

14. *Махонина А.В.* Экологическая характеристика водоемов комплексного назначения Центральной части Украины / А.В. Махонина, Н.Н. Сазанова, Н.А. Сидоров // *Наук. зап. Терноп. держ. пед. ун-ту. – Спецвипуск: Гідроекологія.* – 2001. – № 3(14). – С. 70–71. – (Серія: Біологія.)
15. Методика проведения измерений по определению радионуклидов // *Паспорт на универсальный спектрофотометрический комплекс УСК «ГАММА – ПЛЮС».* – М., 1998. – С. 21–32.
16. Распределение радионуклидов в Днепровских водохранилищах / И.В. Паськов, Е.Н. Волкова, З.О. Широкая, М.И. Кузьменко // *Проблемы рационального использования биоресурсов водохранилищ.* – К., 1995. – С. 155–156.
17. *Романенко В.Д.* Основы гидроэкологии / В.Д. Романенко. – К.: Генеза, 2004. – 664 с.
18. Сборник методик определения содержания радионуклидов в рыбном сырье, продукции и воде. – М., 1989. – 92 с.
19. *Sculberg O.M.* Toxic blue-green algae blooms in Europe / O.M. Sculberg, G.A. Codd, W.W. Carmichael // *A Growing Problem.* – AMBIO. – 1984. – Vol. 13, No. 4. – P. 244–247.

УДК 504.5

ВОДНО-ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ В УМОВАХ ТЕХНОГЕНЕЗУ

О.Г. Ізюмова

Житомирський державний технологічний університет

Наведено результати досліджень впливу викидів цементного виробництва на водно-фізичні властивості чорнозему опідзоленого. Встановлено, що негативна трансформація водно-фізичних показників ґрунту у 0,2 км зоні впливу цементного пилу зумовлює формування несприятливих динамічних характеристик ґрунтової вологи щодо її доступності для рослин. На відстані 2–6 км від джерела емісії цементного виробництва спостерігаються найбільш сприятливі передумови для оптимізації водно-фізичних характеристик ґрунту.

Ключові слова: цементний пил, чорнозем опідзолений, агрофізичні показники, водно-фізичні константи, ґрунтовий вологозапас.

Із розвитком фундаментальних та прикладних наук ще більш очевидним стає доцільність контролю за агрофізичними параметрами ґрунтів щодо цілеспрямованого регулювання їх родючості. У сучасній літературі параметри агрофізичних показників окультуреності ґрунтів обґрунтовано не зовсім повно. Це зумовлено, з одного боку, наданням пріоритетності агрохімічним властивостям ґрунту як головному чиннику його родючості, з іншого – недосконалістю методичної бази для визначення фізичних параметрів ґрунту та розмізкістю робіт щодо інструментального контролю за їх зміною.

Як агрофізичні показники, що відіграють важливу роль у формуванні водно-повітряного режиму ґрунту, прийнято водно-фізичні константи: повна вологоємність (ПВ), найменша (польова) вологоємність (НВ), вологість розриву капілярного зв'язку (ВРК) та показник вологості стійкого в'янення рослин (ВСВ). Наведені водно-фізичні константи відображають як кількісний рівень зволоженості ґрунту, так і якісну характеристику ґрунтової вологи щодо її рухомості і ступеня доступності рослинам. Зважаючи на це, виділено такі категорії ґрунтової вологи: в інтервалі від ПВ до НВ – найбільш доступна для рослин, однак не відіграє визначальної ролі у їх вологозабезпеченості через короткий

© О.Г. Ізюмова, 2013

відрізок часу перебування у кореневмістному шарі ґрунту; від НВ до ВРК – доступна (оптимальна для рослин) волога, якої достатньо для нормального розвитку рослин; від ВРК до ВСВ – важкодоступна для рослин, однак відіграє певну роль у їх вологозабезпеченості; волога, менша показника ВСВ, є фактично недосяжною для рослин [1].

У районах з цементними виробництвами внаслідок значних обсягів акумуляції цементного пилу відбуваються численні зміни в ґрунтовій екосистемі: підлугування ґрунту, накопичення деяких біогенних елементів та важких металів, зміни у біологічній активності ґрунту, рухомості елементів живлення, інтенсивності спрямованості метаболізму органічної речовини тощо [2, 3]. Окрім того, надходження значних обсягів цементного пилу в ґрунт може істотним чином впливати на його фізичні та водно-фізичні властивості. Такі зміни, на нашу думку, можуть відбуватись як унаслідок порушення процесів структуроутворення через надмірне насичення ґрунтового вбирного комплексу іонами кальцію, натрію, магнію, заліза, алюмінію, що містяться у цементному пилу, так і внаслідок фізичної акумуляції та седиментації дрібних частинок пилу у ґрунтових порах. Замулення пор ґрунту, і насамперед капілярних їх розмірів, спричинить зміни показників його фізичної будови, таких як щільність складення, загальна пористість, співвідношення капілярної пористості до некапілярної [4]. І зрештою, докорінно можуть змінитись параметри водно-фізичних констант, що своєю чергою є визначальними у формуванні водно-повітряного режиму ґрунту.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Результати водно-фізичних властивостей ґрунту наводяться за підсумками наших досліджень, проведених на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому, розміщеному у територіальних межах Здолбунівського та Острозького районів Рівненської області, що перебувають під впливом аеротехногенних емісій ПАТ «Волинь-це-

мент». Відбір зразків з 0–20 см шару ґрунту здійснювали з урахуванням напрямку переважаючих вітрів у південно-східній забрудненій частині території на відстанях 0,2, 2,0, 6,0, 10,0 і 25,0 км (контроль). Із шарів 0–10 та 10–20 см у 3-разовому повторенні за допомогою циліндрів висотою 10 см (об'єм – 218 см³) відібрано непорушені зразки (моноліти) ґрунту для лабораторного визначення параметрів водно-фізичних констант: повної вологоємності шляхом заливу моноліту водою після капілярного його насичення; найменшої (польової) вологоємності за модифікованим методом С.І. Долгова (1948; використано ґрунтові моноліти після визначення повної вологоємності); вологості розриву капілярного зв'язку за прискореним методом В.Б. Мацкевича [5] в циліндрах із ґрунтом після визначення в них НВ (як індикатор зміни кольору ґрунту під час його висихання використовували сіль хлориду кобальту (CoCl₂), гідрокристали якої за зволоження змінюють колір від синього до рожевого); вологості стійкого в'янення за методом С.І. Долгова (за вологістю ґрунту в момент його змочування). Вологість ґрунту, необхідну для розрахунку вищеперелічених констант і фізичних величин, визначали термостатно-ваговим методом із тепловим режимом висушування ґрунту 105°C.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами проведених досліджень встановлено чітко виражений деградаційний характер формування водно-фізичних показників ґрунту в зоні із максимальним техногенним навантаженням (табл. 1). Так, на відстані 0,2 км від джерела аеротехногенної емісії спостерігалось істотне зниження ПВ. Вологість ґрунту для орного (0–20 см) шару, що відповідає цій константі, знизилась від 40,3 (контроль) до 36,2%. Для верхнього (0–10 см) шару ґрунту тенденція до такої зміни була найбільш вираженою і становила 5,6%. Із віддаленістю від джерела впливу ПВ збільшувалося і максимальне її значення (45,6%) для орного шару – встановлено на відстані 6 км від джерела емісії.

Таблиця 1

Показники рівня зволоження ґрунту для відповідних водно-фізичних констант, % на сухий ґрунт

Відстань, км	Глибина, см	ПВ	НВ	ВРК	ВСВ
0,2	0–10	37,3	33,0	27,4	13,1
	10–20	35,1	32,1	27,0	13,2
	0–20	36,2	32,6	27,2	13,1
2,0	0–10	43,2	29,8	19,7	11,1
	10–20	39,3	30,1	20,1	12,0
	0–20	41,3	30,0	19,9	11,5
6,0	0–10	46,5	29,5	18,4	11,4
	10–20	44,6	29,1	17,9	10,8
	0–20	45,6	29,3	18,2	11,1
10,0	0–10	43,9	31,4	20,9	10,6
	10–20	40,4	29,1	21,7	10,9
	0–20	42,2	30,3	21,3	10,8
Контроль	0–10	42,9	31,8	22,6	11,7
	10–20	37,6	32,1	23,3	11,1
	0–20	40,3	32,0	23,0	11,4

Визначальну роль у формуванні продуктивного ґрунтового вологозапасу відіграють НВ та ВРК, що характеризують відповідно верхню та нижню межу оптимального зволоження ґрунту. Через акумуляцію у ґрунтових порах великої кількості грубих інертних фракцій цементного пилю поблизу джерела його викиду спостерігалось фізичне замулення ґрунтових пор, унаслідок чого зріс відсоток пор капілярного розміру [4]. Завдяки такій трансформації підвищується водоутримна здатність ґрунту. Це своєю чергою визначатиме НВ, і насамперед ВРК, оскільки вологість ґрунту, що відповідає цим водно-фізичним константам, перебуває у прямій залежності від водоутримної здатності ґрунту. Такі припущення знайшли підтвердження в результатах наших досліджень, що найбільш чітко прослідковуються у зміні ВРК. На відстані 0,2 км від джерела пилоутворення вологість ґрунту, яка відповідає ВРК, була найвищою (27,2%) і на 4,2% перевищувала контрольний показник.

Із віддаленістю від джерела емісії показники НВ та ВРК помітно знижувались і на

відстані 2–10 км варіювали у межах відповідно 29,3–30,3% та 18,2–21,3%, що значно нижче від їх контрольних величин.

Вологість стійкого в'янення на різних відстанях від джерела впливу виявилась менш динамічною і за 2-кілометровою зоною впливу змінювалась у незначних межах (10,8–11,5%), що фактично відповідало контрольному рівню. Лише у зоні із посиленням техногенним навантаженням (0,2 км) показник вказаної водно-фізичної константи був максимальним (13,1%) і на 1,7% перевищував контрольний рівень.

Наведені водно-фізичні константи прямо впливають на формування водного режиму ґрунту. З огляду на це, подальший аналіз експериментального матеріалу буде зосереджений на оцінці кількісних та якісних параметрів формування ґрунтового вологозапасу за аеротехногенних емісій цементного виробництва. Повна вологоємність – це стан зволоження ґрунту, коли всі його пори заповнені водою. Тому величина ПВ визначається загальною пористістю ґрунту і слугує критерієм його водоаккумулятивної здатності.

Надмірне техногенне навантаження на ґрунт у 0,2 км зоні впливу спричинило помітне зниження водоаккумулятивної здатності ґрунту (табл. 2). Загальний обсяг потенційних вологозапасів 0–20 см шару становив лише 97,0 мм, що менше, ніж на контрольній ділянці. До того ж понад 52% їх обсягів закумуляовано у верхньому 0–10 см шарі ґрунту. Із віддаленістю від джерела емісії потенційні вологозапаси ґрунту зростають, що обумовлено підвищенням показника загальної пористості ґрунту (104,0 мм).

Велике агрономічне значення мають вологозапаси, що відповідають найменшій вологоємності, оскільки характеризують верхню межу оптимального зволоження ґрунту. Вони формуються після вільного відтоку гравітаційної вологи і утримуються тривалий час ґрунтом винятково завдяки капілярним можливостям. Високі показники потенційних запасів такої вологи (87,4 мм) спостерігаються у зоні максимального техногенного навантаження (0,2 км) і обумовлені, насамперед, висо-

ким рівнем капілярної пористості ґрунту. Із зростанням загальної пористості ґрунту і зменшенням у ній частки капілярних пор [4], обсяги такого вологозапасу на відстані 2–10 км знижуються на 7,0–15,8% порівняно із контролем, і мінімальна їх кількість (66,8 мм) формується на відстані 6 км.

Аналогічні зміни встановлено й для вологозапасів ґрунту, що відповідають вологості розриву капілярного зв'язку, яка характеризує нижню межу оптимального для рослин зволоження ґрунту.

Нижню межу доступної для рослин ґрунтової вологи характеризує вологість стійкого в'янення. У зоні впливу цементного пілу на відстанях 2–10 км від джерела емісії прослідковується чітка тенденція до зниження ВСВ порівняно із контрольною ділянкою. Однак на відстані 0,2 км цей показник зростає і для орного шару становить 35,1%. Такі зміни зумовлено, на нашу думку, інтенсивністю коагуляційних процесів, що відбувалися у ґрунті під впливом кальцієвісного пілу. Рівень зволоження ґрунту, що відповідає ВСВ, утримується у

Таблиця 2

Потенційні вологозапаси для відповідних водно-фізичних констант ґрунту, мм

Відстань, км	Глибина, см	ПВ	НВ	ВРК	ВСВ
0,2	0–10	48,9	43,2	35,9	17,3
	10–20	47,7	43,7	36,7	18,0
	0–20	97,0	87,4	72,9	35,1
2,0	0–10	49,2	34,0	22,5	12,7
	10–20	47,2	36,1	24,1	14,4
	0–20	96,6	70,2	46,6	26,9
6,0	0–10	52,1	33,0	20,6	12,8
	10–20	51,7	33,8	20,8	12,5
	0–20	104,0	66,8	41,5	25,3
10,0	0–10	52,7	37,7	25,1	12,7
	10–20	50,1	36,1	26,9	13,5
	0–20	103,0	73,9	52,0	26,4
Контроль	0–10	51,9	38,5	27,3	14,2
	10–20	47,8	40,8	29,6	14,1
	0–20	99,9	79,4	57,0	28,3

ґрунті завдяки сорбційним силам, у формуванні яких визначальну роль відіграє величина питомої поверхні і, як наслідок, питомої поверхневої енергії ґрунту. Величина останньої зростає із підвищенням у ґрунті дрібнодисперсних фракцій твердої фази. Тому із зростанням дисперсності твердої фази ґрунту буде зростати і сорбційна здатність ґрунту, а отже, зростатиме й вологість ґрунту, що відповідає параметрам ВСВ. На значних відстанях від джерела емісії під впливом мілкодисперсного хімічно активного кальцієвмісного цементного пилу значно посилювались процеси мікро- та макроструктуризації ґрунту, що зумовлено коагуляцією колоїдних і мілкодисперсних фракцій твердої фази [6]. Внаслідок переходу мілкодисперсних ґрунтових фракцій у більш крупні структурні агрегати знижувалась і питома поверхнева енергія ґрунту, і, як наслідок, водосорбційна його здатність. Такі процеси і зумовили помітне зниження показника ВСВ на відстані 2–10 км від джерела викиду пилу.

По-іншому складались трансформаційні процеси у 0,2 км зоні впливу. Біля джерела емісії локалізувались найбільш крупні фракції пилу, які через велику фізичну масу не включались у аеротехногенні перенесення. Сполуки кальцію, що містились у пилу, через високу інертність крупнодисперсних фракцій пилу не брали

активної участі у коагуляційних процесах дрібнодисперсних частинок ґрунту. Наявність великої кількості нескоагульованих дрібних частинок у ґрунті істотно підвищували його сорбційну здатність, а отже й показник ВСВ.

Дослідження засвідчили, що крім зниження водоаккумулятивної здатності ґрунту, на відстані 0,2 км формується також і несприятливе співвідношення між формами доступної для рослин вологи (рис. 1).

На цій відстані 39,7% (35,1 мм) потенційного вологозапасу виявилось недоступним для рослин, що на 40% вище від контролю (28,3 мм). Слід зауважити, що спостерігалось подальше зниження (на 13,5%) їх доступних форм. З віддаленістю від джерела викиду пилу формувалось сприятливіше співвідношення вологи в ґрунті, що позначилося на помітному зростанні порівняно з контролем частки доступних (до 6,2%) та істотному зниженні (на 4,6–10,6%) недоступних їх форм. Найбільш виражені такі зміни проявилися на відстані 6 км від джерела емісії.

За результатами наших досліджень встановлено, що трансформація параметрів фізичної будови ґрунту, його структурного стану та пористості під впливом цементного пилу впливає на рухомість ґрунтової вологи та її доступність для рослин та ґрунтової біоти (рис. 2).

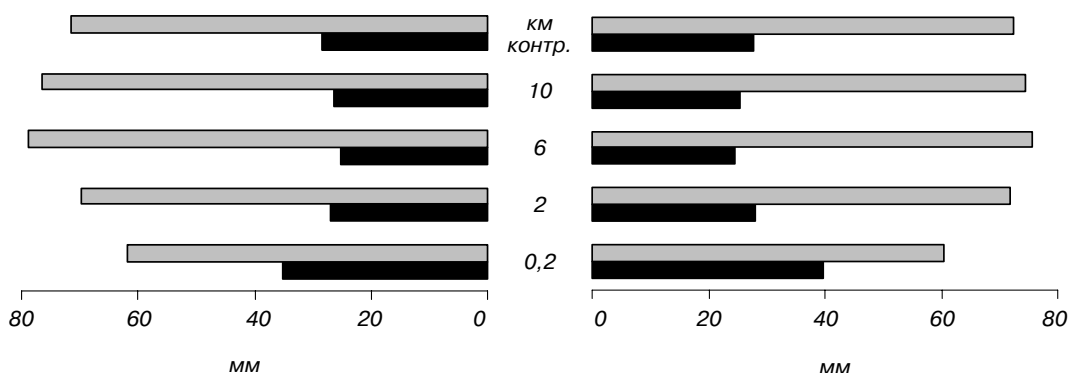


Рис. 1. Розподіл потенційного вологозапасу у 0–20 см шарі ґрунту в зоні впливу цементного пилу за їх доступністю: □ – доступний вологозапас (ПВ–ВСВ); ■ – недоступний вологозапас (<ВСВ)

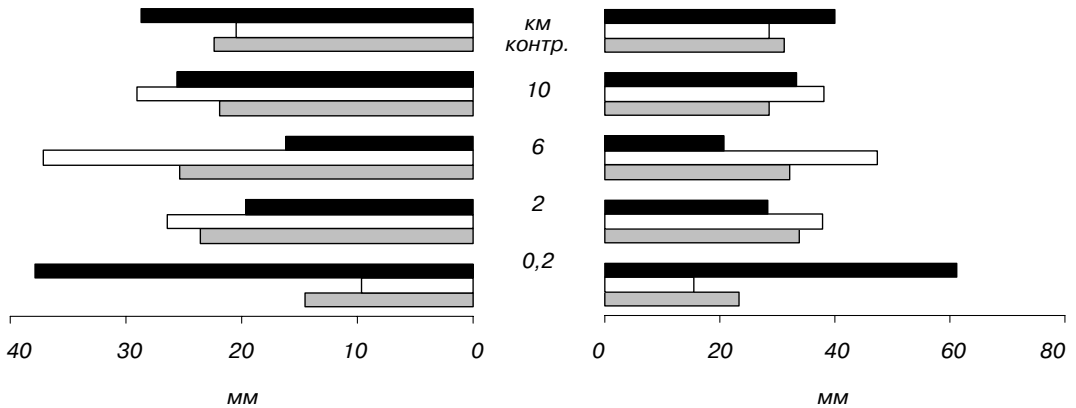


Рис. 2. Потенційний вологозапас у 0–20 см шарі ґрунту за категоріями його доступності для рослин у зоні впливу цементного пилу: ■ – важкодоступні (ВРК–ВСВ); □ – надлишкові (ПВ–НВ); ▒ – оптимальні (НВ–ВРК)

Серед категорій доступності для рослин ґрунтової вологи найбільший практичний інтерес становить категорія вологозапасу, що обмежується верхньою (НВ) та нижньою (ВРК) межами оптимального зволоження ґрунту. Сприятливі умови, що складаються для формування фізичних параметрів орного шару ґрунту на відстані 2–6 км від джерела емісії [4], забезпечили і найбільш високі показники оптимальних вологозапасів, які становили відповідно 23,6 та 25,3 мм, тобто 33,8 та 32,1% від загальної доступної вологи. На цих відстанях відзначено також найвищий відносний вміст надлишкової вологи (37,2 мм), що зумовлено зростанням некапілярної пористості ґрунту. Поряд з тим завдяки активізації коагуляційних процесів під впливом кальцієвмісного пилу та зниженню частки дрібнодисперсних фракцій ґрунту внаслідок їх переходу у структурні утворення вміст важкодоступної вологи значно зменшився і становив відповідно 19,7 та 16,2 мм, тобто 28,3 та 20,6% від загального доступного вологозапасу.

Абсолютно протилежним виявився розподіл доступної для рослин вологи на відстані 0,2 км. Підвищений вміст нескоагульованих дрібнодисперсних фракцій та колоїдних частин у поєднанні із акумуляцією у орному шарі ґрунту великої кількості

дрібних частинок цементного пилу зумовлювало зростання питомої поверхні ґрунту і, як наслідок, підвищення його сорбційних властивостей. Такі зміни посилили перехід значних обсягів ґрунтової вологи у важкодоступну форму. Тому потенціал важкодоступного вологозапасу у орному шарі на цій відстані був найвищим і склав 37,8 мм, або 61,1% від загальнодоступних вологозапасів, що відповідно на 9,1 мм та 21,0% вище від контрольних показників. Унаслідок зниження загальної пористості ґрунту, у т.ч. некапілярної, вміст надлишкової вологи у досліджуваному шарі ґрунту виявився у 2,5 раза нижчим від контролю і становив лише 9,6 мм, тобто 15,5% від загальнодоступного вологозапасу.

На відстані 10 км від джерела аеротехногенних емісій переважна більшість водоаккумулятивних характеристик ґрунту істотно не відрізнялась від контрольних показників.

ВИСНОВКИ

Локалізація цементного пилу на відстані 0,2 км від джерела емісії зумовлює відносно зниження повної вологоємності на 10,2%, зростання вологості, що характеризує нижню межу оптимального зволоження ґрунту, – на 18,3 та вологості стійкого в'янення рослин – на 14,9%. На відстані

2–6 км формуються найбільш оптимальні параметри водно-фізичних констант ґрунту: на 13,2% зростає повна вологемність та на 20,9% знижується вологість для нижньої межі оптимального зволоження ґрунту. На відстані 10 км від джерела техногенного впливу агрофізичні характеристики ґрунту наближаються до регіональних фонових показників.

У межах 0,2 км зони впливу цементного пилу спостерігаються несприятливі показники ґрунтової вологи щодо її доступності для рослин. Знижується водоакумулятивна здатність 0–20 см шару ґрунту на 8,1%, на 31 – зростають запаси недоступної вологи, а частка доступної зменшується на 23,7%. У структурі доступної вологи зростає вміст важкодоступних її форм, а кількість оптимального вологозапасу зменшується від 31,3 до 23,4%. На відстані 2–6 км характеристика ґрунтової вологи істотно поліпшуються. На 6,2% зростає частка доступного вологозапасу, а вміст недоступних їх форм знижується на 10,6%. У доступному фонді зростають запаси оптимального вологозапасу від 31,3 до 33,8%, а вміст важко-

доступної вологи зменшується від 40,1 до 20,6%.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Роде А.А.* Основы учения о почвенной влаге: в 2-х т. / А.А. Роде. – Л.: Гидрометиздат, 1969. – Т. 2. – 286 с.
2. *Ворон В.П.* Кислотно-основні властивості ґрунтів в умовах забруднення довкілля викидами цементного виробництва / В.П. Ворон, С.П. Распопіна // Вісник ХДАУ – 1999. – № 2. – С. 302–308. – (Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»).
3. *Якобечук В.Ф.* Забруднення території прилеглої до Миколаївського цементного комбінату / В.Ф. Якобечук, Д.М. Пузенко // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агрономія. – 2001. – № 5. – С. 36–38.
4. *Ізюмова О.Г.* Фізичні властивості ґрунту в умовах цементного виробництва / О.Г. Ізюмова // Агроекологічний журнал. – 2013. – № 2. – С. 46–50.
5. *Мацкевич В.Б.* Быстрый метод определения ВРК почвы / В.Б. Мацкевич // Тезисы докладов на III Всесоюзном делегатском съезде почвоведов. – Тарту, 1966. – С. 20–21.
6. *Ізюмова О.Г.* Структурутворення в ґрунтах з аномальним вмістом кальцію у зоні впливу ПАТ «Волинь-цемент» / О.Г. Ізюмова, Г.А. Мазур // Агроекологічний журнал. – 2011. – № 2. – С. 63–67.

НОВИНИ

Відділом агроекології та біобезпеки Інституту агроекології і природокористування НААН розроблено біопрепарат – **ДЦ (деструктор целюлози)**. До складу препарату входять спорові та не спорові бактерії, які володіють комплексом агрономічно корисних властивостей (азотфіксацією, фосфатмобілізацією, антагонізмом та ін.); міцелій та початки мікроскопічних грибів, які є антагоністами патогенної мікрофлори та активно руйнують целюлозу та інші органічні субстрати рослинного походження.

Комплексний біопрепарат ДЦ призначено для обробки стерні та ґрунту після збирання врожаю зернових, зернобобових, олійних, технічних, овочевих та інших культур, а також сидератів безпосередньо перед дискуванням або оранкою.

Використання ДЦ дає змогу прискорити розкладання рослинних решток, залишаючи у ґрунті вуглець та азот рослинного походження; знизити розвиток фітопатогенів; покращити родючість ґрунту завдяки природним вітамінам, ферментам, амінокислотам та мікроелементам; збільшити продуктивність сільськогосподарських культур на 10–30%.