Лекція 6

Тема: Аналіз хімічного складу ґрунту: органічні та мінеральні компоненти ґрунту.

Мета: Ознайомитися з основним хімічним складом та властивостями ґрунтів, розглянути колоїдні властивості ґрунту та здатність його до сорбції.

План

1. Органічна та мінеральна складова ґрунту.
2. Колоїдні властивості ґрунту.
3. Сорбційна здатність ґрунту.
4. Буферність ґрунту.

Вступ

Основною складовою частиною ґрунту є органічна речовина, що утворюється з решток рослин, тварин та інших організмів за активною участю мікроорганізмів. Вивченню органічної частини ґрунту присвячено дуже багато праць, і було висунуто ряд гіпотез щодо походження гумусу в ґрунті. Ще 200 років тому М. В. Ломоносов висловив думку про те, що перегній і торф є продукти розкладу (гниття) органічних решток рослин і тварин. В 1836 р. шведський учений Берцеліус виділив з органічних речовин ґрунту ряд специфічних сполук, назвавши їх гумусовими кислотами (кренова, апокренова, гумінова й ульмінова). З того часу і до кінця першої чверті минулого століття панувала думка про те, що утворення гумусу — суто хімічний процес. Основоположники наукового ґрунтознавства В.В. Докучаєв і П.А. Костичев, вивчаючи чорноземи, встановили, що. нагромадження гумусу в ґрунті зв’язане не тільки з розкладом кореневих систем багаторічних трав, а й із синтезом складних органічних сполук із простіших, який відбувається за безпосередньою участю бактерій, грибів та продуктів розкладу. Так виник біологічний напрям вивчення природи гумусу і шляхів його утворення. Видатним представником цього напряму був П.А. Костичев (1886), який довів, що гумус у грунті утворюється бактеріями і грибами. Одночасно з розкладом органічних решток мікроорганізми синтезують складні сполуки, основою яких є білкові речовини. Так учений встановив, що гумус містить до 5,25 % азоту. В. Р. Вільямс та інші вчені вважали, що гумусові речовини утворюються всередині клітин мікроорганізмів і виділяються ними в грунт у процесі їх життєдіяльності або автолізу — розпаду клітин під впливом ферментів, які містяться в його тканинах. Але цю гіпотезу ні Вільямс, ні його послідовники не довели, бо експериментально не встановлено, що бактерії у процесі життєдіяльності в аеробних умовах виділяють гумінову кислоту, в анаеробних — ульмінову і грибки — кренову. Таким чином, досі немає доказів про внутрішньоклітинний синтез гумусових речовин. В останні десятиріччя з’явилися роботи, в яких доведено, що у процесі життєдіяльності мікроорганізми виділяють у зовнішнє середовище речовини, які через певний період набувають ознак, властивих гумусу. Так з’явилася нова гіпотеза про синтетичний процес утворення гумусу. Початок їй поклав А. Г. Трусов, який

передбачав, що гумінові кислоти утворюються в процесах окиснення і конденсації продуктів розкладу білків, лігніну і дубильних речовин. Він вважав, що гумінові кислоти утворюються з бензольних і пірольних сполук, які в свою чергу є продуктами розкладу білків, а також фенольних і хінонних похідних лігніну і дубильних речовин. Кисень повітря, аміак і ферменти оксидази мікроорганізмів є агентами гуміфікації. Тепер, за М. М. Кононовою (1972), загальновизнано, що гумусові речовини є сполуками типу полімерів (поліконденсати), молекули яких утворюються з фенольних сполук з вмістом азоту. Можливо також, що в утворенні беруть участь і деякі інші вуглеводи. Процес формування гумусових речовин досить складний — з органічних решток утворюються і конденсуються структурні одиниці з наступною полімеризацією продуктів конденсації. Окремі стадії процесу, як зазначає М.М. Пономарьова, скоординовані і можуть відбуватися одночасно. Деякі вчені вважали, що основною ланкою в цьому процесі є конденсація фенольних груп з компонентами, які містять азот, а можливо й з іншими вуглеводами. Більшість вчених вважає, що фенольні групи беруть участь у цьому процесі у вигляді полімерів, окиснюючись ферментами типу фенолоксидаз і перетворюючись на хінони. Потім хінони конденсуються з амінокислотами або пептидами. Проте останнім часом висловлюються думки про те, що в утворенні молекул гумусових речовин можуть брати участь і складніші продукти розкладу лігніну.

1. Органічна та мінеральна складова ґрунту

Гуміфікація — це складний процес, який складається з біохімічних і фізико-хімічних реакцій перетворення органічних решток на гумусові речовини. Характерною особливістю всієї системи гумусових речовин є її гетерогенність (неоднорідність), що зумовлює певне варіювання деяких властивостей. Склад і властивості гумусу. Гумусові речовини ґрунту — це складна система високомолекулярних сполук. Характерною особливістю цієї системи, є повільне і безперервне відновлення всіх її складових частин при відносній стабільності порівняно з вихідними органічними рештками. Швидкість розкладу їх та продукти цього перетворення залежать як від складу рослинних решток, які гуміфікуються, так і від зовнішніх умов. Тому різні ґрунти мають різний хімічний склад і містять неоднакову кількість гумусових речовин.

Дослідженнями вчених доведено, що гумусові речовини грунту складаються з трьох груп органічних сполук: гумінової і ульмінової кислот, кренової і апокренової, або фульвокислот, і ґрунтових гумінів з незначною кількістю воску, смол або бітумів та інших речовин. Найпоширенішими в грунті та беруть активну участь гумінові і фульвокислоти. Елементарний склад усіх цих частин гумусу непостійний і залежить від типу грунту. Гумінова і фульвокислоти значно відрізняються за хімічним складом від тих речовин, з яких вони утворилися. Гумінові кислоти є високомолекулярними азотовмісними сполуками циклічної будови. Залежно від типу ґрунту вони містять 52—62 % Карбону, 2,8—5,8 % Гідрогену, 31—39 % Оксигену і 2,6—

5,1 % Нітрогену. Крім цих елементів, гумінові кислоти містять інші зольні елементи, наприклад, Алюміній, Ферум, Фосфор та ін. Гумінова кислота створює в ґрунті складну систему різного ступеня ущільненості та конденсації, яка внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів, що беруть участь у процесах синтезу і руйнування, безперервно оновлюється. Гумінові кислоти з катіонами кальцію, натрію, калію, магнію утворюють солі, які називають гуматами. Фульвокислоти відрізняються від гумінових меншим вмістом Карбону і підвищеною кількістю води. Вони також більш окиснені. Елементарний склад їх такий: С— 44—50, О — 42—48, Н — 4,6—6,0 і N — 2; 5—5,5 %. За даними І. В. Тюріна, В. В. Пономарьової і Л. М. Александрової, фульвокислоти відрізняються від гумінових також вищим вмістом карбоксильних і гідроксильних груп, здатних до обмінних реакцій, активність яких залежить від реакції середовища. Водні розчини фульвокислот мають кислу реакцію (вони добре розчиняються у воді). У зв'язку з цим вони добре розчиняють мінеральну частину грунту, що сприяє підзолоутворювальному процесу. Гуміни — найінертніша маса в ґрунті. Вони складаються в основному (60—70 %) з нерозчинної (у лугах) гумінової кислоти і сполук гумусових речовин з мінеральною частиною грунту, особливо з окремими мінералами, що зумовлює інертність гумінів. Крім вищезгаданих органічних сполук, до складу гумусу можуть входити бітуми (сукупність жирів, високомолекулярних жирних кислот, смол і восків), вміст яких у гумусі становить 2—4 % (у болотних ґрунтах 10—20 %). Значення гумусу в процесах грунтотворення і в підвищенні родючості грунту дуже велике. Він є поживою для мікроорганізмів і джерелом нагромадження азоту і зольних елементів. Як показали дослідження Л. А. Христевої, гумінова кислота сприяє диханню рослин, що активізує процеси синтезу в них. Гумінова кислота разом з мінеральними сполуками утворює в грунті органо-мінеральні комплекси, які також сприяють нагромадженню азоту та інших поживних речовин. Колоїди гумінової кислоти впливають на всі фізико-хімічні процеси, пов'язані з родючістю грунту. Колоїдна гумінова кислота разом з гуматами лужних і лужноземельних металів при взаємодії з колоїдами гідроксидів заліза та алюмінію, що вкривають поверхню мінеральних частинок грунту, утворює складні алюмо- і залізо-гумінові гелі, які не подрібнюються (не пептизуються) і, нагромаджуючись у грунті, збільшують його сорбційну здатність. Отже, чим більше гумусу в грунті, тим більший його поглинаючий комплекс, сприятливіші фізичні властивості, активніші мікробіологічні процеси і більше в грунті доступних для рослин поживних речовин. Гумусові речовини прискорюють також процеси вивітрювання мінералів і надають грунту темного кольору. Від вмісту органічної речовини в грунтах залежить і кількість вітамінів у них. В органічних речовинах грунту, за даними П. А. Власюка (1969), 100 г можуть містити до 980 мкг рибофлавіну, 15—30 мкг біотину і 15 мкг тіаміну. У грунтах, які містять мало органічної речовини, рибофлавіну 10—15, тіаміну—1,5—2,0 та біотину— 0,06 мкг. Тепер відомо, за даними А. В. Манорик і В. Ф. Васильченко, що вітаміни В1 В2, В12, нікотинова,

пантотенова і фолієва кислоти синтезуються і розкладаються під час компостування гною і торфу.

Вміст гумусу в грунтах коливається у великих межах. Грунти України розміщені переважно в лісостеповій і степовій зонах. Вміст гумусу в них зростає від дерново-підзолистих до бороземних грунтів Карпат, від сірих опідзолених грунтів Лісостепу до чорноземів глибоких звичайних середньогумусних. Південні чорноземи і каштанові ґрунти в зв'язку із зміною клімату, генезису, механічного складу ґрунтотворних порід містять менше гумусу. Встановлено, що чим менше в грунті гумусу, тим більша його розчинність і навпаки. Відносний і абсолютний вміст групи гумінових кислот відповідає запасу гумусу і досягає найбільших величин у глибоких чорноземах і зменшується до опідзолених грунтів і сіроземів (ґрунти пустель). Гумус у грунті нагромаджується і мінералізується досить повільно. Дослідні дані свідчать, що в орному шарі на площі 1 га середньорічна мінералізація його становить на дерново-підзолистих грунтах 6—7, а чорноземних — 9—10 ц/га (О. Т. Калачиков). Мінералізація органічної маси у грунті залежить в першу чергу від його механічного складу та обробітку. Наприклад, близько 70 % гною, внесеного в оброблений грунт, мінералізується, а 30 % його перетворюється в гумус. При систематичному внесенні органічних добрив (30 т/га через 5 років) вміст гумусу в ґрунті за 30 років збільшився на 8 % від попереднього його вмісту. Сприяють збільшенню вмісту гумусу в ґрунті: систематичне внесення добрив, особливо органічних, правильна система обробітку ґрунту, меліоративні та інші заходи, які поліпшують мікробіологічні процеси і умови біохімічного синтезу гумусу в грунті, висівання бобових культур. Вапнування кислих і гіпсування засолених грунтів покращує біохімічні та фізико-хімічні процеси, що сприяє збільшенню вмісту гумусу і запобігає вимиванню його з грунту.

2 Колоїдні властивості ґрунту

Грунт складається з твердих частинок, різних за ступенем подрібнення, — хряща (кам'яниста частина), піску, піщаного пилу і найдрібніших частинок — глини. Мулиста частина ґрунту дуже подрібнена і містить найважливішу фракцію — колоїди. Колоїди — це частинки твердої фази грунту розміром від 0,1 до 0,001 мк. Колоїди бувають органічного і мінерального походження. При високій дисперсності мінералів або гумусу колоїди набувають особливих ознак і властивостей, які мають велике значення для родючості грунту. За хімічним складом колоїди поділяють на мінеральні, органічні та органо-мінеральні. З мінеральних, які переважають у грунті, найбільш поширені колоїди кремнезему, глинозему і оксиди феруму. Утворюються вони в грунті під час хімічного вивітрювання мінералів. Так, наприклад, з польових шпатів утворюється кремній оксид у формі колоїду SiO_2-H_2O, а з біотитової слюди — ферум гідрооксид $Fe(OH)_3$-nH_2O. З мінеральних колоїдів у грунті поширені також сполуки $Al(OH)_3$-nH_2O і MnO_2-H_2O та ін. Мінеральні колоїди ґрунту складаються переважно з вторинних мінералів: монтморилоніту, нонтроніту, каолініту, галуазиту,

ферум гідроксиду. Походження цих колоїдів буває різним — вони утворюються у процесах вивітрювання мінералів і грунтотворення. Глинні мінерали, як зазначає А. А. Роде, мають кристалічну будову у формі пластинок, товщина яких коливається від 0,01 до 0,05 мкм. Катіони алюмінію і заліза з поверхні кристалічних частинок цих мінералів притягують з розчину різні аніони. Оскільки в ґрунтовому розчині завжди найбільше гідроксильних йонів ОН-, то в ґрунті утворюються нерозчинні колоїдні сполуки гідроксидів феруму $Fe(OH)_3$ і алюмінію $Al(OH)_3$. Глинні мінерали можуть також притягувати з розчину аніони SiO_3^{2-} і PO_4^{3-} та аніони гумінової кислоти, які з іонами феруму і алюмінію, утворюють нерозчинні сполуки. Колоїдно-дисперсні мінерали (монтморилоніт, іллiт, кварц, каолініт, галуазит) вбирають у свої кристалічні решітки мікроелементи (мідь, цинк).

Органічні колоїди складаються переважно з гумусових речовин (гумінової і фульвокислот, лігніну, протеїну, клітковини, смол тощо), а органо-мінеральні — із сполук гумусових речовин з глинистими та іншими вторинними мінералами. Колоїди гумусу містять карбоксильну групу (-СООН), іони гідрогену якої завжди розташовані на поверхні колоїдних частинок. Тому при змішуванні гумінових кислот з водою гідроген-іони карбоксильної групи віддаляються від ядра (дисоціюються), надходять у воду і утворюють на поверхні колоїдної частинки дифузний шар. Внаслідок цього на поверхні колоїдної частинки залишається група COO^-, яка і надає їй негативного заряду. Колоїди глинистих мінералів і гумусових кислот мають переважно негативний заряд. Колоїдна частинка складається з ядра, йоногенного і дифузного шарів. Ядро колоїдної міцели вкрите внутрішнім і зовнішнім шарами іонів з протилежними зарядами. Внутрішній шар зв’язаний з ядром і визначає потенціал даного колоїду, а зовнішній шар є компенсуючим. Звичайно у грунтах іони, які визначають потенціал, мають від’ємний, а компенсуючі — додатний заряди. Загальна кількість від’ємних і додатних зарядів цих іонів однакова. Всі компенсуючі іони колоїдної міцели називають обмінними, або сорбційними катіонами, а суму всіх сорбційних катіонів — ємкістю сорбції.

Частинки речовини, подрібнені до розміру колоїдів, мають ознаки, невластиві грубим дисперсним (пиловидним і піщаним) частинкам та істинним розчинам. Зокрема, на поверхні подрібнених частинок утворюється поверхнева енергія у зв’язку з тим, що молекули і атоми, які розташовані всередині них, перебувають в інших умовах, ніж ті, що є на поверхні. Ці молекули і атоми мають вільну поверхню, яка може утримувати воду та поживні речовини. Колоїди грунту мають властивість диспергуватися (подрібнення) і коагулюватися (укрупнення). Щодо води колоїди бувають гідрофільні і гідрофобні. Гідрофільні легко адсорбують воду, набухають і можуть утримувати її протягом тривалого часу. Вони дуже насичені гідратованими катіонами. До, гідрофобних належать такі колоїди, які не адсорбують молекул води і характеризуються незначним набуханням і здатністю переходити в осад. У грунті є обидві групи колоїдів. Деякі з них, насичені слабогідратованими катіонами (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+}, H^+), залежно від

умов і своєї природи можуть займати проміжне місце. Органічні колоїди переважно гідрофільні, а мінеральні — гідрофобні. Ґрунти, які містять багато гідрофільних колоїдів, наприклад солонці, при зволоженні дуже набухають, а при просиханні розтріскуються і осідають. У ґрунтах з гідрофобними колоїдами, насиченими іонами Ca^{2+}, Mg^{2+}, внаслідок коагуляції їх утворюються мікро-, а потім макроструктурні агрегати. Негативно заряджені колоїди називають ацидоїдами, а позитивно — базоїдами. Це стійкі колоїдні частинки. Крім них, є колоїди, які не мають постійного електричного заряду. їх називають амфолітоїдами. Ацидоїди містять у дифузному шарі катіонів і бувають у ґрунті переважно в колоїдно-дисперсних формах кремнезему, глинистих мінералів та гумінових кислот. До ацидоїдів відносять і органо-мінеральні колоїди, мінеральні частинки яких вкриті плівками цих же кислот. Гідрати оксидів алюмінію, заліза, а також білки належать до амфолітоїдів. Характерною властивістю колоїдів цієї групи є здатність змінювати електричний заряд при зміні реакції середовища. Колоїди в стані розчину називають золями, а в стані коагуляції (драглиста маса) — гелями. Перехід колоїдів із стану золю в осад (гель) з виділенням молекул води називають коагуляцією. Під час коагуляції колоїдні частинки втрачають електричний заряд (ізоелектрична точка), внаслідок чого міцели або поліміцели злипаються (коагулюються). Процес переходу колоїдів із стану гелю в золь називають пептизацією. Однією з важливих ознак колоїдів є властивість їх вступати в хімічні реакції, хоч у воді вони і нерозчинні.

Дрібнодиспергованні частинки грунту мають властивість вбирати своєю поверхнею гази і пари води. Це явище називають адсорбцією. Якщо поверхня колоїдної частинки стикається з парами води, пара конденсується в порах адсорбента (капілярна конденсація). Адсорбована колоїдною частинкою вода має певні особливості: вона недоступна для рослин і не замерзає навіть після охолодження до —78°, у ній не розчиняються солі тощо. Горизонти грунту, де є багато нескоагульованих дрібнодиспергованих частинок, можуть містити багато недоступної рослинам води. Характерним для колоїдів є також те, що вони створюють у малому об’ємі надзвичайно велику питому поверхню і тому є найактивнішою частиною грунту. Активність частинок підвищується із зменшенням їх діаметра. Від колоїдної фракції залежать такі фізико-механічні властивості грунту, як липкість, твердість, здатність до набухання, а також гідрофільність і буферність. Різні типи ґрунтів містять неоднакові мінеральні колоїди.

3.Сорбційна здатність ґрунту

Сорбційною (вбірною) здатністю ґрунту називають властивість його вбирати і утримувати в поглиненому стані тверді речовини і гази. Сукупність всіх мінеральних, органічних і органо-мінеральних колоїдів називають ґрунтовим вбірним комплексом. Найбільший сорбційний комплекс у глинистих ґрунтах, які містять багато гумусу, а найменший — у піщаних. Завдяки вмісту тонкодисперсних частинок грунт має властивість вбирати з розчину катіони або аніони солей. Увібрані катіони можуть обмінюватися на інші, якщо обробляти грунт розчинами солей. Ця властивість має велике

значення для підвищення родючості ґрунтів. За К.К. Гейдройцем, розрізняють механічне, фізичне (молекулярна адсорбція), фізико-хімічне, хімічне та біологічне сорбуваня. Затримування ґрунтом частинок, які вимиваються з верхніх горизонтів у нижні, називають механічним вбиранням. Це явище використовують для замулювання піщаних ґрунтів, очищення стічних вод тощо. Суть фізичного (молекулярного) вбирання (адсорбція) полягає в тому, що ґрунтові колоїдні частинки завдяки великій поверхневій енергії здатні не тільки притягувати, а й утримувати на своїй поверхні газоподібні і розчинені у воді речовини. Прикладом фізичного вбирання твердих частинок з розчину може бути затримування ґрунтом різних барвників. При цьому розчин фарби може бути зовсім або частково знебарвлений. Адсорбцією можна також пояснити опріснення солоної води при проходженні її крізь грунт. Характерна для грунту також адсорбція різних газів. Наприклад, при виготовленні торфофекальних або торфо-грунтових компостів торф чи грунт майже повністю вбирає газоподібні продукти. Якщо молекули речовини притягуються й адсорбуються поверхнею твердої фази грунту, то таку адсорбцію називають позитивною. Деякі сполуки внаслідок властивості підвищувати поверхневий натяг зумовлюють негативну адсорбцію — концентрація молекул розчиненої речовини буде менша порівняно з міцелярним розчином (вільна вода міжміцелярного розчину мало або й зовсім не зв’язана з твердою фазою грунту). З агрономічного погляду позитивна адсорбція може бути корисною в тих випадках, коли поживні речовини не вимиваються. Прикладом негативної адсорбції є взаємодія грунту з нітратами, які не адсорбуються його колоїдними частинками і легко вимиваються з грунту, якщо азотні добрива внести заздалегідь. Фізико-хімічне вбирання, або обмінна адсорбція має велике значення в ґрунтотворних процесах. Суть його полягає в тому, що сорбовані катіони або аніони, закріплені колоїдною частинкою, можуть заміщуватися іншими катіонами або аніонами з розчину. Від того, які саме катіони розміщені на поверхні колоїдної частинки, залежать агрономічні властивості грунту. Під час обробки грунту нейтральним розчином хлористого амонію NH_4Cl колоїдні частинки грунту вбирають з розчину катіони NH_4^+, а на місце їх в еквівалентній кількості надходять у розчин катіони, які раніше були у сорбованому комплексі. Цю реакцію називають обмінною адсорбцією катіонів чи іонів, або фізико-хімічним сорбуванням. Сорбування і обмін відбуваються тільки на поверхні колоїдних частинок. Чим більша поверхня, тобто більше кодоїдів у грунті, тим більше сорбованих катіонів. При цьому помітна така закономірність: будь-який катіон, увібраний ґрунтом, може бути витиснений іншим в еквівалентній кількості, а саме: 1 міліеквівалент (1/1000 грам-еквівалента) катіона з ґрунтового розчину витискує 1 міліеквівалент увібраного катіона. Реакція обмінної адсорбції катіонів у грунті відбувається дуже швидко, і чим більша концентрація катіонів-витискувачів, тим більша кількість сорбованих катіонів витісняється. Різна також енергія сорбування ґрунтом катіонів. Зростає вона із збільшенням атомної маси та їх валентності. Чим більша атомна маса і

валентність, тим більша сила енергії обміну. Енергія сорції катіонів залежить від розмірів іонного радіуса та величини електричного заряду. Оскільки обмін між катіонами еквівалентний, то при обробці розчином солей (заздалегідь відомої концентрації) певної наважки грунту є можливість точно підрахувати кількість витіснених катіонів, знати місткість сорції (суму всіх увібраних катіонів) грунту. Катіони, які знаходяться на поверхні ґрунтових колоїдів і здатні обмінюватися на катіони ґрунтового розчину, називаються обмінними, або увібраними, катіонами. Величина сорційного комплексу залежить від кількості колоїдів у грунті, зокрема органічних. У зв'язку з цим у глинистих грунтах сорбційний комплекс більший, а в піщаних — менший. Особливо велику сорбційну здатність мають гумусові сполуки. Кожному типу грунту властиві певні катіони. Наприклад, у чорноземах і каштанових грунтах багато Ca^{2+} і Mg^{2+}, підзолистих — H^{+} і Al^{3+}, засолених — Na^{+}, у болотних — Fe^{3+}. Та разом з цими основними катіонами можуть бути увібрані й інші катіони, наприклад, у чорноземах — Na^{+} і $H^{+,}$ підзолистих грунтах — Ca^{2+} і Mg^{2+}, NH_4^{+}, K^{+}, у солонцях — Ca^{2+} і Mg^{2+} та ін. Поряд з обмінними катіонами в грунті є також і необмінні сорбовані катіони. Суть необмінного сорбування полягає в тому, що катіони міцно закріплюються в грунті і стають на певний час недоступними для живлення рослин. Необмінне сорбування властиве майже всім катіонам, але найчастіше так поглинається калій, який при певних умовах переходить з обмінного стану в необмінний. Цьому особливо сприяє періодичне висушування грунту, і чим вища температура і довший період висушування, тим більша частина обмінного калію стає необмінним. Пояснюють це явище старінням колоїдів грунту. При висушуванні грунту в його колоїдах міняються електрокінетичні властивості (заряд), що в свою чергу пов'язано із зменшенням кількості катіонів у дифузному шарі. При цьому зменшується дисоціація сполук на поверхні колоїдних частинок. Обмінний калій стає необмінним також і внаслідок біологічного сорбування. Крім того, калій може переходити у важкорозчинну форму і в тому разі, коли він входить у кристалічну решітку того або іншого мінералу (наприклад, монтморилоніту). Отже, калій, солі якого здебільшого досить рухливі, може у багатьох випадках закріплюватися в грунті і переходити в недоступну для рослин форму. Для живлення рослин особливе значення мають сорбційні катіони. Це пояснюється тим, що вони є джерелом тих речовин в ґрунтовому розчині, які рослина використала з нього. Хоч обмінні катіони і малодоступні для рослини, проте частину з них рослини використовують, наприклад калій.

Хімічне сорбування полягає у вбиранні та утриманні в поглиненому стані тих іонів розчину, які в процесі обмінних реакцій у грунті утворюють нерозчинні або малорозчинні солі. Наприклад, при взаємодії карбонатів кальцію ($CaCO_3$) з фосфорнокислим натрієм Na_2HPO_4 в грунті утворюється трикальційфосфат $Ca_3(PO_4)_2$ — нерозчинна сіль.

Схематично відображається так:

$$3CaCO_3+2Na_3(PO_4)_2=Ca_3(PO_4)_2+3Na_2CO_3.$$

Ступінь розчинності залежить також від реакції середовища. Наприклад, чим кисліша реакція ґрунту, тим більше розчиняється фосфоритне борошно. Саме тому деякі фосфорні добрива, внесені в грунт, багатий на карбонат кальцію, не завжди бувають ефективні. Аніони різних солей за ступенем розчинності солей у ґрунтовому розчині поділяються на такі групи: аніони, солі яких легко розчиняються у воді ($C1^-$, NO_3^-, NO_2^-) і вбираються тільки біологічно; аніони, солі яких менш розчинні у воді (HCO_3^- і SO_4^{-}), утворюють з катіонами важкорозчинні сполуки ($CaSO_4$-$2H_2O$ та $CaCO_3$) і випадають в осад; аніони, солі яких важкорозчинні (PO_4^{3-}, HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$), деякі органічні і кремнієві кислоти утворюють важкорозчинні сполуки, які осідають та закріплюються у ґрунті. За допомогою методу мічених атомів було встановлено, що аніони можуть бути на поверхні позитивно заряджених колоїдних частинок і що вони здатні до обмінного витискування при взаємодії з аніонами інших солей.

Біологічне вбирання полягає в тому, що мікроорганізми і рослини вбирають різні речовини з ґрунтового розчину. Рослинні і тваринні організми у процесі життєдіяльності засвоюють і закріплюють різні речовини, а після відмирання збагачують ними грунт, нагромаджуючи елементи зольного і азотного живлення. Дуже велика роль біологічного сорбування як у підвищенні родючості грунту, так і в посиленні ґрунтотворних процесів. Зокрема, внаслідок біологічного вбирання поживні речовини (азот, фосфор, кальцій, магній та ін.) не вимиваються атмосферними опадами, а закріплюються в грунті. Певне значення для біологічного сорбування має вибіркова здатність рослин щодо окремих хімічних речовин, внаслідок чого грунт збагачується основними елементами живлення (фосфор, калій та ін.). З біологічним сорбуванням пов’язана й асиміляція зеленими рослинами сонячної енергії, вуглекислого газу та окремими організмами азоту з повітря. При цьому мікроорганізми закріплюють азот у грунті у вигляді білків. Особлива роль у біологічному сорбуванні належить зеленим рослинам, коріння яких проникає в грунт, вбирає різні зольні речовини з глибоких горизонтів грунту і породи, нагромаджуючи їх у вигляді органічних речовин у верхніх горизонтах. Нагромадження органічної речовини, як і біологічне сорбування в цілому, сприяє збільшенню сорбційного комплексу, ємності обмінного сорбування, впливає на хімічні, фізико-хімічні реакції в грунті, а також на структуротворення та ґрунтотвірні процеси. Загальну суму сорбційних катіонів, здатних до обміну, називають ємкістю сорбування. Ємність сорбування того чи іншого грунту залежить від співвідношення у вбирному комплексі між ацидоїдами і базоїдами, від реакції середовища, кількості гумусу тощо. Наприклад, чим більше у грунті негативно заряджених колоїдних частинок кремнієвої і гумінової кислот на одиницю позитивно заряджених (гідроксид алюмінію або феруму), тим вища ємність сорбуваання. У кислих грунтах ємкість вбирання менша порівняно з лужними. Органічні колоїди мають значно вищу ємкість вбирання порівняно з мінеральними. На піщаних грунтах вона значно нижча, ніж на глинистих. Вміст у грунті обмінних катіонів виражають у міліграмеквівалентах (1/1000

г-екв) на 100 г грунту. Величина ємності сорбування в різних грунтах неоднакова і коливається від 1,2 до 50 мг-екв і більше на 100 г грунту залежно від механічного складу грунту, кількості колоїдів у ньому, вмісту гумусу, активної реакції середовища тощо.

Грунти в природному стані містять найбільше таких катіонів, як кальцій, магній, натрій, гідроген, калій і амоній. Катіони дуже помітно впливають на ґрунтотворний процес, фізичні властивості і родючість грунту. Залежно від складу катіонів, К. К. Гедройц всі грунти поділив на насичені та ненасичені основами. До першої групи належать ґрунти, у сорбованому комплексі яких переважають катіони кальцію, магнію, натрію, а до другої — ті, в яких разом з кальцієм і магнієм у сорбованому комплексі є катіони гідрогену та алюмінію. Насичені кальцієм і магнієм ґрунти сприятливі для розвитку рослин, мають найкращі фізичні властивості і добре виражену структуру. Грунти, в яких до складу сорбованих основ входять катіони гідрогену, алюмінію, вважаються ненасиченими основами (кислими). До ненасичених грунтів належать підзолисті та частково сірі опідзолені ґрунти, де вміст увібраних катіонів гідрогену коливається у великих межах, досягає 40—70 %. Грунти з сорбованими іонами гідрогену, алюмінію кислі, безструктурні, мають несприятливі фізичні властивості і легко запливають. У природі поширені, особливо в зоні сухих степів, грунти, які у сорбованому комплексі містять від 10 до 40, а інколи навіть і до 50 % катіонів натрію, вони мають лужну реакцію, безструктурні. Фізичні властивості їх також несприятливі для рослин. Як показали досліди С. І. Соколова, грунти, вбирний комплекс яких дуже насичений катіонами магнію (40—50%), мають властивості, подібні до солонців, насичених натрієм (злита будова, щільність, в’язкість тощо). Отже, склад катіонів сорбованого комплексу зумовлює важливі агрономічні властивості грунту (структура, фізико-хімічні властивості, механічний склад, вміст речовин тощо).

5. Буферність грунту

Властивість грунту протидіяти змінам активної реакції (pH) називають буферністю. Ця властивість пов’язана з сорбційною здатністю грунту і зумовлюється процесами, які відбуваються в грунті. Різні ґрунти мають неоднакову буферність, наприклад, піщані мають значно меншу буферність, ніж глинисті, суглинкові та ґрунти з високим вмістом органічної речовини. Встановлено, що наявність карбонатів кальцію та інших мінералів у грунті протидіє зміні реакції грунту до кислої. Якщо в такий грунт внести кислі мінеральні добрива, то вони частково нейтралізуються карбонатами, і реакція ґрунтового розчину не зміниться або ця зміна буде незначна. Саме тому карбонатні ґрунти завжди мають високу буферність щодо кислих сполук. Якщо в грунт, у ґрунтовому розчині якого є вільні кислоти або кислі солі, внести лужні сполуки, то також виявимо відповідну буферність. На буферність грунту впливає вміст в ньому органічної речовини, зокрема білків. Білкові речовини, як відомо, є амфотерними електролітами, тобто мають одночасно і позитивний і негативний заряди. Тому при внесенні в грунт кислот чи лугів білкові речовини протидіятимуть зміні реакції

середовища. Буферність грунтів впливає на підвищення їх родючості. Відомо, що сільськогосподарські культури здебільшого можуть нормально розвиватися в середовищі з близькою до нейтральної реакцією. Внаслідок біохімічного розкладу органічних решток і внесення мінеральних добрив реакція ґрунту постійно змінюється, але буферність протидіє значним змінам реакції грунту. В грунтах, ненасичених або мало насичених основами, під час мінералізації органічних залишків утворюються різні кислоти. Якщо в такий грунт внести багато мінеральних фізіологічно-кислих добрив (калійну сіль, сірчанокислий амоній), то реакція ґрунтового розчину стане кислою і буде шкідливою для рослин. На таких грунтах треба вносити фізіологічно-лужні мінеральні добрива (натрієва селітра), а на насичених основами — фізіологічнокислі добрива, тому що ці ґрунти більш буферні. Малу буферність мають також піщані та бідні на гумус ґрунти. Для підвищення буферності грунту застосовують органічні та зелені добрива, які збагачують грунт на органічну речовину і кальцій.

Література

1. Моніторинг довкілля: підручник /[Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В.Б. та ін.]; під ред. В. М. Боголюбова. [2-е вид., перероб. І доп.]. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 232 с.
2. Ломницька Я.Ф., Василечко В.О., Чихрій С.І. Склад та хімічний контроль об’єктів довкілля: Навч. посібник. Ломницька Я.Ф., Василечко В.О., Чихрій С.І. – Львів: “Новий Світ-2000”, 2013. – 589 с.
3. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: навч. Посібник / В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар [та ін.]. – К.: Вид-во Нац. Авіа. Ун-ту ”НАУ-друк”, 2009. – 312 с.
4. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник /Г.М. Господаренко. – К.: Аграрна освіта, 2013. – 406 с.
5. Снітинський В.В. Ґрунтознавство з основами геоботаніки та агрохімії: навч. посіб. / В.В. Снітинськимй, В.Ф. Якобенчук. – Львів: Аверс, 2006. – 312 с.