

Лекція 12. РЕАКЦІЯ ҐРУНТОВОГО РОЗЧИНУ ТА АГРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ҐРУНТУ

План:

- 8.1. Реакція ґрунтового розчину
- 8.2. Буферність ґрунтового розчину і ґрунту
- 8.3. Окисно-відновний режим ґрунтів
- 8.4. Вплив реакції ґрунтового розчину на рослини
- 8.5. Окультурювання ґрунтів

8.1. Реакція ґрунтового розчину

Реакція ґрунту відіграє важливу роль в розвитку рослин, ґрунтових мікроорганізмів, впливаючи на швидкість і напрямок перебігу в ньому хімічних і біохімічних процесів. Засвоєння рослинами елементів живлення, інтенсивність мікробіологічної життєдіяльності в ґрунті, мінералізація органічних речовин, трансформація ґрунтових мінералів і розчинення різноманітних важкорозчинних сполук, коагуляція і пептизація колоїдів та інші фізико-хімічні процеси великою мірою визначаються реакцією ґрунту. Вона залежить від співвідношення в ньому іонів водню H^+ та гідроксилу OH^- . Концентрацію іонів H^+ виражають величиною рН, яка дорівнює від'ємному десятковому логарифму концентрації водневих іонів в розчині: $pH = -\lg[H^+]$. Залежно від рН ґрунти поділяють на: **сильнокислі (рН = 3,0...4,0), кислі (рН = 4,0...4,5), слабокислі (рН = 5,5...6,5), нейтральні (рН = 6,5...7,0), лужні (рН = 7,5...8,0) та сильнолужні (рН = 8,0...9,0).**

Кисла реакція властива дерново-підзолистим і болотним ґрунтам, нейтральна - чорноземам, лужна - каштановим, сіроземам та солонцям.

Кислотність ґрунту - це його властивість, зумовлена наявністю іонів H^+ в ґрунтовому розчині та обмінних іонів H^+ , Al^{3+} і Mn^{2+} в ґрунтовому вбирному комплексі.

Підвищена концентрація іонів водню, а на дерново-підзолистих ґрунтах і алюмінію, вказує як на пряму, так і на непряму шкідливу дію на живлення рослин.

Пряма дія проявляється в порушенні колоїдно-хімічних властивостей протоплазми рослинних клітин, змін концентрації органічних кислот в клітинному соку, порушенні білкового обміну і уповільнення синтезу білку, змін адсорбції і поглинання рослинами іонів.

За впливом на ріст і розвиток рослин реакція ґрунтового розчину на дерново-підзолистих ґрунтах в більшості випадків виступає як головний фактор, який обмежує формування врожаю. До тих пір, поки показник ґрунтової кислотності знаходиться в інтервалі сильнокислого і кислого, на таких ґрунтах не можна вирощувати цінні і високоефективні культури, оскільки важко створити сприятливе азотне і фосфорне живлення навіть при достатніх запасах даних елементів в ґрунті і внесених з добривами. Висока кислотність ґрунтів в значній мірі є причиною несприятливих їх фізичних властивостей, забур'яненості полів, оскільки більшість бур'янів на дерново-підзолистих ґрунтах росте при кислій реакції.

Вплив кислотності ґрунтового розчину на доступність поживних речовин характеризує як неспецифічні, так і специфічні фактори стосовно її природи. Результатами досліджень встановлено, що поглинання катіонів рослинами зумовлюється кислотністю як ґрунту, так і поживних розчинів. Якщо рН поживних розчинів достатньо низький, то поглинання катіонів не відбувається, а раніше поглинуті катіони переходять із рослини в розчини. Пояснюється це тим, що водневі іони знижують поглинання катіонів в результаті конкуренції, порушуючи при цьому механізм поглинання.

Вивільнення основ з обмінної форми також порушується ґрунтовою кислотністю. Із збільшенням кислотності ґрунтового розчину зменшується абсолютна кількість обмінних основ. Ємність катіонного обміну зменшується внаслідок втрати залежних від рН місць обміну і накопичення полімерних оксиалюмінієвих проміжних шарів в набухаючих глинах, що, в свою чергу, підтримує ступінь насиченості основами. Накопичуючись як обмінний катіон,

алюміній міцніше зв'язаний в обмінній формі, ніж обмінні основи. Як наслідок, завдяки додатковому іону при частковому обміні, як правило, вивільняються обмінні основи.

Особливої уваги в контексті впливу кислотності ґрунтового розчину потребує кальцій, оскільки ґрунтова кислотність - перш за все - нестача кальцію. Це логічний висновок того, що вміст обмінного кальцію зменшується по мірі того, як ґрунт стає більш кислим і для її зниження найбільш ефективним є внесення карбонату кальцію у формі меліорантів, зокрема вапняків. Нестача кальцію в багатьох випадках носить лімітуючий характер при комплексній оцінці ґрунтової кислотності. Іноді він може бути головним фактором, проте частіше має другорядну функцію.

Вивчаючи вплив кислотності ґрунтового середовища на виділення вуглекислого газу і мінералізацію азоту переважна більшість вчених прийшла висновку, що розкладання органічних речовин і мінералізація азоту кислих ґрунтів проходить повільніше ніж на нейтральних.

Дослідження по несимбіотичній фіксації азоту ґрунтовими мікроорганізмами *Azotobacter* показали, що рН нижче 6 є критичним для його життєздатності. Він функціонує при рН нижче 6, якщо забезпечений азотом у формі амонію, а кількість фіксованого азоту дуже мала, або він зовсім не фіксується. Окремі результати досліджень вказують на те, що *Azotobacter*, при інокуляції ним кислих ґрунтів виживав не більше однієї години.

На провапнованих ґрунтах мікробіологічна діяльність підвищується. Кількість мікроорганізмів збільшувалась майже вдвічі, в тому числі нітрифікаторів - з 21 до 165 тис. в 1 г ґрунту. Дослідженнями на дерново-підзолистому ґрунті (Стефанькіна Л.М, 1978), встановлена зміна рН з 4,3 до 6,3 підсилювала активність нітрифікаційної здатності ґрунту - з 0,95 до 1,05, актиноміцетів - з 0,59 до 2,22, поліфенолоксидази - з 0,95 до 1,05, покращуючи азотний режим ґрунту.

На провапнованих ґрунтах значно збільшується використання рослинами азоту добрив, зростає їх ефективність. В дослідженнях Кулаковської Т.Н., Лімантова Е.М., на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах, вапнування збільшувало коефіцієнт використання азотних добрив, внесених під ячмінь, з 18,5 до 43,6 %, під овес - з 32,7 до 40,6, під картоплю - з 32,4 до 32,9. При зниженні кислотності ґрунтового розчину з 4,5 до 5,6 - 6,0 приріст врожаю зерна озимого жита від 60 кг/га д. р. азоту зріс з 0,5 до 0,9 т/га, а окупність 1 кг добрив - більш ніж в 1,5 рази.

Підвищена кислотність негативно впливає на фосфатний режим дерново-підзолистих ґрунтів - знижуючи рухомість і засвоюваність фосфору. Спостерігається пряма негативна дія алюмінію: надходження фосфорнокислого алюмінію в кореневу систему рослин, пригнічує її властивість пересувати фосфор в надземні органи рослин. В результаті спостерігається специфічне фосфорне голодування рослин. В модельних дослідах з кукурудзою додаткове внесення до NPK алюмінію призводило до збільшення вмісту фосфору в коренях кукурудзи на 62, в листках на 8, а в стеблах - на 14 відсотків.

Зниження рН в результаті вапнування позитивно впливало на ріст і розвиток рослин, зокрема збільшенню засвоєння фосфору. В 20 річному стаціонарному досліді на лесовидних суглинках вапнування збільшувало винос фосфору врожаєм з 174 до 198 кг/га, а із застосуванням азотно-калійних добрив з 248 до 309 кг/га, а при NPK з 247 до 340 кг/га.

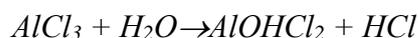
Використання рухомого фосфору рослинами із ґрунту становило: на контролі 47,3, у варіанті NK - 59,0. При повторному вапнуванні - відповідно 55 і 67,1 або на 7,6 і 7,8 % більше.

Рухомість ґрунтових фосфатів під впливом вапнування зростає в 3-4 рази (з 0,11-0,23 до 0,40-0,51 мг/л розчину); вміст фосфатів кальцію на 43, а фосфатів алюмінію знизився на 15-17 відсотків.

Результатами досліджень Н.М. Глазунової, Н.А. Кірпи́чкі́кова (1986) встановлено, що при вапнуванні зростає розчинність не тільки фосфатів самого ґрунту, але і нагромаджених в ґрунті внаслідок застосування добрив. Кількість фосфору за 30 добовий період при вапнуванні становив на варіанті без внесення фосфорних добрив 7,2, при дозі 360 кг/га - 12,05 і при 720 кг/га - 16,4; у відповідних варіантах без вапнування 6,4; 8,3; 11,3 мг P₂O₅ на 100 г ґрунту.

Розрізняють актуальну і потенціальну кислотності ґрунту.

Актуальна кислотність зумовлюється наявністю в ґрунтовому розчині органічних кислот, які виділяються в зовнішнє середовище кореневою системою рослин, і внаслідок розщеплення вугільної кислоти ($H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$). Крім того, ґрунтовий розчин можуть підкислювати гідролітично кислі солі алюмінію і заліза, що утворюють сильну кислоту внаслідок перебігу реакції гідролізу:



Проте підкислення ґрунтового розчину за наведеною схемою має місце в ґрунтах, ненасичених основами. В ґрунтах, вбирний комплекс яких насичений катіонами Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ тощо, актуальної кислотності не виявлено (табл. 8.1).

Таблиця 8.1. Зв'язок між концентрацією іонів H^+ і рН

Концентрація іонів H^+ , г/л	рН	Реакція розчину
$10^{-3} - 10^{-4}$	3 - 4	сильнокисла
$10^{-4} - 10^{-5}$	4 - 5	кисла
$10^{-5} - 10^{-6}$	5 - 6	слабокисла
10^{-7}	7	нейтральна
$10^{-7} - 10^{-8}$	7 - 8	слаболужна
$10^{-8} - 10^{-9}$	8 - 9	лужна
$10^{-9} - 10^{-10}$	9 - 10	сильнолужна

Її можна визначити вимірюванням рН водної витяжки з ґрунту. Вона безпосередньо впливає на розвиток рослин і ґрунтових мікроорганізмів.

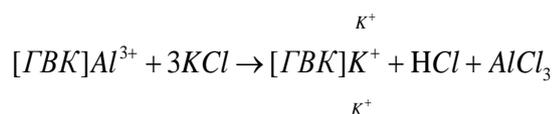
Потенціальна кислотність зумовлюється наявністю іонів H^+ та Al^{3+} , увібраних ґрунтовим вбирним комплексом. Вона завжди більша за актуальну, оскільки складається із кислотності ґрунтового розчину і кислотності, що утворюється за рахунок увібраних ґрунтом іонів H^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} . Це прихована, або зв'язана щодо ґрунтового розчину, кислотність, яка проявляється внаслідок перебігу обмінної реакції між ґрунтовим вбирним комплексом і ґрунтовим розчином.

Потенціальна кислотність поділяється на обмінну і гідролітичну.

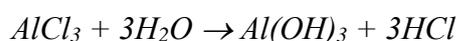
Обмінна кислотність зумовлюється наявністю іонів H^+ і Al^{3+} , які витісняє із ґрунтового вбирного комплексу нейтральна сіль сильної основи і сильної кислоти, як це має місце при внесенні хлориду калію на кислих ґрунтах:



Обмінна кислотність ґрунту визначається в КСl - витяжці за допомогою рН - метра. Залежить вона як від кількості обмінних іонів H^+ , так і від наявності в ґрунтовому вбирному комплексі обмінних іонів Al^{3+} , який, гідролітично розщеплюючись, підкислює ґрунт:



У розчині хлорид алюмінію взаємодіє з водою, утворюючи слабку основу та сильну кислоту:



Обмінна кислотність може збільшуватись на фоні внесення добрив, особливо в разі застосування їх в значних дозах. Підвищення кислотності за рахунок внесення мінеральних добрив значно погіршує умови росту й розвитку рослин, чутливих до кислотності ґрунту.

Дані про токсичність алюмінію на кислих ґрунтах вказують на те, що:

- додатковий вміст алюмінію в поживних розчинах пригнічує ріст рослин. Ріст деяких видів рослин може затримуватись при концентраціях алюмінію менше 1 мг/мл. поживного середовища;

- концентрація алюмінію у витіснених ґрунтових розчинах з ґрунту при рН нижче 5 часто буває в межах, при яких в поживних розчинах проявляється токсичність алюмінію;

- витіснені ґрунтові розчини використовувались як поживні розчини для вирощування рослин, причому підтверджена токсичність вмісту в них алюмінію.

Для визначення обмінної кислотності наважку ґрунту обробляють 1н. розчином KCl і вимірюють рН отриманої сольової суспензії. При визначенні таким чином обмінної кислотності враховується одночасно і актуальна кислотність. Тому вона завжди більша за активну, а рН сольової суспензії відповідно нижче за рН водної.

Результати досліджень проведених на не провапнованих і вапнованих ґрунтах із ячменем показують, що головні зміни врожаю в рослинах пов'язані із вмістом алюмінію в розчинах, а не з рН, вмістом кальцію або марганцю.

На токсичність концентрації алюмінію можуть впливати і супутні катіони. Експериментально доведено, що алюміній в концентрації від 4 до 7 мг/мл поживного середовища був токсичним для кукурудзи, коли концентрація магнію становила 0,1 мг/л (концентрація кальцію була 4,8 мг/л). В іншому випадку, в кислих ґрунтах присутність інших катіонів у формі нейтральних, небуферних солей, як KCl, або CaCl₂, може підвищувати токсичність алюмінію по причині зростання концентрації алюмінію в розчині і зниженні рН, тоді як частина внесених катіонів зникає в результаті обміну. Доведено, що алюміній нагромаджується на поверхні коренів, зокрема в протоплазмі клітин і особливо в ядрах. Слабке забарвлення або його відсутність, обумовлене алюмінієм, який виявлено і в провідних тканинах в середині епідерми

Токсичність алюмінію проявляється в поєднанні впливів з яких найбільш помітним, навіть окомірно, припинення росту коренів. Мікроскопічні дослідження рослин, вирощених на токсичних концентраціях алюмінію, показало порушений поділ клітин із наявністю двох ядер в меристематичній зоні кінчика кореня. Пізніше автори досліджень прийшли висновку, що пригнічення розвитку бокових коренів обумовлено реакцією алюмінію з пектиновими речовинами оболонки молодих клітин, які передчасно втрачають еластичність, пригнічується їх видовження (ріст). Токсичність алюмінію впливає на живлення рослин. Його надлишок в поживному середовищі зменшувало поглинання фосфору, кальцію, калію, марганцю, заліза, натрію і бору рослинами бавовни, призводячи в окремих випадках до в'янення рослин, зменшення проникності протоплазми корневих клітин.

Вплив алюмінію на фосфорне живлення змусило дослідників ґрунтовно вивчити процеси які відбуваються в рослинах. Результати досліджень вказували на однакову реакцію рослин як при токсичному вмісті алюмінію і при недостатньому фосфорному живленні. Тобто і теорія і результати експериментів показали, що на рослини можуть мати негативний вплив висока концентрація алюмінію при одночасно низькій концентрації фосфору. Можливий і зворотній їх негативний вплив - від низької концентрації алюмінію і високої фосфору. Тому на практиці приріст врожаю рослин, отриманий від внесення фосфатів, часто може бути наслідком додаткового забезпечення фосфором без прояву токсичності алюмінію при високому значенні рН ґрунту. При низькому рН ґрунту приріст врожаю може бути за рахунок:

- кращого забезпечення фосфором без впливу токсичності алюмінію, якщо рослини достатньо стійкі до алюмінію;

- зниження токсичності алюмінію, якщо рослини чутливі до токсичності алюмінію і якщо в ґрунті достатній вміст фосфору;

- кращого постачання фосфором і зниження токсичності алюмінію, якщо ґрунт бідний фосфором, а рослини чутливі до токсичності алюмінію.

На сьогодні не встановлені межі рН і взаємовплив алюмінію і фосфору в рослинах. Припускається, що накопичення фосфору в присутності надлишку алюмінію не означає, що алюміній послаблює нестачу фосфору, а скоріше надлишок фосфору поглинається тому, що рос-

лини з високим вмістом алюмінію вимагають багато фосфору. Значення такого впливу полягає в тому, що при оцінці вмісту фосфору в рослинах по відношенню до необхідного рівня забезпеченості фосфором необхідно враховувати вміст алюмінію, коли його багато в рослинах.

Марганець в кислому ґрунтовому середовищі поводить себе подібно алюмінію, оскільки його концентрація в ґрунті зростає в міру зниження рН. Концентрація марганцю часто більша ніж алюмінію, особливо при більш високих значеннях рН. Досліди з рослинами в поживних середовищах показують, що низькі концентрації марганцю можуть пригнічувати ріст рослин, а концентрація його у витіснених розчинах може сягати меж при яких він є токсичним в поживних розчинах.

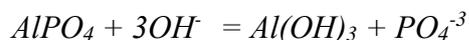
Токсичність марганцю - серйозна проблема на кислих ґрунтах, які піддаються пропарюванню в закритому ґрунті. Пропарювання ґрунту створює високу концентрацію розчиненого і обмінного марганцю, здебільшого в результаті його відновлення нагрітою органічною речовиною ґрунту.

На противагу алюмінію надлишок марганцю викликає характерні ознаки токсичності, які особливо помітні на молодих рослинах. Вони є різними, проте найчастіше спостерігається бура плямистість листків. Іноді надлишок марганцю викликає ознаки нестачі заліза.

Токсичність алюмінію і марганцю відрізняється також за їх відношенням до фосфору. Внесення фосфатів викликає осадження алюмінію і послаблення його токсичності, проте аналогічно не впливає на марганець. Внесення фосфору і його вплив на марганець здебільшого носить випадковий характер, а не є наслідком прямої хімічної взаємодії.

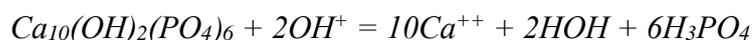
Кислотність ґрунтового розчину впливає і на доступність фосфору для рослин. Одні з них є наслідком хімічних і біологічних процесів які відбуваються в ґрунті при відсутності рослин і залежать від запасів доступного фосфору і від концентрації фосфору в ґрунтовому розчині. Інші пов'язані з поведінкою рослин.

Вплив рН на поведінку фосфатів алюмінію і заліза і супутні їм гідроокисли заліза та алюмінію підкреслюючи роль активності іонів гідроокислу і можуть бути представлені у вигляді рівняння:



Із зростанням рН або активності гідроксильних іонів фосфати алюмінію та заліза вивільняють фосфати в розчинній, доступній рослинам формі, як гідроокисли. І навпаки, при зниженні рН або активності іонів гідроокислу, або з підвищенням активності фосфат-іонів зростає можливість гідроокислів алюмінію і заліза вступати в реакції з фосфатами, утворюючи фосфати алюмінію і заліза. Такі реакції в значній мірі залежать від концентрації в межах значень рН і концентрації фосфатів, які знаходяться в ґрунті. Заміщення гідроксилу фосфатом в деякій мірі подібно з заміщенням водню в залежних від рН катіонно обмінних положень іншими катіонами, оскільки гідроксильні іони не піддаються заміщенню фосфатами при високих значеннях рН, проте можуть бути заміщеними при низьких значеннях рН. Обмін між гідроксидом і фосфатом залежить від властивостей специфічних для реакцій цих двох іонів з алюмінієм і залізом. Інші звичайні ґрунтові аніони обмінюються з фосфатами і гідроксидом лише в незначних кількостях (сульфати), або практично не обмінюються (хлориди, нітрати).

Інший вплив рН пов'язаний з фосфатами кальцію вказує на важливість активності гідроксильних і водневих іонів який можна представити рівнянням:



Фосфати кальцію розчиняються в міру зменшення рН внаслідок тенденції водневих іонів зв'язуватись з іонами фосфатів. Інший вплив пов'язаний з мінералізацією органічного фосфору. Підвищення рН зменшує сорбцію сполук органічного фосфору гідроокислами і тим самим збільшує їх доступність і процес мінералізації.

Два інші впливи рН пов'язані з процесами які відбуваються в ґрунті і залежать від умов вирощування рослин. Перший з них полягає в тому, що надлишок алюмінію в сильнокислих ґрунтах викликає нестачу фосфору в рослинах. Високі концентрації алюмінію в ґрунтового розчині пов'язані з низькими концентраціями фосфору. Коли рН зростає, алюміній осаджується в ґрунті і інактивації фосфору алюмінієм в рослинах більше не відбувається. Усунення токсичності алюмінію послаблює пригнічення росту кореневої системи, що в свою чергу збільшує доступність фосфору завдяки кращому розвитку кореневої системи і більшій поверхні контакту її з ґрунтом.

Другий вплив відноситься до іонної форми ортофосфата, який може існувати у вигляді H_3PO_4 , $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} і PO_4^{3-} . В сильнокислих розчинах переважає H_3PO_4 , а в лужних - PO_4^{3-} . При рН від 5 до 9 їх частка зовсім незначна.

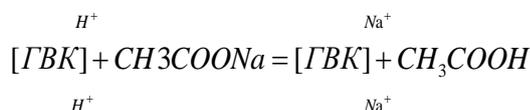
ґрунти, де нестача фосфору виникає в результаті вапнування, як правило, були бідними на фосфор в їх початковому (без внесення вапна) вигляді. Внесення помірних доз $CaCO_3$ збільшує концентрацію фосфору в розчині, завдяки поступовому вивільненню його із гідроокислів алюмінію і заліза та органічних сполук. Час необхідний для таких перетворень залежить від швидкості вивільнення фосфору, рН до якого доведений ґрунт, та інших факторів.

Незначне підкислення ґрунтового розчину, за даними деяких авторів, викликає зростання доступності фосфору в результаті рівноваги доступного фосфату з гідроокислами алюмінію і заліза.

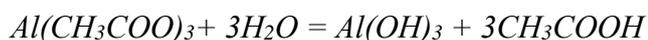
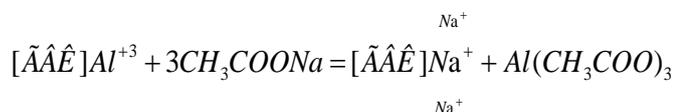
Визначаючи обмінну кислотність, одночасно враховують і ті іони водню, які перебувають в ґрунтового розчині. Тому для одного і того самого ґрунтового зразка обмінна кислотність завжди більша, ніж актуальна.

Гідролітична кислотність - це кислотність, яка виявляється при обробці ґрунту гідролітично лужними солями. При обробці ґрунту нейтральною сіллю не всі іони H^+ переходять в розчин. Частина їх залишається в ґрунтового вбирному комплексі і може бути переведена в розчин тільки при обробці ґрунту розчином гідролітично лужної солі (CH_3COONa). Отже, кислотність CH_3COONa - витяжки складатиметься з гідролітичної, обмінної та актуальної.

Під час гідролізу ацетату натрію створюється лужна реакція розчину:



Дисоціація луґу в розчині відбувається повніше, ніж дисоціація слабкої оцтової кислоти, тому реакція розчину стає лужною (рН близько 8,5). При взаємодії з ґрунтом луг реагує з увібраними катіонами:



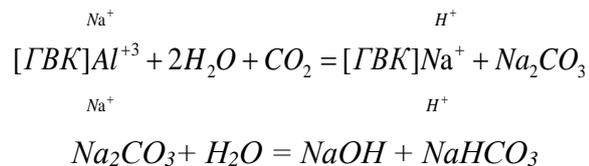
Відтитрувавши у фільтрі оцтову кислоту, визначають безпосередньо кількість водневих іонів, відданих ґрунтом в процесі обміну з увібраного стану. Величину гідролітичної кислотності виражають в еквівалентах на 100 г ґрунту. К.К. Гедройц на основі дослідження ґрунтовой кислотності обґрунтував доцільність вапнування ґрунтів та застосування фосфоритного борошна на кислих ґрунтах.

Отже під терміном «гідролітична кислотність» слід розуміти загальну кислотність ґрунту (актуальної, обмінної і гідролітичної).

Для розрахунку дози вапна поряд із такими показниками, як обмінна кислотність, ступінь насичення основами, гранулометричний склад ґрунту, слід визначати величину гідролітичної кислотності.

При лужній реакції ґрунтового розчину (рН більше 7) іони гідроксилу OH^- переважають в ґрунтовому розчині над іонами водню H^+ . Лужна реакція зумовлюється наявністю в розчині солей сильних основ та слабких кислот. Із таких солей в ґрунті присутні карбонати натрію і калію, гідрокарбонати натрію і калію, карбонати кальцію і магнію, ряд солей кремнієвої та органічних кислот.

Крім того, лужну реакцію мають ґрунти, які містять натрій в поглинутому стані. При взаємодії такого ґрунту з водою за наявності вуглекислого газу, який завжди присутній в розчині, відбувається реакція за такою схемою:



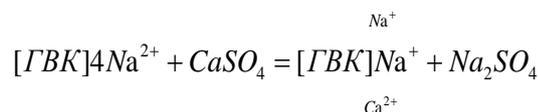
Карбонат натрію створює лужне середовище, оскільки під час його гідролізу в розчині гідроксильні іони OH^- переважають над водневими, рН ґрунту зростає до 9-10.

Лужна реакція ґрунтового розчину може бути зумовлена і наявністю в ньому значної кількості вільного карбонату кальцію, який при взаємодії з водою за наявності вуглекислого газу перетворюється на гідрокарбонат:



Наступний гідроліз гідрокарбонату призводить до підлугування ґрунту (рН = 8,0...8,5). Сильна лужна реакція (рН = 8,5...9) пригнічує рослини, погіршує фізичні властивості і водний режим ґрунту, посилює пептизацію колоїдів.

Для зниження негативного впливу лужного середовища на ріст і розвиток рослин на солонцюватих ґрунтах проводять гіпсування, при цьому обмінний натрій замінюється на кальцій за такою реакцією:

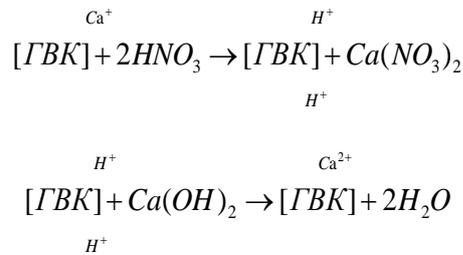


де: легкорозчинний сульфат натрію вимивається вниз по профілю ґрунту.

9.2. Буферність ґрунтового розчину і ґрунту

В останні роки в агрохімічній термінології з'явилося визначення «буферності» ґрунту. В класичному розумінні **буферність** - це здатність ґрунтового розчину протистояти різкій зміні активної реакції середовища при добавленні кислих або лужних речовин (при взаємодії хімічних речовин, яким властива кисла реакція - суперфосфат, або лужна - калійні солі). Вона залежить, від складу твердої фази ґрунту, наявності карбонатів та колоїдів і проявляється тим сильніше, чим більшою є вбирна ємність ґрунту і чим більше у її складі увібраних катіонів кальцію. Багаті на гумус і важкі за гранулометричним складом глинисті та суглинкові ґрунти характеризуються вищою буферністю. Ґрунти з невеликою ємністю вбирання - піщані та супіщані - мають незначну буферність, реакція легко зміщується в бік підкислення. Засолені ґрунти досить стійкі проти підкислення, проте легко змінюють реакцію в бік підлугування.

Увібрані катіони Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ проявляють буферну дію проти підкислення, а увібраний водень - проти зміщення рівноваги реакції ґрунтового розчину в бік підлугування:



У ґрунтах, насичених основами, вільні кислоти (HNO_3) нейтралізуються з утворенням нейтральних солей $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ внаслідок вбирання ГВК катіонів H^+ кислоти в обмін на катіони Ca^{2+} , які витісняються в розчин. В ґрунтах ненасичених основами, що характеризуються наявністю обмінної і гідролітичної кислотності, відбувається нейтралізація луґу $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в результаті вбирання його катіонів в обмін на іони H^+ , які переходять в розчин і зв'язують іони OH^- з утворенням води.

На буферність ґрунту впливає вміст в ньому органічної речовини, зокрема білків, які, як правило, є амфотерними електролітами, тобто одночасно мають і позитивний і негативний заряди. Після внесення у ґрунт кислих або лужних сполук білкові речовини протидіють зміні рН ґрунтового розчину.

Завдяки біохімічному розкладу органічних залишків і внесенню мінеральних добрив реакція ґрунтового розчину постійно змінюється. Проте у високобуферних ґрунтах ці зміни проявляються значно менше, ніж в низькобуферних.

Внесення підвищеної кількості агрохімікатів при інтенсивному веденні сільськогосподарського виробництва суттєво впливає на родючість і властивості ґрунту, що в свою чергу визначає величину врожаю сільськогосподарських культур і якість вирощеної продукції. Необхідні всесторонні знання факторів і процесів які відбуваються в системі ґрунт - добриво – рослина, найважливіші з яких: зміна властивостей і родючості ґрунту при систематичному застосуванні добрив в поєднанні з іншими прийомами агротехніки; колообіг і баланс поживних елементів і гумусу в ґрунті і його регулювання; дослідження і створення комплексу оптимальних параметрів основних показників родючості ґрунтів.

8.3. Окисно-відновний режим ґрунтів

Ґрунт - це складна окисно-відновна (ОВ) система в якому проходять реакції окислення й відновлення. Під **окисленням розуміють: приєднання кисню, віддачу водню, або електрона**. В ґрунті існує багато окисно-відновних систем, які бувають:

- зворотними (в процесі зміни ОВ режиму не змінюється сумарний запас компонентів): $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$; $\text{Mn}^{4+} \rightarrow \text{Mn}^{2+}$;

- незворотними (в процесі зміни ОВ режиму втрачається ряд речовин у вигляді газів, осаду): $\text{NO}_3 \rightarrow \text{NO}_2$, $\rightarrow \text{N}_2$.

Більша частина цих реакцій пов'язана із мікробіологічними процесами і має біохімічну природу. Основним окислювачем у ґрунті є молекулярний кисень ґрунтового повітря і розчину, а основними показниками інтенсивності та напрямку окисно - відновних процесів є:

- окисно-відновний потенціал (ОВП), який **характеризує сумарний ефект окисно-відновної системи ґрунту на певний період часу, тобто це - різниця потенціалів, яка виникає між ґрунтовым розчином і електродом із інертного металу (платини), поміщеного в ґрунт**.

На величину окисно - відновного потенціалу впливають: зрошення, погіршення аерації, затоплення, внесення свіжої органічної речовини (призводить до його зниження), а при висиханні ґрунтів, поліпшенні аерації, газообміну (ОВП) ґрунту підвищується.

За характером окисно - відновного режиму ґрунти поділяються на групи:

- з абсолютним пануванням окислювального режиму (автоморфні ґрунти степів, напівпустель і пустель, чорноземи, каштанові, сіро-коричневі, бурі напівпустельні, сіроземи);

- з переважанням окисних умов при можливому прояві відновлювальних процесів в окремі вологі роки або сезони (автоморфні ґрунти тайгово-лісової зони, вологих субтропіків - підзолисті, дерново-підзолисті, червоноземи, жовтоземи тощо);

- з контрастним окисно - відновним режимом (напівгідроморфні різновиди підзолистих, дерново-підзолистих, бурих лісових ґрунтів...);

- зі стійким відновним режимом (болотні, гідроморфні солончаки, солоді тощо).

З окисно - відновним режимом зв'язаний розвиток у сезонно надлишково зволжених ґрунтах елювіально-глейового процесу та формування елювіальних горизонтів. При зміні відновних умов на окисні виникають залізо-марганцеві новоутворення: ортштейни, бобовини, плівки і тощо.

Несприятливий поживний режим ґрунту складається як при різко окисних, так і при різко відновних умовах: анаеробіоз призводить до накопичення у ґрунтах NH_3 , CH_4 , H_2S Зміна ОВП супроводжується віддачею - приєднанням електронів. Речовина у склад якої входить елемент, який приєднує електрони і при цьому відновлюється, носить назву оксиданта, а що містить елемент, який віддає електрон і при цьому оксидується є відновлювачем.

Окисація - процес, при якому речовина, що оксидується (атом, іон) позбавляється одного або кількох електронів, наприклад: $\text{Fe}^{2+} - e = \text{Fe}^{3+}$. При цьому зростає додатня валентність елементу та виділяється енергія.

Відновлення - хімічна реакція, протилежна окисації. Її суть полягає у приєднанні електронів речовиною, що оксидується. При цьому понижується валентність елемента. Більша частина відновлювальних реакцій у ґрунті має біохімічну природу і пов'язана із мікробіологічними процесами.

У ґрунті - гетерогенній, динамічній і складній у хімічному відношенні системі, постійно і одночасно відбуваються процеси окисації - відновлення. Основна відновлююча сполука - органічна речовина, оксидант - кисень ґрунтового повітря і розчину.

Інтенсивність і спрямування окисаційно-відновлювальних процесів у ґрунті характеризується його окисно-відновлювальним потенціалом ґрунту (ОВП), який вимірюється у мілівольтах - як обернений (зворотній) потенціал гладкого платинового або ж іншого індиферентного електрода, зануреного у вологий ґрунт.

Значення ОВП описується рівнянням:

$$E_{\text{ов}} = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{\text{оксидант}}{\text{відновлювач}}, \text{ mV}$$

де: R - універсальна газова постійна, Дж; T - абсолютна температура, К°; F - число Фарадея, Кл; n - кількість зарядів, що переносяться однією часткою (іоном); оксидант і відновлювач - концентрація оксидантів і відновлювачів даної системи.

За нульове значення приймається потенціал водню (H) - нормального водневого електрода.

Погіршення аерації ґрунту внаслідок підвищення його вологості, ущільнення і утворення на поверхні ґрунту (поля) кірки призводить до пониження ОВП.

У автоморфних достатньо аерованих ґрунтах ОВП є у межах 300-600 мВ. Заболочування і оглеєння ґрунту зменшує ОВП до 200 мВ і нижче.

ОВП по відношенню до водню (H) є показником Eh, значення якого визначається за рівнянням:

$$E_h = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{H}^{+2}]}{[\text{H}_2]}$$

Напруження окисаційно-відновлювальних процесів у ґрунтах в значній мірі пов'язане з реакцією середовища, (значенням рН). Для одержання порівняльних даних по ОВП у ґрунтах

з різним рН використовується показник rH_2 , який є від'ємним логарифмом тиску концентрації молекулярного водню і обраховується за рівнянням:

$$rH_2 = \frac{Eh2pH}{30}$$

Отже, кількісна характеристика ОВП ґрунту (у мілівольтах) позначається через rH_2 . Значення rH_2 вище 27 вказує на перевагу у ґрунті оксидаційних процесів; відновлювальні процеси для перезволожених ґрунтів характеризуються за показником $rH_2 = 22 - 25$. При інтенсивному розвитку відновлювальних процесів він знижується нижче 20.

Протікання оксидно-відновлювальних процесів у ґрунті залежить і від його генетичних властивостей, стану водно-повітряного і температурного режимів, які в свою чергу тісно пов'язані з гідротермічними умовами річного циклу розвитку ґрунту.

Різним ґрунтам властиві певні значення ОВП. У підзолистих, дерново-підзолистих ґрунтах нормального зволоження значення ОВП – 550-750, у чорноземах – 400-600, у сіроземах – 350-450 мВ. Найнижчі значення потенціалів властиві для тривало затоплюваним рисовим землям і болотним ґрунтам. При значенні Eh до 200 мВ і нижче має місце інтенсивне оглеєння ґрунтового профілю. Маючи відомості про ОВП можна робити висновок про загальну спрямованість ґрунтового процесу в конкретних умовах і про необхідність прийняття заходів регулювання ґрунтових режимів.

Основні прийоми регулювання окисно - відновного режиму - оптимізація водно-повітряного режиму ґрунтів.

8.4. Вплив реакції ґрунтового розчину на рослини

Рослини по-різному реагують на реакцію ґрунтового розчину і ґрунту в цілому. Одні з них можуть рости і розвиватися у широкому діапазоні рН, інші - навпаки, дуже чутливі до реакції ґрунту і її зміни (табл. 8.2).

Таблиця 8.2

Оптимальні значення інтервалу рН ґрунту для окремих сільськогосподарських рослин

Рослини	Інтервал рН	Рослини	Інтервал рН
Овес	5,5 – 6,5	Жито	6,0 – 7,0
Пшениця	6,0 – 7,5	Люпин	4,5 – 6,0
Буряки цукрові	6,2 – 7,5	Помідори	6,3 – 6,7
Картопля	5,0 – 5,5	Морква	5,5 – 7,0
Льон	5,9 – 6,5	Рис	4,0 – 7,0
Люцерна	7,0 – 8,0	Бавовна	5,5 – 7,3
Конюшина	5,8 – 6,4		

Фізіологічна сутність негативного впливу кислотності - лужності ґрунтового розчину (і ґрунту в цілому) на конкретну рослину швидше всього є опосередкованою, ніж прямою: при підвищенні кислотності, наприклад, дерново-підзолистих ґрунтів, у них збільшується вміст рухомого алюмінію, який негативно впливає на рослини (І.І. Назаренко, 1981).

Окремі деревні породи пред'являють свої індивідуальні вимоги до ґрунтових умов. Оптимальний ріст і розвиток сосни спостерігається при рН 5,5-6,5. На сильнокислих і лужних ґрунтах ріст і розвиток більшості деревних порід пригнічений. У цих випадках проводять окультурювання ґрунтів (вапнування або гіпсування). Посилення росту рослин призводить до розвитку біологічної поглинальної здатності ґрунтів і збагачення їх необхідними для рослин елементами живлення.

8.5. Окультурювання ґрунтів

Серед існуючих технологій окультурювання кислих ґрунтів в останні роки широкого розповсюдження набула технологія компенсаційної (підтримувальної) меліорації, яка передбачає збагачення ґрунтів кальцієм, як елементом живлення та антагоністом гідрогенних іонів. У порівнянні з традиційною технологією дози вапна зменшують у 3-4 рази, що запобігає вторинному підкисленню ґрунту. За даною технологією вносять не 3-5 тонн вапна, як цього вимагає традиційна технологія, а лише 1,0-1,5 тонни один раз в 4-5 років.

Застосування технології підтримувального вапнування дозволяє тривалий час зберігати слабокислу і близьку до неї реакцію ґрунтового середовища. За таких умов досягається значна економія коштів. Тобто, технологія підтримувальної меліорації передбачає внесення вапнякових матеріалів у дозах, розрахованих саме на стабілізацію кислотно-лужної рівноваги ґрунтів у межах допустимих рівнів. Її доцільно застосовувати як з метою запобігання вторинному підкисленню ґрунтів і заощадження коштів, так і з метою нейтралізації підкислюючої дії на ґрунт мінеральних добрив. Підтримувальні заходи найкраще застосовувати на слабокислих і вторинно підкислених ґрунтах.

Традиційні та компенсуючі технології об'єднує те, що вони передбачають внесення вапнякових добрив окремо від органічних, врозкид на всю орну площу і заорювання у ґрунт з намаганням створити гомогенний (однорідний) за родючістю орний шар. Останнього досягнути, як правило, неможливо через відсутність спеціальних технічних засобів. Крім цього, суцільна гомогенізація орного шару не сприяє стабілізації агроекологічного стану.

ННЦ "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського" розробив *технологію локального окультурювання (меліорації) кислих ґрунтів*, яка дозволяє підвищити їх біопродуктивність, ефективно і економно використовувати добрива та меліоранти і суттєво знизити енерговитрати. Вона пройшла всебічне теоретичне та експериментальне обґрунтування і виробничу апробацію у Волинській, Чернігівській та Харківській областях і показала високий рівень економії ресурсів та екологічної безпеки.

Докорінна відміна технології локальної меліорації від існуючих полягає в тому, що вона не передбачає зміни кислотно-основної природи ґрунту у всьому об'ємі орного шару. На межі орного і підорного шарів ґрунту створюються локальні, комфортні для розвитку кореневої системи рослин мікрозони діаметром 7-10 см з міжстрічковими відстанями, які формуються внесенням комплексного добрива-меліоранту з високими адсорбційно-десорбційними буферними характеристиками. Основою добрива - меліоранту є добре гуміфіковані органічні речовини (торф, перегній сапропель, вермикомпост...), та мінеральні добавки (вапно суперфосфат або фосфорити, калімагnezія, аміачні форми азотних добрив). Його склад коригується в залежності від агрохімічних особливостей ґрунту. Тому при їх виробництві, підбирають компоненти та співвідношення, які забезпечуватимуть оптимальні фізико - хімічні параметри у невеликому об'ємі кореневмісного шару ґрунту. Локальні осередки, які створюються за рахунок перемішування внесеного комплексного органо-мінерального добрива-меліоранту зі 150-180 т/га ґрунту (за традиційною технологією внесені добрива перемішують зі 2500-3000 т ґрунту) формують гетерогенний відносно реакції і величини трофності кореневмісний шар. Коренева система рослин, в залежності від фізіології знаходить і зосереджується в найбільш комфортних ґрунто-екологічних нішах (локальних або прилеглих них ґрунтових осередках). Локальним осередкам притаманний високий рівень саморегуляції та тривала (продовжена) дія (до 4 і більше років). Нова технологія дозволяє знизити нормативи застосування органічних добрив у 4-5 разів, хімічних меліорантів (вапна) у 8-10 раз і за необхідністю - на 20-30 % зменшити дози мінеральних добрив.

Проведеними дослідженнями встановлено, що за окупністю, технологія локальної меліорації кислих ґрунтів не поступається традиційній, а за приростом урожаю, на тонну внесених органічних добрив, перевищує останні: в 3,5-4,0 рази. За цих умов ефективніше використовують мінеральні добрива та хімічні меліоранти: приріст урожаю в розрахунок на 1 кг діючої речовини мінеральних добрив збільшується у 2 рази, а коефіцієнт енергетичної ефек-

тивності за технології локального окультурювання вищий у 2,0 рази в порівнянні із традиційною (табл. 8.3).

Таблиця 8.3. Ефективність застосування добрив і меліорантів за різних технологій хімічної меліорації дерново-підзолистого ґрунту

Обсяги внесення та показники ефективності	Традиційна „розкидна“ технологія	Технологія локальної меліорації
Внесення добрив та меліоранту: органічних, т/га мінеральних, кг/га д. р. вапна (CaCO ₃), т/га	60 N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ 3,5	10 N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ 0,35
Витрати добрив та меліоранту (розрахунок на енергетичні еквіваленти), ГДж/га	34,8	15,1
Урожай, ц/га к. о. на контролі (без добрив) на меліорованому варіанті	35 71	35 67
Приріст урожаю, ц/га к.о.	36	32
Енергія приросту урожаю, ГДж/га	136,8	121,6
Коефіцієнт енергетичної ефективності	3,9	8,1
Окупність тонни органічних добрив приростом урожаю, ц. к. о.	0,6	3,2
Окупність 1 ц вапна приростом урожаю, ц. к. о.	1,03	9,14
Біомаса кореневої системи в зоні внесення добрив, г/дм ³	0,75	1,39
Енергетична ефективність технологій	0,9	2,5

Важливою складовою ресурсозберезувальних технологій є *фітомеліорація*, яка включає підбір і розміщення в сівозміні культур, більш толерантних до ґрунтової кислотності (вівса, озимого жита, моркви, люпину, злакових трав, картоплі та інших ацидофільних (кальцієфобних) культур). На ґрунтах із близьким заляганням карбонатів (леси і лесовидні суглинки) в сівозміну вводять люцерну, конюшину, люпин тощо, які здатні "перекачувати" кальцій з нижніх шарів ґрунту у верхні, поліпшуючи рН-буферність кореневмісного шару, що певною мірою оптимізує кислотно-лужний режим ґрунтів в зоні росту кореневої системи.

Прийоми окультурення солонцевих ґрунтів в залежності від їх генезису і властивостей передбачають диференційований комплекс заходів з підвищення родючості солонцевих ґрунтів: хімічна меліорація; меліорація за рахунок внутрішньоґрунтових запасів кальцієвих солей; глибокий обробіток зі збереженням генетичних горизонтів; доцільність меліорації, її вид, технологія визначаються урахуванням фізико-хімічної солонцюватості ґрунтів, ступеня та хімізму їх засолення, глибини залягання карбонатів кальцію і гіпсу, підґрунтових вод, кліматичних умов, строкатості (комплексності) ґрунтового покриву; специфіки використання.

З прийомів хімічної меліорації в більшості країн СНД та за кордоном найбільш поширене гіпсування, як основний прийом меліорації глибокогіпсових і глибоко карбонатних солонців та середньо- і багатонатрієвих висококарбонатних ґрунтів.

Теоретичною основою гіпсування є концепція К.К. Гедройця про провідну роль обмінного натрію в солонцевому процесі ґрунтоутворення. Дія гіпсу проявляється у витісненні кальцієм обмінного натрію з ґрунтового вбирного комплексу, внаслідок чого зменшується рухомість ґрунтових колоїдів (гумусу, глини та ін.), нейтралізується лужність і створюються умови для окультурення ґрунту.

Як показали результати досліджень, із внесенням гіпсу, поліпшуються його агрономічні властивості, знижується лужність, підвищується доступність для рослин азоту, фосфору та калію, зменшується токсичність рухомих форм заліза та алюмінію, активізуються мікробіо-

логічні процеси, підвищується врожайність. У випадку незначного вмісту в ґрунті увібраного натрію та високого - магнію, гіпсування знижує можливість утворення токсичних гуматів магнію й поліпшує умови кальцієвого живлення рослин. Ефективність гіпсування підвищується при внесенні органічної речовини, яка посилює біологічну активність солонцевих ґрунтів, збільшує виділення вуглекислоти, сприяє кращому розчиненню ґрунтових карбонатів, швидкому заміщенню обмінного натрію кальцієм.

Позитивна дія гіпсу проявляється коли підґрунтові води присутні глибше 1,2-1,5 м. У протилежному випадку продукти обмінних реакцій (сірчаноокислий натрій та ін.) не мігрують вниз по ґрунтовому профілю і розсолонцювання не відбувається.

Гіпсування є основним напрямком меліорації содових солонців і солонцюватих чорноземів Лісостепу. Особливо ефективне воно у сполученні з іншими агротехнічними заходами (внесення органічних і мінеральних добрив, поступове поглиблення орного шару, чизельний обробіток ґрунту, вирощування соле- і солонцестійких культур). У Степовій зоні гіпсування більш ефективно при застосуванні вологонакопичувальних заходів та при зрошенні.

Меліорація солонців-солончаків із близьким (1,5-2 м) заляганням підґрунтових вод можлива лише при застосуванні комплексу заходів, що включають дренаж, глибоке рихлення, щільювання на 60 см, чизельний обробіток, внесення хімічних меліорантів та підвищених доз органічних і мінеральних добрив, посів соле- і солонцестійких культур.

За даними Національного наукового центру „Інститут землеробства НААН”, меліоративне поліпшення содово-солончакових солонців Лісостепу шляхом комплексної меліорації (гіпс 10 т/га+гній 20 т/га+N₁₀₀P₅₀ на фоні дренажу) можливе лише після другої ротації чотирирічної сівозміни.

На заплавах терасах південного Лісостепу з близьким заляганням підґрунтових вод доцільно застосовувати агротехнічні й біологічні засоби окультурювання ґрунтів - безполицевий обробіток, посів соле- і солонцестійких трав, а в місцях з рівнем підґрунтових вод нижче 2 м - гіпсування, внесення фізіологічно кислих добрив.

За результатами наукових досліджень, позитивний вплив гіпсування на властивості та продуктивність солонцевих ґрунтів триває протягом 5-7 років. Разом з тим, в сучасних умовах ринкової економіки та земельної реформи наукові підходи до раціонального використання солонцевих ґрунтів і розробка відповідних заходів базуються на принципово нових еколого-економічних засадах, що враховують різні форми власності на землю.

Основою раціонального використання солонцевих ґрунтів в сучасних умовах вважають необхідність ландшафтно-геохімічної оцінки їх утворення та поширення і адаптивного застосування традиційних і нових енергозберезувальних видів меліорації, охорону і підвищення їх ефективної родючості, оптимізацію умов росту й розвитку культурних рослин.

У районах поширення солонцевих ґрунтів необхідно передбачити у найближчій перспективі виведення із ріллі сильносолонцюватих ґрунтів і солонцевих комплексів, де площі солонців займають 50 % і більше території, для запровадження на них культурних сіножатей і пасовищ. При їх створенні рекомендується залучення адаптованих до ґрунтових умов соле- і солонцестійких трав, оскільки затрати на підвищення їх родючості при цьому окуповуються швидше і не потребують дорогих гідротехнічних заходів (дренаж, промивка).

На солонцевих ґрунтах з неглибоким (40-50 см) заляганням карбонатів, альтернативою гіпсуванню з точки зору еколого-економічної ефективності є меліоративна плантажна оранка, а у випадку, якщо за комплексом показників вони виявляються непридатними для її проведення, доцільним є застосування хімічної меліорації в зрошуваних умовах.

На слабосолонцюватих ґрунтах можна відмовитися від гіпсування, а проводити покращення їх агрофізичних властивостей за допомогою агротехнічних заходів: внесення органічних і мінеральних добрив, введення в сівозміну багаторічних трав, фітомеліорації.

Для хімічної меліорації лужних ґрунтів використовують кальцієві сполуки, у тому числі промислові відходи (фосфогіпс, сірчаноокисле залізо, дефекат, вапняк та ін.) з обов'язковою їх еколого-токсикологічною оцінкою. Підвищенню економічної ефективності хімічної меліора-

ції солонцевих ґрунтів сприяє внесення меліорантів в оптимальних дозах (на солонцях Лісо-степу 8-10, лучно-чорноземних солонцюватих - 3-4, для солонцюватих ґрунтів Степу 4-6 т/га.

25.09.2012 11.50-13.10

29.09.2015 8.30-9.50