

УДК 631.415
© 2010

Г.А. Мазур,
академік УААН

І.М. Кондратюк

М.А. Ткаченко,
кандидат сільсько-
господарських наук
ННЦ «Інститут
землеробства УААН»

БАЛАНС КАЛЬЦІУ У СІРОМУ ЛІСОВОМУ ҐРУНТІ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ХІМІЧНОЇ МЕЛІОРАЦІЇ

Обґрунтовано доцільність використання вапнякових матеріалів, що сприяє поліпшенню фізико-хімічних і агрохімічних властивостей, підвищенню умісту та запасу рухомих і обмінних форм кальцію та магнію, ступеня насичення ГВК цими елементами, зменшенню від'ємного балансу кальцію, що в цілому зумовлює підвищення родючості сірого лісового легкосуглинкового ґрунту.

У складі сільськогосподарських угідь України налічується близько 10 млн га кислих ґрунтів. Динаміка їхніх площ, за даними Укрдержродючості, не дає змоги нині встановити точні площі за ступенем кислотності, оскільки обстеження здійснюють на замовлення землекористувачів. Тому орієнтовна площа цих ґрунтів у складі орних земель становить 0,5 млн га сильнокислих, 1,3 — середньокислих, 3,2 — слабокислих та 4,6 млн га — близьких до нейтральних. Хімічну меліорацію проводять на незначних площах навіть на сильнокислих ґрунтах, що зумовило значне збільшення площ, які потребують вапнування, зниження потенційної та ефективної родючості, деградацію ґрунтів.

Кислі ґрунти Лісостепу представлені переважно ясно-сірими, сірими лісовими та темно-сірими опідзоленими ґрунтами (їхня загальна площа під сільськогосподарськими угіддями 3,84 млн га), рівень кислотності яких знаходиться в інтервалі pH_{KCl} 4,5—5,6 (Hg 4—2 м-екв/100 г ґрунту). Проте не можна вважати, що нейтральні ґрунти з вираженою потенційною кислотністю, а тим більше близькі до нейтральних з pH_{KCl} 5,6—6, за періодично промивного водного режиму не потребують вапнування. Порівняно легкий їхній гранулометричний склад та значна кількість опадів призводять до вимивання розчинних сполук, тому ці ґрунти містять мало рухомих поживних речовин, гумусу, солей кальцію та магнію [7].

Система застосування мінеральних добрив різко підвищує урожайність сільськогосподарських культур, проте зростає також рухомість елементів живлення і обмінних форм кальцію та магнію у цих ґрунтах. Це пов'язано, насамперед, з обмінними фізико-хімічними реакціями добрив і твердою фазою ґрунту, унаслідок чого в ґрунтовий розчин у значній кількості надходять аніони сильних кислот, ґрунт підкислюється, підвищується рухомість поживних речовин та інших простих солей і винесення їх низхідними токами води в нижні шари ґрунто-

вого профілю. Крім того, збільшується продуктивний винос елементів живлення, особливо кальцію, підвищеними врожайми.

На Поліссі та більшій частині території Лісостепу відновлення кислотності в провапнованих ґрунтах з часом пов'язане з виносом обмінних основ кальцію урожайми сільськогосподарських культур (150—180 кг/га щороку), підкисленням ґрунтів атмосферними опадами й особливо фізіологічно кислими азотними добривами (витрачається 0,4—3 ц $CaCO_3$ на 1 ц добрив). Підкислююча дія азотних добрив виявляється не лише в негативному впливі на pH_{KCl} та інші показники кислотності, а й у посиленні процесу вилугування обмінних основ кальцію з ґрунту [6].

Нині установлено, що найбільше кальцію витрачається ґрунтами внаслідок вимивання, яке залежить від багатьох факторів: кількості опадів, гранулометричного складу ґрунту, доз мінеральних добрив, кислотності, наявності кількості кальцію та набору культур у сівозміні [2, 4]. Так, у західних районах України сірі лісові ґрунти залежно від системи удобрення культур і доз вапна щороку втрачали 230—570 кг/га карбонату кальцію [9]. Втрати кальцію призводять до його дефіциту, підкислення ґрунту, особливо легкого гранулометричного складу, до недобору врожаїв, руйнування його вбирного комплексу. Саме ці негативні явища мав на увазі К.К. Гедройц, обґрунтовуючи роль вапнування [2]. Головна роль унесення в кислий ґрунт кальцію полягає у нейтралізації надмірної кислотності, що сприяє поліпшенню його фізико-хімічних, агрохімічних і біологічних властивостей.

Дослідниками виявлено пряму залежність між кількістю унесених мінеральних добрив і втратами кальцію ґрунтами. Під їх дією збільшується розчинність сполук кальцію у ґрунтах, тому зростають його втрати за рахунок інфільтрації. Проте міграція кальцію має й зворотний характер. Певна його кількість повинна повер-

татися висхідними токами води в той шар ґрунту, з якого він вимивається [1, 4—6].

Необхідність повторного вапнування ґрунтів можна визначити експериментальним шляхом на основі балансових розрахунків. Розрахунком балансу кальцію у ґрунті надається значно менше уваги, ніж розрахунком балансу елементів живлення. Зумовлено це тим, що вміст кальцію є значно більшим, ніж азоту, фосфору та калію. У всіх ґрунтах, за винятком піщаних, сполук цього лужноземельного металу достатньо для живлення рослин.

Баланс кальцію математично являє собою різницю між статтями надходження та витрат його під культурою в окремому полі, сівозміні, господарстві тощо за певний проміжок часу. Крім того, при його визначенні слід враховувати ступінь поглинання кальцію ГВК у зв'язку з нейтралізацією кислотності ґрунту і витратами на нейтралізацію кислотності фізіологічно кислих мінеральних добрив.

Мета досліджень — розрахувати баланс кальцію та визначити на його основі строки повторного вапнування ґрунтів.

Результати досліджень. Розрахунок балансу кальцію наведено за даними стаціонарного досліді, проведеного в Правобережному Лісостепу на сірому лісовому крупнопилуватоліксоуглинковому ґрунті в зерно-просапній сівозміні. У досліді вапнування проводили навесні 1992 р. Вапно вносили у формі вапнякового і доломітового борошна з розрахунку 1,0 та 1,5 за Нг, зразки ґрунту відбирали для аналізу восени 1992 р. і кожного наступного. Для вапнування ґрунту у варіанті 8 застосовували доломітове борошно і при визначенні дози вапнякового меліоранту перерахували на CaCO_3 . Розрахунок балансу карбонатів вивчали в таких варіантах:

Варіант досліді	Нг, мг-екв/ 100 г ґрунту, 1992 р. (вихідні)
1. Контроль (без добрив)	3,6
6. Гній (10 т/га)+ $\text{N}_{54}\text{P}_{54}\text{K}_{56}$ — фон	3,8
7. Фон+ CaCO_3 (1,0Нг)	4,1
8. Фон+ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0Нг)	4,1
12. Гній (10 т/га)+ $\text{N}_{80}\text{P}_{80}\text{K}_{85}$ + + CaCO_3 (1,0Нг)	4,2
14. Гній (10 т/га)+ $\text{N}_{80}\text{P}_{80}\text{K}_{85}$ + + CaCO_3 (1,5Нг)	4,1

Кислі ґрунти збагачуються кальцієм різними шляхами, проте головним поповненням ґрунту є вапнування. При визначенні складових надходження кальцію у ґрунт, передусім, враховують його кількість, унесену з меліорантами, органічними і мінеральними добривами.

Розглянемо статті надходження кальцію до ґрунту у досліджуваних варіантах. Кальцій надходить: з насінням культур — 16 кг СаО за 2 ротації сівозміни (використовували нормативні дані); з атмосферними опадами за 14 років

надійшло $10 \times 14 = 140$ кг/га СаО (враховували щорічне надходження з опадами при середньорічній його кількості 10 кг СаО); капілярне підняття висхідними токами води згідно з нормативними даними становило $20 \times 14 = 280$ кг/га СаО; з добривами розраховували для тих варіантів, де їх уносили. З кожним центнером простого суперфосфату до ґрунту надходить 28 кг СаО. У 6—8 варіантах надходження становить $28 \text{ кг} \times 2,7 \text{ ц суперфосфату} \times 14 \text{ років} = 1058$ кг/га. У 12 і 14 варіантах відповідно $28 \text{ кг} \times 4 \text{ ц} \times 14 \text{ років} = 1568$ кг/га; з меліорантами розраховували для варіантів, де їх уносили. У варіанті 7 унесено 3444 кг/га СаО. Цю цифру отримали множенням кількості внесеного CaCO_3 на вміст у ньому СаО. Дозу вапна розраховували за гідролітичною кислотністю. У варіанті 8 внесено 3657 кг СаО, варіанті 12 — 3528, варіанті 14 — 5166 кг/га СаО; згноєм визначали як добуток із кількості внесеного гною (70 т/га) на вміст СаО (5 кг) у 1 т гною. У даному разі надійшло за 14 років 700 кг СаО.

У подальшому визначали статті витрат кальцію з ґрунту, передусім, розраховували виведення CaCO_3 урожаєм (кількість кальцію, яка вносився з ґрунту з урожаєм сільськогосподарських культур, дуже змінюється; вона відносно невелика в зернових, але значна в бобових, коренеплідних та ін.). Для цього врожайність кожної культури (у ц/га) множили на вміст СаО в урожаї і збільшили винос на 20% (вапнований ґрунт). Скажімо, для пшениці озимої вміст СаО становить 0,35 кг, збільшивши на 20%, отримаємо винос $0,35 \text{ кг} \times 20 : 100 + 0,35 = 0,42$ кг.

Культури, що вирощували в сівозміні, за період 2-х ротацій вносили таку кількість кальцію: у варіанті без добрив (контроль) — 508 кг; варіанті 6 — 702 кг, варіанті 7 — 729 кг, у варіанті 8, де вносили доломітове борошно, винос кальцію — 767 кг, у 12, 14 варіантах винос був більшим у зв'язку зі збільшенням урожайності за рахунок унесення додаткової кількості добрив і відповідно становив 755 кг, 730 кг СаО.

Вимивання кальцію з ґрунту за межі кореневої частини шару встановлювали залежно від гранулометричного складу ґрунту за узагальненими даними. У даному разі втрати CaCO_3 були $110 \text{ кг/га} \times 0,56 = 61,6 \times 14 \text{ років} = 862$ кг СаО. Слід враховувати і висхідну міграцію карбонатів, що становить у розрахунку 280 кг/га СаО. Унесення азотних добрив спричиняє додаткове вилуговування кальцію. На суглинкових ґрунтах втрати становили 0,5 кг СаО на 1 кг поживних речовин, унесених із мінеральними добривами. При внесенні мінеральних добрив на фоні вапна за інших однакових умов втрати карбонатів зростають у 1,5—2,1 раза [4, 7].

Розраховували також статтю витрат кальцію на нейтралізацію фізіологічно кислих мінеральних добрив, насамперед, азотних, які характеризуються підкислювальною дією. Теоретично для цього необхідна така кількість карбонату

1. Баланс кальцію (СаО) у ґрунті за 2 ротації сівозміни, кг/га

Стаття балансу	Контроль (без добрив)	Гній 10 т/га + NPK 22,4 ц/га — фон	Фон + СаСО ₃ (1,0Нг)	Фон + СаMg(CO ₃) ₂ (1,0Нг)	Гній 10 т/га + NPK 33,6 ц/га + СаСО ₃ (1,0Нг)	Гній 10 т/га + NPK 33,6 ц/га + СаСО ₃ (1,5Нг)
З органічними добривами (гній)	—	700	700	700	700	700
З мінеральними добривами (суперфосфат)	—	1058	1058	1058	1568	1568
З вапном	—	—	3444	3657	3528	5166
З опадами	140	140	140	140	140	140
Капілярне підняття	280	280	280	280	280	280
З насінням культур	16	16	16	16	16	16
Усього	436	2194	5638	5851	6232	7870
Винос з урожаєм культур	508	702	729	767	755	730
Нейтралізація ґрунтової кислотності	—	—	840	924	756	1092
Нейтралізація мінеральних добрив	—	941	941	941	1411	1411
Вимивання за межі кореневмісного шару	862	1982	2973	2973	3813	3813
Усього	1370	3625	5483	5605	6735	7046
Баланс за 14 років	-934	-1431	+155	+246	-503	+824
У середньому за рік на 1 га ріллі	-67	-102	+11	+18	-36	+59

кальцію: аміачної селітри — 0,75 ц/1 ц; хлористого амонію — 1,4; сульфат амонію — 1,2; сечовини — 0,8; аміачної води — 0,4; амофосу — 0,65 [6]. Ці дані загальноприйняті й використовуються у розрахунках балансу в інших країнах. У зв'язку з тим, що в досліді за 14 років аміачної селітри було внесено у варіантах з одинарною дозою мінеральних добрив 22,4 ц/га, полуторною — 33,6 ц/га, то витрати кальцію на нейтралізацію добрив становлять: у варіантах 6—8 — 941 кг (42×22,4), 12, 14 — 1411 кг (42×33,6). Число 42 означає кількість СаО в кілограмах, що йде на нейтралізацію 1 ц аміачної селітри (нормативні дані) [3].

У баланс кальцію дуже важливим є урахування його витрат на нейтралізацію ґрунтової кислотності. Слід зазначити, що це не є прямими витратами кальцію з ґрунту, бо кальцій вапна, яке прореагує з ґрунтом, залишається у самому ґрунті у водорозчинній чи обмінній формах у складі ГВК. З урахуванням того, що на нейтралізацію кислотності витрачається еквівалентна кількість карбонату кальцію, вапно, що прореагувало, надалі не зможе позитивно впливати на підвищення реакції ґрунтового розчину. Оскільки гідролітична кислотність (14-й рік після усення меліорантів) зменшилась на 1 мг-екв у варіанті 7, 1,1 мг-екв у варіанті 8, 0,9 мг-екв у варіанті 12 і 1,3 мг-екв у варіанті 14, то відповідно кальцію буде витрачено у варіанті 7—1 мг-екв×840 кг (норматив витрат каль-

цію на 1 мг-екв кислотності) = 840 кг/га; варіанті 8 — 924 кг/га; варіанті 12 — 756 кг/га та варіанті 14 — 1092 кг/га СаО. У кінці розрахунків знаходимо суми всіх статей витрат кальцію та його надходження і порівнюємо між собою (табл. 1).

Баланс кальцію — це різниця між сумарним його надходженням і сумарними витратами з ґрунту за певний проміжок часу. За період 2-х ротацій сівозміни (14 років) у варіанті без добрив (контроль) баланс кальцію становив -934 кг/га, варіанті 6 баланс також був від'ємним -1431 кг/га.

Порівняно з контрольним варіантом, у варіанті 6 вносили мінеральні добрива в одинарній дозі і на їх нейтралізацію витратили 941 кг/га СаО, тобто відбулося більше витрат кальцію з ґрунту. У варіантах 7 (з вапняковим борошном) і 8 (з доломітовим борошном) баланс кальцію був позитивним — +155 кг/га, +246 кг/га відповідно, що підтверджує: доломітове борошно є кращою формою меліоранту для сірих лісових ґрунтів.

Порівнюючи варіант з полуторною дозою мінеральних добрив і одинарною дозою вапна (варіант 12) з варіантом 14, у якому вносили полуторні дози мінеральних добрив і вапнякового борошна, баланс кальцію на яких відповідно становив -503 кг/га і +824 кг/га, дійшли висновку, що застосування полуторної дози вапна забезпечило на 14-й рік післядії позитивний

2. Продуктивність сільськогосподарських культур залежно від удобрення, доз і терміну дії вапна за 2 ротації сівозміни, т/га зернових одиниць

Варіант досліджу	Ротація	
	I (1992—1998 рр.)	II (1999—2005 рр.)
1. Контроль (без добрив)	3,17	2,53
6. Гній (10 т/га) + N ₅₄ P ₅₄ K ₅₆ — фон	4,46	4,00
7. Фон + CaCO ₃ (1,0Нг)	4,69	4,57
8. Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0Нг)	4,89	4,69
12. Гній (10 т/га) + N ₈₀ P ₈₀ K ₈₅ + CaCO ₃ (1,0Нг)	4,79	4,68
14. Гній (10 т/га) + N ₈₀ P ₈₀ K ₈₅ + CaCO ₃ (1,5Нг)	4,69	4,96

баланс кальцію навіть за підвищеної дози мінеральних добрив. Від'ємний баланс кальцію у ґрунті у варіанті 12 пояснюється затраченою великою кількістю окису кальцію на нейтралізацію полуторної дози азотних добрив і додатковим його виносом за рахунок підвищеної урожайності практично всіх сільськогосподарських культур.

Наведені розрахунки свідчать про те, що при внесенні вапна в повній дозі за гідролітичною кислотністю при застосуванні підвищених доз NPK баланс кальцію є дефіцитним. Це підтверджує прогресуючий розвиток декальцинації ґрунтів, яка призводить до зниження їхньої родючості. Тому підвищена доза хімічних меліоран-

тів може бути рекомендована для впровадження на кислих ґрунтах Лісостепу за умов вирощування сільськогосподарських культур, що потребують високих доз NPK.

Загальна продуктивність сівозміни на сірому лісовому ґрунті на 40—60% залежала від системи удобрення та вапнування (табл. 2). Урожайність культур формувалась по-різному в різні роки за дії вапна. Але отримавши від цього деякі прирости урожайності на кінець II ротації сівозміни, особливо при внесенні полуторних доз NPK і вапнякового борошна (варіант 14), можна стверджувати про необхідність повторного вапнування ґрунту для більш ефективного використання органічних і мінеральних добрив.

Висновки

Досліджено, що втрати кальцію у контрольному і фоновому варіантах значно перевищують його надходження. Унесення органічних і мінеральних добрив разом з вапнуванням сприяє збагаченню ґрунту кальцієм. При підвищених дозах NPK доцільно вносити 1,5 дози вапна.

При вирощуванні в типовій 7-пільній сіво-

зміні сільськогосподарських культур і внесенні вапна в дозах 1—1,5Нг повторне вапнування слід проводити через 10—12 років. Можливі деякі відхилення від цих строків, які, насамперед, залежать від якості органічних добрив, доз мінеральних, зокрема азоту та фосфору, кількості опадів та реагування культур сівозміни на кальцій.

Бібліографія

1. Гедройц К.К. Подвижность почвенных соединений и влияние на нее кальция/К.К. Гедройц. — М.: Сельхозгиз, 1926.
 2. Гедройц К.К. Почвенный поглощающий комплекс, растение и удобрение/К.К. Гедройц. — М.: Л.: Сельхозгиз, 1935.
 3. Гнатенко О.Ф. Практикум з ґрунтознавства/О.Ф. Гнатенко, Л.Р. Петренко [та ін.]. — Навч. посіб. НАУ, 2002. — 230 с.
 4. Кулаковская Т.Н. Баланс кальция и магния в пахотных землях Белоруссии/Т.Н. Кулаковская, Л.П. Детковская//Химия в сел. хоз-ве. — 1972. — № 12. — С. 16—20.
 5. Магницкий К.П. Влияние реакции почвы на вымывание магния/К.П. Магницкий, В.К. Малков//Почвоведение. — 1949. — № 10. — С. 597—602.
 6. Мазур Г.А. Відтворення і регулювання родю-

чості легких ґрунтів/Г.А. Мазур//Монографія. — К.: Аграр. наука, 2008. — 308 с.
 7. Мазур Г.А. Баланс карбонатів і строки повторного вапнування ґрунтів Полісся/Г.А. Мазур, В.М. Сімачинський//Землеробство. — К.: Урожай, 1979. — Вип. 50. — С. 35—43.
 8. Мазур Г.А. Стан і перспективи підвищення ефективності вапнування кислих ґрунтів України/Г.А. Мазур, В.М. Сімачинський//Вісн. аграр. науки. — 1996. — № 3. — С. 30—43.
 9. Небольсин А.Н. Известкование — средство коренного улучшения кислых почв/А.Н. Небольсин. — Л.: Лениздат, 1979. — 134 с.
 10. Томашівський З.М. Ефективність вапнування ґрунтів у західних областях Української РСР/З.М. Томашівський//Землеробство. — К.: Урожай, 1979. — Вип. 50. — С. 9—16.