

# КИСЛОТНІСТЬ ҐРУНТІВ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН



Марія Ярошко, Німецький аграрний центр, за матеріалами семінару «Склад ґрунту та його характеристики» Катлен Бреммер, незалежна консалтингова фірма N.U. Agrar GmbH, Німеччина



підлужування. В той же час ґрунти, які значно насичені основами, наприклад чорноземи та сірі ґрунти, мають високу буферність проти підкислення. Підвищити буферність ґрунтів проти підкислення також можна внесенням великих доз органічних добрив і вапна. За показниками кислотності ґрунти поділяють на класи: дуже сильнокислі –  $pH < 4,0$ ; сильнокислі –  $pH = 4,1-4,5$ ; кислі –  $pH = 4,5-5,0$ ; слабокислі –  $pH = 5,0-5,5$ ; близькі до нейтральних –  $pH = 5,5-6,0$ ; нейтральні –  $pH = 6,0-7,0$  та лужні при  $pH > 7,0$ . Для більшості рослин оптимальний рівень  $pH$  дорівнює  $6,0-6,5$ . У випадку невідповідності показника  $pH$  потребам рослин не тільки знижуються показники врожайності, а й значно страждає якість кінцевої продукції.

## ВИДИ КИСЛОТНОСТІ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Показник кислотності чи лужності ґрунтів здійснює великий вплив на розвиток коріння та живлення рослин через засвоєння поживних речовин. Реакція ґрунтового середовища, або  $pH$ , є ознакою, від якої багато в чому залежать агрохімічні властивості ґрунтів і ріст рослин. Кислотність утворюється через присутність у ґрунтовому розчині і на колоїдах іонів  $H^+$ . У ґрунтах розрізняють два види кислотності: актуальну та потенційну. Актуальна кислотність обумовлена підвищеною концентрацією іонів водню у ґрунтовому середовищі. Вона визначається у водній витяжці з ґрунту і вимірюється величиною  $pH$ , яка є зворотною величиною концентрації іонів  $H^+$  у розчині. Актуальна кислотність утворюється при нестачі в ґрунті нейтралізуючих речовин через дисоціацію іонів водню від вугільної та інших водорозчинних кислот і кислих солей. Актуальна кислотність тісно пов'язана із потенційною або прихованою, яка поділяється на обмінну і гідролітичну.

Під обмінною кислотністю, зазвичай, мають на увазі кислотність, обумовлену іонами водню і алюмінію, які знаходяться у поглиненому стані і здатні витіснятися у розчин при дії на ґрунти певної нейтральної солі.

Кислотність ґрунту, що обумовлена менш рухливими іонами водню, які витісняються при обробітку ґрунту гідролітично лужною сіллю, є гідролітичною кислотністю. Вона зустрічається навіть частіше, ніж обмінна, оскільки властива більшості ґрунтів, в тому числі і чорноземам. Ця кислотність включає менш рухливу частину поглинених іонів  $H^+$ , які важче обмінюються на катіони. При цьому її визначення є необхідним для рішення ряду практичних завдань з застосування добрив, які включають розрахунок норм внесення вапна і можливості ефективного використання сполук фосфору. Чим більша гідролітична кислотність ґрунту, тим вища його буферність проти

## ВПЛИВ ЗМІНИ КИСЛОТНОСТІ ҐРУНТУ НА РОСЛИНИ

Зміна кислотності ґрунтів значною мірою впливає на доступність для рослин поживних речовин. Надмірно високий (більше 9,0) та надмірно низький (менше 4,0) показники  $pH$  ґрунту діють на коріння рослин токсично. В межах цих показників  $pH$  визначається поведінка окремих поживних сполук, а саме їх осадження чи перетворення у доступні чи недоступні для рослин форми. Так, у дуже кислих ґрунтах ( $pH 4,0-5,5$ ) такі елементи як залізо, алюміній та марганець переходять у легкодоступні для засвоєння рослинами форми, до того ж їх концентрація досягає токсичного рівня. При цьому надлишок цих металів порушує вуглеводний та білковий обмін рослин і утворення органів розмноження, що значно знижує врожай і може навіть спричинити загибель культурних посівів. При високій кислотності ґрунту погіршуються його фільтраційна здатність, капілярність та проникність. Високу чутливість до алюмінію проявляє буряк, горох та квасоля. До надлишку марганцю чутливі майже усі овочі і також буряк. За низького показника кислотності ґрунту утруднюється засвоєння рослинами фосфору, калію, сірки, кальцію, магнію та молібдену. В результаті голодування, за певних передумов культурні рослини можуть гинути навіть без вагомих помітних причин.

Надмірна кислотність ґрунтів також пригнічує діяльність корисних мікроорганізмів, що беруть участь у розкладанні гною, торфу, компостів і інших форм органічних решток для вивільнення із них доступної для рослин форми поживних речовин. На коренях рослин, що ростуть у дуже кислому середовищі, погано розвиваються бульбочкові бактерії, через що засвоєння бобовими культурами азоту з повітря значно погіршується. За таких передумов не відбувається збагачення

ним ґрунтів і не задовольняються потреби рослин, що необхідно враховувати при розробці стратегії удобрення.

На дуже лужних ґрунтах (рН 7,5-8,5), навпаки, спостерігається значне зниження доступності для рослин таких елементів як залізо, марганець, фосфор, мідь, цинк, бор та більшості мікроелементів. Порушення їх засвоєння в даному випадку пов'язане із утворенням їх нерозчинних гідроокисів, які рослини не можуть поглинати у такому вигляді. Оптимальна для рослин реакція ґрунтів з рН 6,5 дає можливість більшості поживних сполук лишатися у доступній для рослин формі у ґрунтового розчині, що зазвичай профілактує їх нестачу.

Мінеральні елементи засвоюються з ґрунту завдяки діяльності кореневої системи рослин у вигляді позитивно та негативно заряджених іонів – катіонів та аніонів. Наприклад, азот може засвоюватися рослинами у вигляді аніону  $\text{NO}_3^-$  та катіону  $\text{NH}_4^+$ , фосфор та сірка – у вигляді аніонів фосфорної та сірчаної кислот –  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  і  $\text{SO}_4^{2-}$ , калій, кальцій, магній, натрій та залізо – у вигляді катіонів з одним чи двома позитивними зарядами  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , а мікроелементи – у вигляді відповідних катіонів чи аніонів. Причому рослини засвоюють іони не тільки з ґрунтового розчину, а й ті, що утримуються на колоїдах – глинистих мінералах чи часточках гумусу. Для цього рослини активно впливають на тверду фракцію ґрунту своїми корневими виділеннями, які мають високу розчинну здатність завдяки вугільній кислоті, органічним та амінокислотам. Під впливом цих сполук необхідні рослинам поживні речовини переходять у доступну форму. Зміна мінерального складу ґрунту і його колоїдів, а також процеси засвоєння корінням рослин поживних речовин регулюють і змінюють кислотність ґрунтового середовища.

Загалом сила кореневої системи різних рослин значно відрізняється. При цьому активна частина коріння, завдяки якій рослина засвоює з ґрунтів поживні елементи, представлена молодими корінцями. З відростанням коріння у самого його кінчика, захищеного корневим чохлаком, зовнішній шар грубіє і втрачає цю здатність. Знання будови коріння відіграє дуже важливу роль у розумінні засвоєння і перенесення по рослині поживних елементів і води. Так, поряд із кінчиком корінця знаходиться зона клітин меристеми, які діляться. Вище розміщується зона розтягнення, де клітини не тільки збільшуються у розмірі і здобувають центральну вакуоль, а й розпочинається диференціація тканин із формуванням флоєми. Флоєма представляє собою частину судинно-провідної системи, по якій відбувається перенесення органічної речовини з надземних органів рослин до коріння. Дуже близько до кінчика кореня, на відстані 1-3 мм, розташована зона утворення корневих волосків. В ній формується інша частина провідної системи – ксилема, по якій рухається вода з розчиненими в ній іонами і синтезовані у корінні сполуки – деякі органічні сполуки, в тому числі амінокислоти і білки – від кореня до надземних частин рослин. Кореневі волоски є найважливішим знаряддям для засвоєння поживних речовин. Ці тонькі вирости зовнішніх клітин кореня значно збільшують поверхню кореневої системи, здатної засвоювати поживні елементи через безпосередній контакт із ґрунтом. Ріст коріння рослин проходить постійно і у однорічних польових культур може досягати 1 см за добу. При цьому молоді корінці здатні засвоювати розчинені у ґрунтового розчині іони



аналітична  
лабораторія  
**АГРО  
ТЕСТ**

Сучасна лабораторія  
Найкращі експерти  
Достовірний результат



Комплексний  
**аналіз** ґрунту  
Рекомендації  
по внесенню добрив

Україна, Київ  
Столичне шосе, 100

+380 44 494-23-80  
www.agrotest.com

на відстані до 20 мм навколо, а ті, що знаходяться на колоїдах, – до 2-8 мм. Росту кореневої системи рослин властиве явище хемотропізму – посиленого росту у напрямку розташування доступних поживних речовин. Негативний хемотропізм спостерігається у випадку гальмування росту коріння у зоні несприятливої для рослин високої концентрації окремих солей. Найбільш виражений позитивний хемотропізм спостерігається при реакції коріння рослин на іони фосфору, через що фосфорні добрива успішно використовуються для стимуляції росту кореневої системи у напрямку розташування концентрованого добрива, наприклад, при стрічковому удобренні. Таким чином, надлишок чи нестача елементів живлення і їхня доступність здатні значно впливати на розвиток кореневої маси.

Засвоєння поживних речовин рослинами через коріння відбувається кількома шляхами. Першим і найпростішим шляхом засвоєння є перенесення розчинених у ґрунтового розчині мінеральних елементів до рослин з током рідини під час підтримання осмотичного тиску. За рахунок всмоктувальної сили, що виникає при випаровуванні вологи через устячки листя, коріння по ксилемі нагнітає до рослини вологу з розчиненими в ній мінеральними речовинами. Однак, щоб перейти з мертвих клітин ксилеми, позбавлених живого вмісту, до живих клітин коріння чи інших органів, засвоєні іони мають пройти через напівпроникну мембрану. Тут перенесення може відбуватися пасивно, без додаткових витрат енергії, лише за градієнтом концентрації. Тоді за рахунок дифузії речовини рухаються від місця більшої концентрації до меншої, врівноважуючи її. Перенесення також можливе за рахунок відповідного електричного

потенціалу на внутрішній поверхні мембрани, що взаємодіє із зовнішнім розчином. Однак відомо, що концентрація окремих іонів у клітинному соку рослин значно вища, ніж у ґрунтового розчину, тож їх засвоєння не може проходити пасивно за рахунок градієнту концентрації і дифузії. Враховуючи, що рослини одночасно засвоюють і катіони, й аніони, при цьому у різному співвідношенні, ніж вони знаходяться у ґрунтового розчині, та з різною швидкістю, навіть при їх однаковій концентрації, стає зрозуміло, що пасивне перенесення цих сполук не може відігравати провідної ролі у живленні рослин. Вибірковий характер засвоєння і перенесення, а також відсутність прямої залежності поглинання поживних речовин від інтенсивності транспірації явно вказує на те, що засвоєння поживних речовин рослинами є активним фізіологічним процесом, який безпосередньо пов'язаний із роботою усіх систем і органів рослини, процесами фотосинтезу, дихання і обміну речовин та обов'язково вимагає витрат енергії.

## ЗМІНА КИСЛОТНОСТІ У ПРИКОРЕНЕВІЙ ЗОНІ

Процес засвоєння поживних речовин рослинами здатний безпосередньо впливати на кислотність ґрунтів у зоні навколо коріння. Так, клітинні оболонки мають доволі великі пори та канали і є легкопроникними для іонів. Більше того, стінкам клітин властива висока сорбуюча здатність. Тож у міжклітинних каналах іони, засвоєні з ґрунтового розчину шляхом дифузії, не тільки вільно рухаються, а й концентруються для наступного проникнення всередину

клітини. Обмін іонами між вмістом клітини і зовнішнім середовищем уможлиблюється за рахунок структури її мембрани. Її окремі ділянки можуть нести позитивні і негативні заряди. Для збереження електричної рівноваги при засвоєнні певних іонів клітини повинні виділяти інші. Таким обмінним фондом катіонів і аніонів у рослин можуть бути  $H^+$  і  $OH^-$ , а також  $H^+$  і  $HCO_3^-$ . Транспорт адсорбованих іонів ззовні мембрани клітини до середини, проти градієнту концентрації і електричного потенціалу, потребує обов'язкових витрат енергії і охоплює складні хімічні перетворення. Через активне поглинання поживних елементів рослинами у зоні безпосереднього контакту з кореневими волосками їхня концентрація знижується, що полегшує витіснення аналогічно заряджених іонів у процесі обміну. Відповідно, навколо коріння при засвоєнні основних поживних катіонів значно збільшується концентрація іонів  $H^+$ , через це спостерігається ефект місцевого підкислення ґрунтів. Така ситуація на ґрунтах із завищеним показником рН має вагомий позитивний наслідок, зумовлений покращенням засвоєння багатьох поживних елементів, погано доступних для рослин у лужному середовищі. На противагу цьому у кислих ґрунтах таке додаткове підкислення знижує і так вже обмежену доступність поживних речовин. При тому що основний запас поживних речовин знаходиться у ґрунті у формі різних важкодоступних сполук, для їх засвоєння коріння має безпосередньо впливати на тверду фракцію і мати тісний контакт із часточками ґрунту. Так, під впливом вуглекислоти і деяких інших органічних кислот, ферментів та інших речовин, які коріння виділяє в процесі своєї життєдіяльності, відбувається розчинення мінеральних сполук фосфору, калію і кальцію і витіснення катіонів у розчин, вивільнення фосфору з його органічних з'єднань.

## ВИБІРКОВЕ ЗАСВОЄННЯ

Різні елементи живлення неоднаковою мірою використовуються в процесах обміну речовин, чим обумовлюється нерівномірність потрапляння окремих іонів до коріння і вибіркове засвоєння їх рослинами. Залежно від присутності у ґрунтового розчині тих чи інших сполук рослини обирають ті іони, що є більш необхідними їм для синтезу органічних

елементів, побудови нових клітин, тканин і органів. Наприклад, якщо в розчині присутнє  $NH_4Cl$ , то рослини інтенсивніше поглинатимуть катіони  $NH_4^+$ , оскільки вони використовуються для синтезу амінокислот. Поряд із цим, іони  $Cl^-$  необхідні рослині у значно меншій кількості і засвоюватимуться у меншому обсязі. Через це в ґрунтового розчині накопичуватимуться заміщені іони  $H^+$  і лишені  $Cl^-$ , що утворюватимуть соляну кислоту і, як наслідок, підкислюватимуть ґрунт. Якщо ж у ґрунтового розчині буде міститися  $NaNO_3$ , то рослини більше і швидше поглинатимуть аніони  $NO_3^-$ , заміщуючи їх на  $HCO_3^-$ . Через це в розчині накопичуватимуться іони  $Na^+$  і  $HCO_3^-$ , які поєднуюватимуться у бікарбонат натрію (харчова сода), через що відбуватиметься підлужування середовища. Вибіркове поглинання рослинами зі складу солі більшою мірою катіонів чи аніонів зумовлює її так звану фізіологічну кислотність чи фізіологічну лужність. Відповідно, солі, з яких більшою мірою поглинається аніон, ніж катіон –  $NaNO_3$ ,  $KNO_3$ ,  $Ca(NO_3)_2$  – і спостерігається підлужування розчину, вважають фізіологічно лужними; ті ж солі, чий катіон поглинається рослинами у більших кількостях, ніж аніони –  $NH_4Cl$ ,  $(NH_4)_2SO_4$ ,  $(NH_4)_2CO_3$ ,  $KCl$ ,  $K_2SO_4$  – з наступним підкисленням розчину, вважають фізіологічно кислими. Таким чином, фізіологічна реакція солей, які використовуються в якості мінеральних добрив, має обов'язково враховуватися у взаємозв'язку з вихідним показником кислотності ґрунтів для попередження створення умов, що перешкоджають росту і розвитку культурних рослин.

## ФІЗІОЛОГІЧНА ВРІВНОВАЖЕНІСТЬ ҐРУНТОВОГО РОЗЧИНУ

Поглинання рослинами поживних речовин значно залежить від усіх властивостей ґрунту – температури, аерації, вологості, тривалості і інтенсивності освітлення. Але особливо впливають на засвоєння саме реакція ґрунтового розчину, концентрація і співвідношення у ньому солей. Наприклад, в засоленіх ґрунтах при надмірній концентрації ґрунтового розчину поглинання рослинами води і поживних елементів різко уповільнюється. Натомість коріння має дуже сильно виражену засвоєвальну здатність, що дає йому можливість

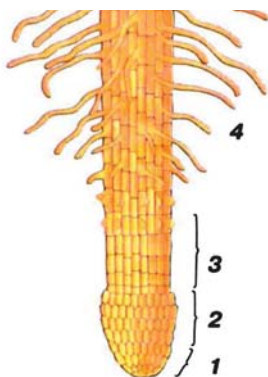


Рис. Зони кореня: 1 – кореневий чохлак; 2 – зона поділу; 3 – зона розтягування; 4 – всисна зона

## презентує найкраще насіння австрійських гібридів соняшника виробництва 2012 року:

### СІЛУЕТ

**Тип гібриду:** простий.

**Група стиглості:** скоростиглий.

**Тривалість вегетаційного періоду:**

для Степу становить 114 днів,

для Лісостепу – 20 днів.

**Особливості гібриду:**

відзначається високою посухостійкістю.

Насіння чорного кольору зі смужками,  
середньокрупне, з вмістом олії близько 49-50%.

Високотолерантний до білої та сірої гнилей  
та резистентний до переноспорозу.

### СІМСОН

**Тип гібриду:** простий.

**Група стиглості:** скоростиглий.

**Тривалість вегетаційного періоду:**

для Степу становить 120 днів,

для Лісостепу – 125 днів.

**Особливості гібриду:**

відзначається стабільно високими врожайми.

Насіння чорного кольору, крупне,  
з вмістом олії близько 49%.

Високотолерантний до білої та сірої гнилей  
та резистентний до переноспорозу.

Придатний до вирощування на родючих  
та середньородючих ґрунтах.

поглинати поживні речовини навіть при їх дуже низьких концентраціях у інших розчинах. На розвиток рослини і її коріння значною мірою впливає фізіологічна зрівноваженість розчину. Під цим поняттям розуміють такі співвідношення поживних речовин у розчині, при яких відбувається їх найбільш ефективне використання рослиною. Однобічні розчини, в яких переважає певний елемент, зокрема сіль, є фізіологічно невідновженими, тож розвиток коріння найкраще відбувається у багатосольовому розчині. В такому розчині спостерігається певна антагоністична взаємодія окремих іонів, де кожен із них взаємно перешкоджає надмірному засвоєнню іншого. Наприклад, іони  $\text{Ca}^{2+}$  у високих концентраціях гальмують засвоєння іонів  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , також антагоністична взаємодія спостерігається між  $\text{K}^+$  і  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  і  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$  і  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$  і  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$  і  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  та іншими. За рахунок таких взаємодій забезпечується зважене живлення рослин. Фізіологічна рівновага розчину легше за все відновлюється додаванням солей кальцію, які створюють необхідні умови для нормального розвитку кореневої системи. Це підкреслює необхідність вапнування ґрунтів з порушеним співвідношенням мінеральних компонентів та високим закисленням. Також стає зрозумілим, що удобрення в жодному випадку не повинно проводитися однобічно, без врахування загальної потреби рослин у всіх елементах живлення.

Розвиток коріння значно погіршується при засвоєнні ним поживних речовин у присутності високої концентрації іонів водню, тобто при низькому показнику рН. За таких передумов перенесення поживних речовин до коріння значно ускладнюється, погіршується проникність клітин і послаблюється живлення всієї рослини. Відсутність іонів кальцію у кислому середовищі погіршує його негативний вплив на коріння значно більше, ніж недостатність інших катіонів, через що навіть при визначенні показника рН необхідно звертати увагу на те, за рахунок яких саме елементів було його досягнуто. Поряд із іонами кальцію підвищувати реакцію середовища можуть, наприклад, і іони магнію, але саме у присутності кальцію рослини здатні легше переносити більш кислу реакцію. На перший погляд, ґрунти, багаті магнієм, можна визначити навіть за їхніми властивостями. Через свою особливу структуру у сполуках з іншими елементами магній сприяє замулюванню ґрунту, його слизкості та меншій буферності. Загалом при кислій реакції ґрунту підвищується засвоєння аніонів, але утруднюється засвоєння катіонів. В результаті порушуються мінеральне живлення, потрапляння до рослин кальцію та магнію, гальмується синтез білків та цукрів. Лужна реакція ґрунту посилює потрапляння катіонів і утруднює аніонне живлення. Але тільки у рівновазі рослини можуть отримати із ґрунту всі необхідні елементи. Так, вибір часу, способу внесення добрива і загортання його у ґрунт залежать не тільки від біології живлення і агротехнічних вимог культури, а й від ґрунтово-кліматичних умов та виду і форми добрива. Регулювання умов живлення рослин у відповідності з їхніми потребами та властивостями окремих добрив і ґрунтів дає змогу спрямовано впливати на якість і розмір врожаю, а також покращувати характеристики ґрунту для його подальшого успішного використання. 🌻