., Demyanyuk, O. S. (2003). Functioning of microbial communities when by-products of crop production are used as fertilizer. *Collection of scientific works of the Institute of Agriculture*, no. 1–2, pp. 17–22. [in Ukrainian].
6. Tsvei, Y. P., Gogol, V. O. (2010). Formation of microbial coenosis depending on crop rotation and fertilization systems. *Sugar beets*, no. 5, pp. 7–9. [in Ukrainian].
7. Paul, E. A. (2015). *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*. 4th edn. Fort Collins: Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-05497-2>.
8. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry* (2010). Editors Kassem Alef, Paolo Nannipieri. Elsevier: Academy Press, no. 425. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-513840-6.X5014-9>.
9. Nannipieri, P., Ascher-Jenull, J., Ceccherini, M. T., Landi, L., Pietramellara, G., Renella, G. (2023). Microbial Diversity and Soil Functions. *European Journal of Soil Science*, no. 54. doi: 10.1046/j.1351-0754.2003.0556.x.
10. Malynovska, I., Kaminskyi, V., Zadubynna, Ye., Kurhak, V., Karpenko, V. (2023). The influence of agrotechnical measures on the number of melanin-synthesizing microorganisms. *Scientific Horizons*, no. 26(8), pp. 52–61. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.52>.
11. Kraynyukov, O., Miroshnychenko, I., Syabruk, O., Gladkikh, Yu. (2022). Influence of oil pollution on the course of changes in the properties of chernozem and phytotoxicity. *Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University, Geology series. Geography. Ecology*, no. 57, pp. 296–306. doi.org/10.26565/2410–7360–2022–57–22. [in Ukrainian].
12. Welham, S. J., Gezan, S. A., Clark, S. J., Mead, A. (2015). *Statistical Methods in Biology. Design and Analysis of Experiments and Regression*, Chapman and Hall. CRC. 602 p.
13. Malinovska, I. M., Soroka, O. P. (2011). Influence of agrotechnical measures on the course of microbiological processes in the soil of low-season fallow.

Materials of the All-Ukrainian Scientific Conference "Agricultural Microbiology: Achievements and Prospects". Chernihiv, 2011. Pp. 256–260. [in Ukrainian].

14. Malinovska, I. M., Tkachenko, M. A., Sachok, V. G., Skumina, M. O. (2014). Influence of agrotechnical measures on microbial communities of gray forest soil. *Problems of ecological biotechnology*, no. 1. Access mode: <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/4719>. [in Ukrainian].

15. Malinovska, I. M., Dombrovska, I. V. (2011). State of microbiocenosis of gray forest soil under multi-purpose use. *Bulletin of Kyiv National University. Ser. Biology*, issue 57, pp. 21–25. [in Ukrainian].

Annotation

Malynovska I. M., Karpenko V. P., Leontiuk I. B.

Dynamics of mineralization processes in the root zone of corn using different fertilizer systems

The aim of the work was to study microbiological processes in the root zone of corn using different fertilization systems: mineral, organic and organo-mineral.

Methods: microbiological, laboratory-analytical, statistical.

The results. It was established that the consumption of soil organic matter increases from the phase of the third leaf to the flowering phase by 1.86–2.84 times, depending on the fertilization system, and then the growth stops. For some fertilization systems (organic with plowing of straw, organo-mineral with plowing of wheat straw and application of fertilizers in a dose of $N_{40}P_{30}K_{40}$), the pedotrophicity index has a maximum value already in the period of the first observation and subsequently decreases significantly. The coefficient of oligotrophy increases sharply (especially in the control) from the phase of the third leaf to the flowering phase, and much more slowly – to the milk ripeness phase. The processes of mineralization-immobilization of nitrogen compounds take place in the variants of the control, organo-mineral and organic fertilization system in the time interval between the first observation periods with increased intensity, and in the variants of the mineral, organic fertilization system + wheat straw and the organo-mineral fertilization system + straw + fertilizers in a dose of $N_{40}P_{30}K_{40}$ – with a decrease in intensity by 1.5–2.26 times. In the phase of milk ripeness, a decrease in the mineralization coefficient of nitrogen compounds is observed for all fertilization options.

The activity of humus mineralization in the control and organo-mineral fertilization system with a single dose of fertilizers increases from the phase of the third leaf to the flowering phase by 12.0 and 6.8 %, to the milk ripeness phase by 26.1 and 18.0 %, respectively. With other fertilizer options, the activity of humus destruction fluctuates by 2–3 %, but no clear dynamics were detected during the observation period. Changes in the total biological activity during the growing season are of a general nature: they increase intensively (by 59.0–95.3 %) from the phase of the third leaf to the flowering phase of the panicle, and much more slowly – to the phase of milk ripeness. The reduction of phytotoxicity in the period from the first to the second observation depends on the fertilization system: by 27.1 % – in the version without fertilizers, 15.7 – under the organo-mineral fertilization system with a single dose of fertilizers, 19.8 – under the organic fertilization system, by 15.8 % – for the organic fertilizer system + wheat straw. Phytotoxicity of the soil decreases by approximately the same amount in the phase of milk ripeness under all fertilization options.

Conclusion: *the dynamics of mineralization processes in the root zone of corn plants depends on the intensity of plant growth and the fertilizer system used.*

Key words: *index of pedotrophicity, oligotrophicity, coefficient of mineralization of nitrogen compounds, mineralization activity of humus, phytotoxicity, total biological activity, mineral fertilizer, organic fertilizer.*

УДК: 631.861:631.862

DOI: 10.32782/2415-8240-2024-104-1-19-32

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БІОГАЗОВОГО ДИГЕСТАТУ З КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ

О. В. ШЕВЧУК, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

Г. М. ГОСПОДАРЕНКО, доктор сільськогосподарських наук
Уманський національний університет садівництва

У зв'язку з високою концентрацією ксенобіотиків і стійкістю до розкладання, самоочищення природи проходить повільно. Тому відновлення довкілля є актуальним екологічним завданням: раціональне перероблення сільськогосподарських відходів, відновлення родючості ґрунтів від токсичних хімічних речовин, утилізація відходів каналізаційних очисних споруд, очищення водних джерел тощо. Серед наведених екологічних проблем є й утилізація супутніх продуктів біогазового виробництва. Під час біогазового виробництва утворюється дигестат. У процесі проходження дигестатом різних стадій трансформації йому стають властиві певні характеристики. Крім того, зберігання дигестату приводить до розповсюдження несприятливого газоповітряного фону, забруднення ґрунту та підземних вод токсичними складовими. Утилізація дигестату пов'язана також з великими обсягами переробки біля населених пунктів. Його заборонено складувати без спеціальних дозволів та умов, не можна захоронювати на звичайних полігонах побутових відходів. Вимоги до зберігання регламентуються ДСТУ 8727:2017.

Ключові слова: дигестат, біогаз, характеристика, хімічний склад, класифікація.

Постановка проблеми. Термін «дигестат» використовують як узагальнюючий для супутніх продуктів, які утворюються під час виробництва біогазу. Проблема його утилізації ще повністю не вирішена. Дигестат піддається різним етапам перероблення і може використовуватися в якості органічних добрив завдяки високій концентрації азоту, фосфору, калію, біологічно активних речовин. У той же час вони можуть бути джерелом забруднення, тому що містить, наприклад, високі концентрації мікроелементів (важких металів). Необхідність класифікації супутніх продуктів біогазового виробництва є актуальним і потребує додаткових досліджень. Проблеми агрохімічно