

УДК 631.811.4 : 631.811.4

ГОСПОДАРЕНКО Г. М., д-р с.-г. наук

ПРОКОПЧУК І. В., канд. с.-г. наук

Уманський національний університет садівництва

pivotbi@ukr.net

ТРАНСФОРМАЦІЯ КИСЛОТНО-ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ҐРУНТУ ТА БАЛАНС КАЛЬЦІЮ ЗА РІЗНОГО УДОБРЕННЯ І ВАПНУВАННЯ

Розглянуто питання впливу мінеральних добрив і сумісного їх застосування з дефекатом на зміну кислотно-основних показників чорнозему опідзоленого важкосуглинкового. Показано, що внесення одних лише мінеральних добрив сприяє підкисленню чорнозему опідзоленого, зменшенню вмісту кальцію та магнію, суми увібраних основ та зниженню ступеня насичення ґрунту на основи. Обмінна кислотність варіантів без застосування дефекату, лише на фоні мінеральних добрив становить від 5,1 до 5,3 од рН, гідролітична кислотність 3,25–3,68 смоль/кг, вміст обмінного кальцію та магнію зменшився до 19,3–20,9 і 2,20–2,36 смоль/кг відповідно, сума увібраних основ знизилась до 22,3–24,3 смоль/кг, а ступінь насичення ґрунту на основи до 86–88 %. Внесення дефекату сумісно з різними дозами мінеральних добрив значно покращувало кислотно-основні показники ґрунту, відбувалось усунення надлишкової кислотності, відповідно $\text{pH}_{\text{сол}}$ 5,3–6,2 од рН, вміст обмінного кальцію на четвертий рік дії дефекату збільшився до 22,1–24,7 мг/кг залежно від варіанта удобрення, одночасно зросли показники суми увібраних основ до 25,5–28,3 смоль/кг. Розрахунки балансу кальцію в короткоротаційній польовій сівозміні за умови внесення мінеральних добрив на тлі дії різних доз дефекату від 4,5 до 13,5 т/га показали, що у варіантах досліджу з внесенням лише мінеральних добрив складається різко від'ємний баланс кальцію. Внесення різних доз мінеральних добрив на тлі дії від половинної до півтори дози дефекату сприяє тому, що баланс кальцію формується додатним. Встановлено, що внесений кальцій з дозою дефекату 4 т/га у поєднанні з високими дозами мінеральних добрив за чотири роки більше ніж на половину витрачається, тоді як за одинарної дози його внесення (9 т/га) запасів кальцію може вистачити ще на одну ротацію чотириріпільної сівозміни.

Ключові слова: чорнозем опідзолений, мінеральні добрива, дефекат, вапнування, кислотно-основні показники, баланс кальцію.

Постановка проблеми. Нині посилюється фізико-хімічна деградація ґрунтів Лісостепової зони, яка здебільшого проявляється в підкисленні навіть нейтральних за своєю природою чорноземів. Це пояснюється зміною функціонування сільського господарства, значно скоротились роботи з проведення вапнування, а в більшості господарств за відсутності коштів внесення вапнувальних матеріалів зовсім не проводиться. Все це призводить до зростання кислотності ґрунтів, зменшення вмісту кальцію та магнію і, як наслідок, від'ємного їх балансу. Тому одержання об'єктивних даних щодо функціонування агроєкосистем, їх агроєкологічного стану, а також моделювання процесу поліпшення родючості ґрунту можливе за умови наявності всебічної інформації, включаючи і характеристики кислотно-основних властивостей, особливо в умовах стаціонарного польового досліджу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тривале застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив, особливо в підвищених дозах, зумовлює зростання кислотності ґрунту, а також вилуження з верхніх його горизонтів кальцію та магнію які формують родючість [1–7]. Водночас на кислих ґрунтах різко знижується ефективність мінеральних добрив, якість сільськогосподарської продукції, а також коефіцієнти використання азоту добрив [8–11]. Вапнування кислих ґрунтів є одним з основних агрономічних заходів спрямованих на покращення його родючості, який сприяє створенню сприятливих агрохімічних і біологічних умов для росту та розвитку рослин [12–18]. Кальцій, внесений у ґрунт, завдяки коагуляції колоїдів значно покращує структуру ґрунту, підвищує при цьому його водопроникність [19, 20]. У ґрунтах які мають низький вміст кальцію, гумус не утримується мінеральною частиною і досить легко вимивається за межі кореневмісного шару [21–23].

Мета дослідження – встановити вплив мінеральних добрив і сумісного їх внесення з дефекатом на зміну основних показників кислотно-основного стану чорнозему опідзоленого важкосуглинкового та розрахувати баланс кальцію в польовій сівозміні.

Матеріал і методика дослідження. Дослідження проведено в умовах стаціонарного польового досліджу (атестат УААН № 86), закладеному у 2012 році на дослідному полі Уманського НУС розміщеному в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузького округу Лісостепової Правобережної провінції з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи. Повну дозу внесення дефекату розраховано з

врахуванням рівня обмінної кислотності на час закладання досліду. В інших варіантах досліду вносили половину (0,5) або півтори дози дефекату (1,5 CaCO₃). Дефекат мав вміст: CaCO₃ – 60 %, азоту – 0,7 %, фосфору – 0,8 %, калію – 0,7 %, цукру – 2,0 %, пектинових речовин – 1,7 %, безазотистих органічних речовин – 9,5 %, азотистих органічних речовин – 5,9 %, солі різних кислот – 2,8 %, інші мінеральні речовини – 3,9 %. Розрахунок балансу кальцію в ґрунті проводили з врахуванням надходження його з мінеральними добривами, а саме з суперфосфатом гранульованим, вміст кальцію в якому становить 12 % [24], надходження кальцію з розрахунковою дозою дефекату, а також з насіннєвим матеріалом і з атмосферними опадами, вміст кальцію в яких становив 7,4 мг/л [25]. У витратній частині враховували кількість кальцію, що вилучається з основною та нетоварною частинами врожаю культур сівозміни та безпосередньо залежить від його величини і вмісту кальцію в продукції. Найбільш суттєвою статтею витрат кальцію з ґрунту є вилуження, кількість цих витрат може сягати 60–85 % від загальних витрат [26].

Розміщення варіантів у досліді послідовне. Дослід одночасно розгорнутий на трьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані трьох культур чотиріпільної польової сівозміни (горох, пшениця озима, буряк цукровий, кукурудза) і виявляти вплив агрометеорологічних чинників на їх продуктивність та ефективність добрив. Повторення досліду триразове. Загальна площа дослідної ділянки 36 м², облікова – 30 м². На тлі вапнування під культури сівозміни мінеральні добрива вносили у вигляді аміачної селітри, суперфосфату гранульованого та калію хлористого.

Основні результати дослідження. Встановлено, що вапнування завдяки насиченню ґрунтово-вбирного комплексу кальцієм суттєво зменшує кислотність ґрунту. Так, на четвертий рік дії дози дефекату 4,5 т/га показник обмінної кислотності становив від рН_{сол} 5,3 до 5,5, за внесення 9 т/га – 5,5–5,7, у варіантах де було внесено 13,5 т/га дефекату показники обмінної кислотності були найменшими і відповідно становили 5,8–6,1 од. рН залежно від варіанта удобрення (табл. 1). Разом зі зменшенням показників обмінної кислотності, на тлі внесення дефекату, зменшується і показник гідролітичної кислотності. Так, у варіантах досліду без внесення дефекату показник гідролітичної кислотності становить від 3,25 до 3,68 смоль/кг, тобто за такого його рівня спостерігається першочергова потреба у вапнуванні для ґрунтів Лісостепу [24].

Таблиця 1 – Зміна кислотно-основних показників чорнозему опідзоленого під впливом мінеральних добрив і дефекату

Варіант досліду	рН _{сол}	Вміст у ґрунті, смоль/кг				V, %
		Hg	Ca	Mg	S	
Без добрив (контроль)	5,3	3,25	20,9	2,36	24,3	88
N ₉₇ P ₇₅	5,3	3,48	20,4	2,29	23,6	87
N ₉₇ P ₇₅ K ₇₅	5,2	3,58	19,9	2,25	23,0	87
N ₁₃₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	5,1	3,68	19,3	2,20	22,3	86
0,5 CaCO ₃	5,5	2,47	23,1	2,49	26,5	91
0,5 CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅	5,3	2,54	22,7	2,47	26,2	91
0,5 CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅ K ₇₅	5,3	2,61	22,4	2,44	25,9	91
0,5 CaCO ₃ + N ₁₃₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	5,3	2,68	22,1	2,37	25,5	90
1,0 CaCO ₃	5,7	2,30	23,8	2,53	27,3	92
1,0 CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅	5,6	2,35	23,5	2,44	27,0	92
1,0 CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅ K ₇₅	5,5	2,42	23,2	2,39	26,7	92
1,0 CaCO ₃ + N ₁₃₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	5,5	2,46	23,0	2,33	26,5	91
1,5 CaCO ₃	6,1	2,05	24,7	2,59	28,3	93
1,5 CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅	6,0	2,18	24,1	2,55	27,8	93
1,5 CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅ K ₇₅	5,9	2,24	24,0	2,45	27,6	92
1,5 CaCO ₃ + N ₁₃₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	5,8	2,30	23,7	2,40	27,2	92
HP ₀₅	0,1	0,11	1,14	0,12		

За половинної дози внесення дефекату її величина зменшується до 2,47–2,68 смоль/кг, за повної дози – до 2,30–2,46 смоль/кг і за півтори дози внесення дефекату до 2,05–2,30 смоль/кг.

Одним із важливих показників, що впливає на стабілізацію та накопичення гумусу в ґрунті є вміст у ньому обмінних основ кальцію та магнію. Дослідженнями встановлено, що за половинної дози внесення дефекату (4,5 т/га) вміст обмінного кальцію на четвертий рік його дії становить 22,1–23,1 мг/кг, а за одинарної дози збільшився до 23,0–23,8 мг/кг залежно від варіанта удобрення. Тобто вапнування ґрунту створює оптимальні умови ґрунтового стану і живлення рослин, оскільки вміст кальцію становить понад 60 % ємності катіонного обміну ґрунту.

За внесення в ґрунт дефекату відбуваються зміни у структурі обмінних катіонів у бік збільшення частки кальцію та магнію, в той час як на тлі внесення одних лише мінеральних добрив і особливо зростаючих їх доз кількість обмінного кальцію та магнію зменшується, що зумовлено підкислювальною дією мінеральних добрив. Ученими [27–28] встановлено пряму залежність між дозою внесення мінеральних добрив і втратами кальцію.

Дослідженнями встановлено, що поєднання мінеральних добрив з дефекатом сприяє уповільненню процесів підкислення ґрунту та зменшення втрат кальцію, про що свідчать дані суми увібраних основ та ступеня насичення ґрунту на основі. Так, під впливом внесеного в ґрунт дефекату показник суми увібраних основ за поєднання мінеральних добрив і половинної дози дефекату зріс до 25,5–26,5 смоль/кг, і до 27,2–28,3 смоль/кг за поєднання внесення мінеральних добрив на тлі післядії 13,5 т/га дефекату проти 22,3–24,3 смоль/кг у контрольному варіанті без застосування мінеральних добрив і дефекату.

Баланс кальцію в ґрунті польової сівозміни є важливим показником ефективності заходів з нейтралізації підвищеної кислотності ґрунтів і об'єктивно показує причину їх підкислення [29, 30]. Розрахунки балансу кальцію показали, що надходження його у варіантах досліді без внесення дефекату становило 47–104 кг/га залежно від доз добрив, тобто мінеральні добрива сприяли незначному надходженню кальцію в ґрунт. У варіантах досліді з внесенням дефекату надходження кальцію у ґрунт за чотири роки становило 272–781 кг/га залежно від варіанта досліді (табл. 2).

Таблиця 2 – Баланс кальцію у ґрунті в середньому за першу ротацію 4-пільної польової сівозміни залежно від вапнування та удобрення, кг/га за рік

Варіант досліді	Надходження	Вилучення			Баланс, ±
		з продукцією	вимивання	всього	
Без добрив (контроль)	47	$\frac{4}{29}$	152	$\frac{156}{181}$	$\frac{-109}{-134}$
N ₉₇ P ₇₅	92	$\frac{5}{39}$	177	$\frac{182}{216}$	$\frac{-90}{-124}$
N ₉₇ P ₇₅ K ₇₅	92	$\frac{5}{41}$	188	$\frac{193}{229}$	$\frac{-101}{-137}$
N ₁₃₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	104	$\frac{6}{44}$	205	$\frac{210}{249}$	$\frac{-106}{-145}$
0,5 CaCO ₃	272	$\frac{4}{31}$	163	$\frac{167}{194}$	$\frac{105}{78}$
0,5 CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅	317	$\frac{5}{41}$	195	$\frac{200}{236}$	$\frac{117}{81}$
0,5 CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅ K ₇₅	317	$\frac{6}{44}$	212	$\frac{218}{256}$	$\frac{99}{61}$
0,5 CaCO ₃ + N ₁₃₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	332	$\frac{6}{48}$	220	$\frac{226}{268}$	$\frac{106}{64}$
1,0 CaCO ₃	496	$\frac{4}{32}$	177	$\frac{181}{209}$	$\frac{315}{287}$
1,0 CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅	541	$\frac{5}{43}$	191	$\frac{196}{234}$	$\frac{345}{307}$
1,0 CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅ K ₇₅	541	$\frac{6}{46}$	214	$\frac{220}{260}$	$\frac{321}{281}$
1,0 CaCO ₃ + N ₁₃₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	556	$\frac{6}{49}$	225	$\frac{231}{274}$	$\frac{325}{282}$
1,5 CaCO ₃	721	$\frac{4}{33}$	188	$\frac{192}{221}$	$\frac{529}{500}$
1,5 CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅	766	$\frac{6}{44}$	205	$\frac{211}{249}$	$\frac{555}{517}$
1,5 CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅ K ₇₅	766	$\frac{6}{47}$	228	$\frac{234}{275}$	$\frac{532}{491}$
1,5 CaCO ₃ + N ₁₃₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	781	$\frac{6}{50}$	231	$\frac{237}{281}$	$\frac{544}{500}$

Примітка. Над рисою – при залишенні нетоварної частини урожаю на полі, під рисою – за видалення нетоварної частини врожаю.

Розрахунки витрат кальцію показали, що за умови коли нетоварна частина врожаю буде залишена на полі, величина його вилучення буде становити від 4 до 6 кг/га, оскільки у різних

частинах і органах рослин містяться різні кількості кальцію: в листках і стеблах його значно більше, ніж в основній продукції (зерно, коренеплоди), в якій вміст кальцію незначний.

За умови видалення нетоварної частини врожаю втрати кальцію значно зростають і становлять 29–50 кг/га залежно від варіанта досліду. Підвищення дози внесення дефекату сприяло зростанню втрат кальцію. Так, у результаті вимивання у варіантах з внесенням дефекату втрати становили 163–231 кг/га і зростали зі зростанням дози його внесення. Отже, застосування високих доз дефекату сприяє зростанню втрат кальцію, а тому при розрахунках підтримувальної дози його внесення цю особливість слід враховувати.

У варіантах досліду з внесенням лише мінеральних добрив складається різко від'ємний баланс кальцію. У контрольному варіанті досліду без застосування мінеральних добрив і дефекату втрати кальцію становили 109 кг/га за умови, що нетоварна частина врожаю буде залишена на полі і 134 кг/га за її видалення. У варіантах досліду з внесенням мінеральних добрив ця величина становить відповідно 90–104 кг/га і 124–142 кг/га. В досліді у варіантах на тлі дії половинної дози дефекату баланс кальцію формувався додатним (+99–117 кг/га) при залишенні нетоварної частини врожаю на полі. Також за умови її видалення у варіантах з високими дозами внесення мінеральних добрив баланс кальцію складався додатним, хоча величина його була значно нижча (+61–81 кг/га). Отже, половинна доза дефекату за умови внесення невисоких доз мінеральних добрив ще буде діяти і на п'ятий рік, однак якщо вносяться підвищені та високі їх дози, то термін дії дефекату зменшується. За одинарної дози внесення дефекату величина балансу кальцію становила 315–345 кг/га за умови залишення всього нетоварного врожаю на полі і зменшувалась до 281–307 кг/га за його видалення. Отже, навіть за умови видалення нетоварної частини врожаю на тлі одинарної дози внесення дефекату впродовж наступних чотирьох років забезпечується бездефіцитний баланс кальцію. Півтори дози дефекату значно збільшують післядію вапнування.

Висновки. 1. Застосування вапнувальних матеріалів є одним із засобів попередження деградації і декальцинації ґрунтів, в тому числі і найбільш родючих чорноземів. При цьому за внесення підвищених доз мінеральних добрив слід застосовувати повну дозу дефекату, розраховану за показниками обмінної кислотності. Половинну дозу дефекату доцільно застосовувати за умови повторного вапнування через 4–5 років.

2. Поєднання мінеральних добрив та дефекату значно поліпшує кислотно-основні властивості чорнозему опідзоленого важкосуглинкового за рахунок зменшення обмінної і гідролітичної кислотності та підвищення суми увібраних основ і ступеня насичення ними ґрунту.

3. Розрахунок балансу кальцію в польовій сівозміні показав, що внесений кальцій з дозою дефекату 4 т/га у поєднанні з високими дозами мінеральних добрив за чотири роки більше ніж наполовину витрачається, тоді як за одинарної дози його внесення (9 т/га) запасів кальцію може вистачити ще на одну ротацію чотиріпільної сівозміни. За перевищення розрахункової дози дефекату відбуваються значні непродуктивні втрати кальцію.

4. Для підтримання оптимальних кислотно-основних показників чорнозему опідзоленого важкосуглинкового необхідно поєднувати внесення мінеральних добрив з вапнувальними матеріалами. При цьому слід врахувати, що половинна доза їх внесення може бути розрахована на чотири роки дії, а потім слід проводити періодично підтримувальне вапнування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Трансформація кислотно-основних властивостей ґрунту за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2014. №1. С. 8–12.
2. Прокопчук І. В., Надточій П. П. Вплив вапнування на фоні тривалого застосування добрив на азотний режим чорнозему опідзоленого в ланках польової сівозміни: збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету. 2003. Вип. 57. С. 97–102.
3. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 332 с.
4. Сортотная реакция яровой пшеницы на известкование при различных уровнях азотного питания / Литвинович А. В. и др. Агрехимия. 2017. №5. С. 78–85.
5. Лукманов А. А., Миннуллин Р. М. Известкование кислых почв в Республике Татарстан местными известковыми удобрениями. Агрехимический Вестник. 2017. № 5. Т. 5. С. 37–41.
6. Мазур Г. А., Ткаченко М. А., Шкляр В. М. Вплив вапнування за різних систем удобрення в сівозміні на баланс гумусу в сірому лісовому ґрунті. Вісник аграрної науки. 2016. № 10. С. 5–11.
7. Сипко А. О., Стрілець О. П., Зацкровка Н. С., Косташук М. В. Оптимізація фізико-хімічних властивостей чорнозему типового вилугованого слабокислого при застосуванні дефекату, отриманого за новою технологією. Цукрові буряки. 2017. №1. С. 11–13.
8. Биккинина Л. М.-Х., Ломако Е. И., Алиев Ш. А., Ильсов М. М. Эффективность местной доломитовой муки различного гранулометрического состава в условиях ресурсосберегающих технологий. Достижения науки и техники АПК. 2014. №3. С. 20–22.

9. Long-term effect of lime application on the chemical composition of soil organic carbon in acid soils varying in texture and liming history / Wang X. et al. *Biology and Fertility of Soils*. 2016. Vol. 52. P. 295–306.
10. Baldock J. A., Hawke B., Sanderman J., Macdonald L.M. Predicting contents of carbon and its component fractions in Australian soils from diffuse reflectance mid-infrared spectra. *Soil Res* 2013. no. 51. P. 577–595.
11. Factors affecting the measurement of soil pH buffer capacity: approaches to optimize the methods / Wang X. et al. *Eur J Soil Sci*. 2015. no. 66. P. 53–64.
12. Прокопчук І. В. Ефективність вапнування чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу України за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.04. Харків, 2003. 20 с.
13. Nang Seng Aye, Peter W. G. Sale, Caixian Tang. The impact of long-term liming on soil organic carbon and aggregate stability in low-input acid soils. *Biology and Fertility of Soils*. 2016. Vol. 52. P. 697–709.
14. Paradelo R., Virto I., Chenu C. Net effect of liming on soil organic carbon stocks: a review. *Agric Ecosyst Environ*. 2015. no. 202. P. 98–107.
15. Organic anion-to-acid ratio influences pH change of soils differing in initial pH / Rukshana F. et al. *J Soils Sediments*. 2014. no. 14. P. 407–414.
16. Haddad S. A., Tabatabai M. A., Loynachan T. E. Effects of liming and selected heavy metals on ammonium release in waterlogged agricultural soils. *Biology and Fertility of Soils* 2017. Vol. 53. Issue 2. P. 153–158.
17. Pools and solubility of soil phosphorus as affected by liming in long-term agricultural field experiments / Simonsen M. et al. *Geoderma*. 2018. Vol. 315. P. 208–219.
18. Ломако Е. И., Алиев Ш. А. Известкование почв Республики Татарстан. Казань, 2004. 271 с.
19. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів: монографія. Київ: Аграрна наука, 2008. 308 с.
20. Господаренко Г. М., Трус О. М., Прокопчук І. В. Умови збереження вмісту гумусу в ґрунті польової сівозміни. *Біологічні системи*. 2012. Т. 4, Вип. 1. С. 31–34.
21. Господаренко Г. Н., Прокопчук І. В. Содержание гумуса в черноземе оподзоленном после длительного применения удобрений в полевом севообороте. *Почвоведение и агрохимия*. 2015. № 2 (55). С. 102–107.
22. Трус О. М., Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Гумус чорнозему опідзоленого та його відтворення. Умань : ВПЦ «Візаві», 2016. 228 с.
23. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА». 2018. 570 с.
24. Прокопчук І. В. Хімічний склад сучасних атмосферних опадів. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених присвяченої 110-річчю з дня народження М. М. Шкварука. Умань, 2008. С. 50–51.
25. Прокопчук І. В. Баланс кальцію в чорноземі опідзоленому після тривалого застосування добрив у польовій сівозміні: збірник наукових праць Уманської державної аграрної академії. 2002. Вип. 54. С. 41–48.
26. Окорочков В. В. Вынос двухвалентных катионов при сельскохозяйственном использовании кислых почв. Сборник докладов Всероссийского научно-практической конференции «Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа оптимизации агроландшафтов». Курск, 14–16 сентября 2016. С. 205–213.
27. Потери обменных катионов и подкисление почв при длительном применении удобрений. В сб.: Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии / Шильников И. А. и др. Москва, 2013. С. 351–386.
28. Long-Term Effects of Forest Liming on Soil, Soil Leachate, and Foliage Chemistry in Northern Pennsylvania / Long R. P. et al. *Soil Science Society of America Journal Abstract – Forest, Range & Wildland Soils*. 2015. Vol. 79. №4. P. 1223–1236.
29. Paradelo R., Virto I., Chenu C. Net effect of liming on soil organic carbon stocks: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2015. Vol. 202. P. 98–107.

REFERENCES

1. Господаренко, Г. М., Прокопчук, І. В. Трансформація кислотності ґрунту за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні [Transformation of acid-base properties of soil for long-term application of fertilizers in field crop rotation]. *Visnyk Umans'kogo nacional'nogo universytetu sadivnytva*. [Bulletin of the Uman National University of Horticulture], 2014, no. 1, pp. 8–12.
2. Прокопчук, І. В., Надточий, П. П. Вплив вапнування на фоні тривалого застосування добрив на азотний режим чорнозему опідзоленого в ланках польової сівозміни [Influence of liming on the background of prolonged use of fertilizers on the nitrogen regime of chernozem podzoleny in the parts of field crop rotation]. *Zbirnyk naukovykh prac' Umans'kogo derzhavnogo agrarnogo universytetu* [Collection of scientific works of Uman State Agrarian University], 2003, Issue 57, pp. 97–102.
3. Господаренко, Г. М. Система застосування добрив [Fertilizer application system]. Kyiv, TOV «SIK GRUP UKRAYINA», 2018, 332 p.
4. Litvinovich, A. V., Kovleva, A. O., Homyakov, Yu. V., Pavlova, O.Yu., Lavrishev, A.V. Sortovaya reaktsiya yarovoy pshenitsy na izvestkovanie pri razlichnykh urovnyah azotnogo pitaniya [Varietal reaction of spring wheat to liming at different levels of nitrogen nutrition]. *Agrokhimiya*. [Agrochemistry], 2017, no. 5, pp. 78–85.
5. Lukmanov, A. A., Minnullin, R. M. Izvestkovanie kislykh pochv v Respublike Tatarstan mestnyimi izvestkovyimi udobreniyami [Liming of acidic soils in the Republic of Tatarstan with local calcareous fertilizers]. *Agrokhimicheskii Vestnik* [Agrochemical Herald], 2017, no. 5, Vol. 5, pp. 37–41.
6. Mazur, G. A., Tkachenko, M. A., Shklyar, V. M. Vplyv vapnuvannya za riznih sistem udobrennya v sivozmyni na balans gumusu v siromu lisovomu ґрунті [Influence of liming on different fertilizer systems in crop rotation on humus balance in gray forest soil]. *Visnik agrarnoyi nauki* [Bulletin of Agrarian Science], 2016, no. 10, pp. 5–11.
7. Sipko, A. O., Strilets, O. P., Zatskrkovna, N. S., Kostashuk, M. V. Optimizatsiya fiziko-himichnykh vlastivostey chornozemu tipovogo vilugovanogo slabokislogo pri zastosuvanni defekatu, otrimanogo za novoyu tehnologiyu [Optimization of physical and chemical properties of chernozem of a typical exhaust weak acid in the application of defecate obtained by the new technology]. *Tsukrovi buryaki* [Sugar beets], 2017, no. 1, pp. 11–13.
8. Bikkinina, L. M.-H., Lomako, E. I., Alijev, Sh. A., Il'jasov, M. M. Jeftektivnost' mestnoj dolomitovoy muki razlichnogo granulometricheskogo sostava v uslovijah resursoberegajushchih tehnologij [Efficiency of local dolomite flour of

various granulometric composition in conditions of resource-saving technologies]. Dostizheniya nauki i tehniki APK [Achievements of science and technology of agroindustrial complex], 2014, no. 3, pp. 20–22.

9. Wang, X., Tang, C., Baldock, J. A., Butterly, C. R., Gazey C. Long-term effect of lime application on the chemical composition of soil organic carbon in acid soils varying in texture and liming history. *Biology and Fertility of Soils*. 2016, Vol. 52, pp. 295–306.

10. Baldock, J. A., Hawke, B., Sanderman, J., Macdonald, L.M. Predicting contents of carbon and its component fractions in Australian soils from diffuse reflectance mid-infrared spectra. *Soil Res*. 2013, no. 51, pp. 577–595.

11. Wang, X., Tang, C., Mahony, S., Baldock, J.A., Butterly, C.R. Factors affecting the measurement of soil pH buffer capacity: approaches to optimize the methods. *Eur J Soil Sci*. 2015, no. 66, pp. 53–64.

12. Prokopchuk, I.V. (2003). Efektyvnist' vapnuvannja chornozemu opodzolenogo Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrai'ny za tryvalogo zastosuvannja dobriv u pol'ovij sivozmini : avtoref. dys. ... kand. s.-g. nauk : 06.01.04 [Efficiency of liming of chernozem of podzolenogo Pravoberezhnogo Forest-steppe of Ukraine for the long-term application of fertilizers in field crop rotation: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk. 06.01.04]. Kharkiv, 20 p.

13. Nang Seng, Aye, Peter, W. G. Sale, Caixian, Tang. The impact of long-term liming on soil organic carbon and aggregate stability in low-input acid soils. *Biology and Fertility of Soils*. 2016, Vol. 52, pp. 697–709.

14. Paradelo, R., Virto, I., Chenu, C. Net effect of liming on soil organic carbon stocks: a review. *Agric Ecosyst Environ*. 2015, no. 202, pp. 98–107.

15. Rukshana, F., Butterly, C.R., Xu, J.-M., Baldock, J.A., Tang, C. Organic anion-to-acid ratio influences pH change of soils differing in initial pH. *J Soils Sediments*. 2014, no. 14, pp. 407–414.

17. Haddad, S. A., Tabatabai, M. A., Loynachan, T. E. Effects of liming and selected heavy metals on ammonium release in waterlogged agricultural soils. *Biology and Fertility of Soils* 2017. Vol. 53, Issue 2, pp. 153–158.

18. Simonsson, M., Östlund, A., Renfjäll, L., Sigtryggsson, C., Börjesson, G., Kätterer, T. Pools and solubility of soil phosphorus as affected by liming in long-term agricultural field experiments. *Geoderma*. 2018, Vol. 315, pp. 208–219.

19. Lomako, E. I., Aliev, Sh. A. (2004). Izvestkovanie pochv Respubliki Tatarstan. [Liming of soils of the Republic of Tatarstan]. Kazan', 271 p.

20. Mazur, G.A. (2008). Vidtvorennya i reguljuvannja rodjuchosti legkih gruntiv. [Reproduction and regulation of the fertility of light soils]. Kyiv, Agrarian science, 308 p.

21. Gospodarenko, G.M., Trus, O.M., Prokopchuk, I.V. Umovi zberezhennja vmistu gumusu v grunti pol'ovoi' sivozmini [Conditions for maintaining humus content in the field of field crop rotation]. *Biologichni sistemi [Biological systems]*, 2012, Vol. 4, Issue 1, pp. 31–34.

22. Gospodarenko, G.N., Prokopchuk, I. V. Coderzhanie gumusa v chernozeme opodzolenomom posle dlitel'nogo primenenija udobrenij v polevom sevooborote [Content of humus in chernozem podzolized after long-term application of fertilizers in field crop rotation]. *Pochvovedenie i agrohimiya [Soil science and agrochemicals]*, 2015, no. 2 (55), pp. 102–107.

23. Trus, O. M., Gospodarenko, G. M., Prokopchuk, I. V. (2016). Gumus chornozemu opodzolenogo ta jogo vidtvorennya [Humus chernozem podzolenogo and its reproduction]. Uman', VPC «Vizavi», 228 p.

24. Gospodarenko, G. M. (2018). Agroximiya [Agrochemicals]. Kyiv, TOV «SIK GRUP UKRAYINA», 570 p.

25. Prokopchuk, I.V. (2008). Himichniy sklad suchasnih atmosfernih opadiv [The chemical composition of modern atmospheric precipitation]. *Materiali Vseukrai'ns'koi' naukovoï konferencii' molodih vchenih prisvjachenoï 110-richchju z dnja narodzhennja M.M. Shkvaruka [Proceedings of the All-Ukrainian scientific conference of young scientists dedicated to the 110-th anniversary of MM Shkvaruka]*. Uman', 2008, pp. 50–51.

26. Prokopchuk, I.V. (2002). Balans kal'ciju v chornozemi opodzolenomu pislja trivalogo zastosuvannja dobriv u pol'ovij sivozmini [Balance of calcium in chernozem podzolenomom after prolonged use of fertilizers in the field crop rotation]. *Zbirnik naukovih prac' Umans'koi' derzhavnoi' agrarnoi' akademii'*. [Collection of scientific works of the Uman State Agrarian Academy], Vol. 54, pp. 41–48.

27. Okorokov, V. V. (2016). Vyinos dvuhvalentnykh kationov pri selskochozyaystvennom ispolzovanii kislykh pochv [Removal of divalent cations during agricultural use of acidic soils]. *Sborik dokladov Vserossiyskogo nauchno-prakticheskoy konferentsii «Adaptivno-landshaftnyie sistemyi zemledeliya – osnova optimizatsii agrolandshaftov» [Collection of reports of the All-Russian scientific-practical conference "Adaptive landscape systems of agriculture – the basis for optimizing agrolandscapes"]*. Kursk, pp. 205–213.

28. Shilnikov, I. A., Akanova, N. I., Marenkova, M. G., Okorkov, V. V., Okorkova, L.A., Fenova, O.A. (2013). Poteri obmenniy kationov i podkislennie pochv pri dlitel'nom primenenii udobreniy [Removal of divalent cations during agricultural use of acidic soils]. *Nauchnyie osnovyi predotvrascheniya degradatsii pochv (zemel) selskochozyaystvennykh ugodiy Rossii i formirovaniya sistem vosproizvodstva ih plodorodiya v adaptivno – landsaftnom zemledelii [Scientific basis to prevent degradation of the soils of agricultural lands of Russia and the formation of systems of reproduction of fertility in adaptive – landscape farming]*. Moscow, pp. 351–386.

29. Long, R. P., Bailey, S. W., Horsley, S. B., Halld, T. J., Swistocke, B. R., DeWallef, D. (2015). Long-Term Effects of Forest Liming on Soil, Soil Leachate, and Foliage Chemistry in Northern Pennsylvania. *Soil Science Society of America Journal Abstract – Forest, Range & Wildland Soils*. Vol. 79, no. 4, pp. 1223–1236.

30. Paradelo, R., Virto, I., Chenu, C. Net effect of liming on soil organic carbon stocks: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2015, Vol. 202, pp. 98–107.

Трансформация кислотно-основных показателей почвы и баланс кальция при различном удобрении и известковании

Г. Н. Господаренко, И. В. Прокопчук

Рассмотрены вопросы влияния минеральных удобрений и совместного их применения с дефекатом на смену кислотно-основных показателей чернозема оподзоленного тяжелосулинного. Показано, что внесение одних только минеральных удобрений способствует подкислению чернозема оподзоленного, уменьшению содержания кальция и магния, суммы поглощенных оснований и снижению степени насыщенности почвы на основания. Обменная кислотность вариантов без

применения дефеката, только на фоне минеральных удобрений составляет от 5,1 до 5,3 от рН, гидролитическая кислотность 3,25–3,68 смоль/кг, содержание обменного кальция и магния уменьшилось до 17,9–19,6 и 2,20–2,36 смоль/кг соответственно, сумма поглощенных оснований снизилась до 26,1–27,5 смоль/кг, а степень насыщения почвы на основы до 88–89 %. Внесение дефеката совместно с различными дозами минеральных удобрений значительно улучшало кислотные показатели почвы, происходило устранения избыточной кислотности, соответственно $pH_{\text{сол}}$ 5,3–6,2 от рН, содержание обменного кальция на четвертый год действия дефеката увеличился до 19,1–20,6 мг/кг в зависимости от варианта удобрения, одновременно выросли показатели суммы поглощенных оснований – 28,1–30,3 смоль/кг. Расчеты баланса кальция в короткоротационном полевом севообороте при условии внесения минеральных удобрений на фоне действия различных доз дефеката от 4,5 до 13,5 т/га показали, что в вариантах опыта с внесением только минеральных удобрений формируется резко отрицательный баланс кальция. Внесение различных доз минеральных удобрений на фоне действия от половинной до полутора дозы дефеката способствует тому, что баланс кальция формируется положительным. Установлено, что внесенный кальций с дозой дефеката 4 т/га в сочетании с высокими дозами минеральных удобрений за четыре года более чем на половину расходуется, тогда как за одинарной дозы его внесения (9 т/га) запасов кальция может хватить еще на одну ротацию четырёхпольного севооборота.

Ключевые слова: чернозем оподзоленный, минеральные удобрения, дефекат, известкование, кислотные показатели, баланс кальция.

Transformation of acid-base soil indices and calcium balance for different fertilizers and liming

H. Hospodarenko, I. Prokopchuk

The article deals with the issues of the influence of mineral fertilizers and their combined use with defecate on change the acid-basic parameters of podzolized loamchernozem. It is proved that the application of mineral fertilizers alone contributes to the acidification of podzolized chernozem, the reduction of calcium and magnesium content, the amount of absorbed bases and the decrease of the degree of soil saturation on the base. Thus, the exchange acidity of the soil of the experimental variants without the defecate introducing had pH of 5.2–5.3.

In variants with the combined application of mineral fertilizers and different doses of defecate for the fourth year of its action is 5.3–5.5 pH under introducing the half dose, 5.7–5.7 pH of the single dose and pH 5.8–6.1 under introducing one and half dose of defecate. Hydrolytic acidity variation ranged from 3.25–3.68 mole/kg in the variants without defecate to 2.05–2.68 mole/kg in the variants with different doses of it with the simultaneous increase in the content of calcium and magnesium soils. The amount of absorbed bases in the variants with various doses of mineral fertilizers was – 26,1–27,5 mole/kg and gradually increased with the increase in the dose of defecate to 28,1–29,0 mole/kg at the half dose, to 28,8–29,6 for a single and up to 29,4–30,3 mole/kg for one and a half dose.

It was established that liming contributed to an increase in the degree of soil saturation on the base to 92–94 % versus 88–89 % in non-liming variants. Consequently, the introduction of defecate with different doses of mineral fertilizers significantly improved the acid-basic characteristics of podzolized loam chernozem. The balance of calcium in short-rotational field crop rotation is calculated, provided that the defecate is applied in the amount of 4.5–13.5 t/ha. Calculations have shown that calcium balance is sharply negative – from – 359 to – 868 kg/ha in the variants where calcium-containing compounds are not added. In our opinion, this is due to its large loss caused by erosion. Introducing a half dose of defecate was only sufficient for four years of agricultural use of the soil, while for a single dose as well as one and a half doses of its introduction, the balance is positive even in the variants with higher doses of mineral fertilizers.

Consequently, the use of defecate is one of the agrotechnological methods for preventing acidification and decalcification of podzolized loam chernozem in the field crop rotation. It was also found out that when applying higher doses of mineral fertilizers, the dose of defecate should be not less than a single one in terms of exchange acidity, since the effect of the half dose of the defecate can be calculated for no more than four years.

Key words: podzolized chernozem, mineral fertilizers, defecate, liming, acid-base indicators, calcium balance.

Надійшла 10.04.2018 р.

УДК 631.417.2

СЕНЧУК М.М., канд. техн. наук

Білоцерківський національний аграрний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОГУМУСУ

На сьогодні розвиток теорії і практики біоконверсії органічних речовин із застосуванням технології вермикомпостування є одним з важливих напрямів забезпечення сільського господарства високоефективними добривами – біогумусом, а також цінним білком у вигляді біомаси дощових черв'яків. Впровадження таких технологій в господарствах дає можливість відновлювати і підтримувати на високому рівні родючість ґрунтів, підвищити урожайність сільськогосподарських культур, проводити рекультивування непридатних для сільськогосподарського використання земель, одержувати екологічно чисту рослинницьку продукцію, а також високобілкову біомасу дощових черв'яків. Біогумус зручний для механізованого локального внесення в ґрунт, для виробництва органо-мінеральних сумішей та біостимуляторів, для використання за вирощування кімнатних рослин, розсади, ведення тепличного господарства.