ОСОБЛИВОСТІ ВМІСТУ РУХОМИХ СПОЛУК ЗАЛІЗА У ТЕХНОЗЕМАХ ЗА ПРОФІЛЕМ

В. І. ЧОРНА, доктор біологічних наук, професор,

І. В. ВАГНЕР, аспірант*

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

E-mail: wagner_ignatiy@mail.ru

Анотація. Залізо відіграє важливу роль у ґрунотворному процесі. Кількісне співвідношення форм заліза є основою діагностики різних типів і підтипів ґрунтів. Залізо має безпосередній вплив на ріст і розвиток рослин, бере участь в процесі фотосинтезу і перешкоджає виникненню хлорозу. Проаналізовано 120 зразків ґрунту у науково-дослідній лабораторії гідроекології Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. Вміст заліза визначався за ГОСТ 27395-87 «Почвы. Метод определения подвижных соединений двух- и трехвалентного железа по Веригиной-Аринушкиной» у профілях техногенно-порушених ґрунтів на глибину 100 см через кожні 10 см. Еталонним зразком було обрано чорнозем південний. Досліджувані профілі представлені неоднорідною сумішшю ґрунтових порід. Встановлено, що дерново-літогенні ґрунти на сіро-зелених глинах є найбільш забезпеченими рухомими формам заліза та подібні до еталонного зразку. У шарі 0-10 см активно йдуть процеси вивітрювання, що призводять до руйнування та вимивання речовин у нижні шари за профілем. На цьому етапі становлення ґрунтів вміст заліза залежить від типу досліджуваних ґрунтів, неоднорідності сумішей та інфільтрації шарів. Відношення рухомого заліза у вигляді Fe^{2+} та Fe^{3+} є важливе для рослин, але може мати як позитивні так і негативні наслідки, які можуть виникати в залежності від сполук, що утворюються.

Ключові слова: ґрунотворний процес, техногенно-порушені ґрунти, вміст рухомого заліза

Актуальність. У ході вивчення шляхів відновлення техногенно-порушених ґрунтів на першому плані стає вивчення ґрунотворних процесів. Ґрунотворний процес відноситься до біофізико-хімічної категорії. Агентами ґрунтоутворення є живі організми та продукти їх життєдіяльності, вода, кисень, повітря, вуглекислота. Найбільш важливі складові ґрунотворного процесу:

---

*Науковий керівник – доктор біологічних наук, професор В. І. Чорна

1) перетворення (трансформація) мінералів гірської породи, з якої утворюється ґрунт; 2) накопичення в гірській породі органічних залишків; 3) взаємодія мінеральних та органічних речовин з утворенням складних органо-мінеральних сполук; 4) накопичення у верхній частині біофільних елементів, і, перш за все, елементів живлення; 5) переміщення продуктів ґрунтоутворення стоком вологи в профіль ґрунту [1, с. 183-184]. Встановлено, що залізо бере участь практично у всіх елементарних ґрунтоутворних процесах: метаморфізмі мінеральної і органічної речовини ґрунту, міграції, сегрегації та цементації речовин в ґрунті, опідзолюванні, оглеєнні і ін. [2, с. 10].

Залізо має багатогранний зв'язок з органічною речовиною і активно бере участь в різних процесах перетворення ґрунтів. Воно відіграє особливу роль у формуванні водно-фізичних, фізико-хімічних властивостей ґрунтів і структуроутворенні. Співвідношення різних форм заліза багато в чому пов'язані з окисно-відновними умовами ґрунту. Кількісне співвідношення форм заліза є основою діагностики різних типів і підтипів ґрунтів, що має пряме відношення до їх генетичної класифікації. Залізо має безпосередній вплив на ріст і розвиток рослин, бере участь в процесі фотосинтезу і перешкоджає виникненню хвороби рослин – хлорозу [3, с. 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Залізо в ґрунтах, як правило, пов'язане з первинними мінералами. Розчинність мінералів заліза дуже низька через концентрацію розчинного заліза контрольованого аморфним $\text{Fe}(\text{OH})_3$. У добре аерованому ґрунті іони трьохвалентного Fe^{3+} є домінуючими, в той час як в більш напівзасушливих погано аерованих ґрунтах – іони двохвалентного Fe^{2+} . Кількість розчинного заліза, сильно залежить від кислотності ґрунту, концентрація Fe^{3+} зростає в 1000 разів, коли рН знижується на одну одиницю. Розчинне залізо досягає коренів рослин шляхом дифузії іонів в ґрунтовому розчині або в формі халатів. Воно стає доступним за рахунок деградації рослинних продуктів життєдіяльності, мікробного метаболізму, а також щавлевої і лимонної кислоти, що містяться в ґрунті. Утворення твердої

органічної речовини знижує мобільність заліза і його поглинання рослинами [4, с. 145; 5, с. 28; 6, с. 755-756].

Мета дослідження – охарактеризувати дерново-літогенні ґрунти на лесоподібному суглинку, червоно-бурих та сіро-зелених глинах та педозем на лесоподібному суглинку за вмістом рухомих сполук Fe^{2+} та Fe^{3+} за профілем та порівняти ці показники з даними еталонного зразка у вигляді чорнозему південного. Об'єктом дослідження був вміст рухомих сполук Fe^{2+} та Fe^{3+} у техногенно-порушених ґрунтах.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження вмісту рухомих сполук Fe^{2+} та Fe^{3+} проведено у профілях досліджуваних ґрунтів науково-дослідного стаціонару ДДАЕУ у м. Орджонікідзе. Проби ґрунтів у профілях було відібрано в 2016 році через кожні 10 см до 1 метра у трьохразовій повторюваності (загалом 120 зразків) [7, с. 1-11]. Усі експерименти проводилися у науково-дослідній лабораторії гідроекології Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету.

Вміст заліза визначався за ГОСТ 27395-87 «Почвы. Метод определения подвижных соединений двух- и трехвалентного железа по Веригиной-Аринушкиной» [8, с. 1-12].

Суть методу полягає у добуванні рухомих сполук двох- і трьохвалентного заліза з ґрунту розчином сірчаної кислоти 0,1 моль/дм³ за співвідношення ґрунт : розчин 1 : 10 для мінеральних ґрунтів і 1 : 50 – для торф'яних ґрунтів, часу збовтування 5 хв з подальшим визначенням у витяжці двохвалентного заліза фотометрично з орто-фенантроліном і суми двох- і трьохвалентного заліза фотометрично з додаванням гідроксиламіну солянокислого [8, с. 2]. Вимірювали концентрацію двох- і трьохвалентного заліза на спектрофотометрі Unico за довжини хвилі 512 нм.

Для розрахунку та оцінки даних і встановлення залежностей використовувались функції програми Excel 2010.

Результати дослідження та їх обговорення: Для отримання достовірних результатів умісту рухомих сполук заліза кожний зразок ґрунту був

проаналізований трьохразово та встановлена вологість кожного зразка з перерахунком на сухий ґрунт. Результати фотометричного визначення заліза (II) надані на рисунку 1.

Рис. 1. Вміст двохвалентного заліза у техногенно-порушених ґрунтах: 1 – дерново-літогенні ґрунти на червоно-бурих глинах; 2 – педозем на лесоподібному суглинку; 3 – дерново-літогенні ґрунти на лесоподібному суглинку; 4 – дерново-літогенні ґрунти на сіро-зелених глинах ($M \pm m$, $p < 0,05$).

Вміст рухомого двохвалентного заліза у дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах коливається від 0,009 до 0,019 ‰. Найбільше значення зафіксоване на глибині 10-20 см. Концентрація заліза (II) у профілі є більш-менш постійною до глибини 80 см, на якій різко зменшується 1,5-2 рази.

У педоземі на лесоподібному суглинку вміст двохвалентного заліза знаходиться у межах 0,011-0,016 ‰ та є постійним на всій глибині, приймаючи найбільше значення у прошарку 0-10 см.

У дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібному суглинку зафіксований найменший вміст двохвалентного заліза – 0,004 ‰. Загалом концентрація рухомого заліза (II) поступово зменшується з глибиною від 0,018 ‰ у шарі 0-10 см до найменшого значення у шарі 90-100 см. Спостерігається накопичення двохвалентного заліза у верхніх шарах ґрунту 0-40 см.

У дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах вміст двохвалентного заліза коливається від 0,014 до 0,032 ‰, що є найбільшим значенням серед досліджуваних ґрунтів. Найбільші концентрації заліза (II) зосереджені на глибині 10-80 см. Найбільше значення 0,032 ‰ на глибині 30-40 см за вмістом заліза (II) відповідає середньому вмісту цього показника у чорноземі південному. Вміст двохвалентного заліза на всій глибині у чотирьох досліджуваних профілях складає більше 60 % від загального рухомого заліза. Для рослин двохвалентне залізо є легкодоступною формою для засвоєння, що є гарним показником для їх розвитку.

У дослідженнях А. В. Захарченка тенденція переважання двохвалентного заліза пояснюється тим, що в техногенно-порушених ґрунтах вміст трьохвалентного заліза зменшується, а вміст двохвалентного заліза кількісно зростає відносно природних ґрунтів, що пов'язано із процесом оглеєння і дуже залежить від зміни окисно-відновлюваного потенціалу [9, с. 124]

Прояв внутрішньогрунтового оглеєння пов'язаний із неоднозначними за складом властивостями і масштабом новоутворених продуктів та процесів педотурбації, що виражаються у перерозподілі закисного та окисного заліза у ґрунтовому профілі. Цей процес характерний для дуже ущільнених ґрунтів з важким гранулометричним складом (представлений глинами), що повністю характеризує досліджувані ґрунти [10, р. 524]

Окислювально-відновна система ґрунтів на основі заліза змінюється відповідно до електрохімічної обстановки ($\text{Fe}^{3+} + e = \text{Fe}^{2+}$). Джерелом електрона є органічна частина ґрунтового розчину, яка, відповідно, окиснюється за участі ферментів ґрунтових мікроорганізмів [11, с. 474].

Для повноцінної характеристики рухомих сполук заліза у досліджуваних ґрунтах було встановлено вміст загального рухомого заліза, що дає змогу знайти вміст сполук трьохвалентного заліза.

Отримані дані відображено на рисунку 2

Рис. 2. Вміст заліза загального у техногенно-порушених ґрунтах: 1 – дерново-літогенні ґрунти на червоно-бурих глинах; 2 – педозем на лесоподібному суглинку; 3 – дерново-літогенні ґрунти на лесоподібному суглинку; 4 – дерново-літогенні ґрунти на сіро-зелених глинах ($M \pm m$, $p < 0,05$).

Вміст заліза загального у дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах знаходиться у діапазоні від 0,016 до 0,029 ‰, приймаючи найбільше значення на глибині 10-20 см. У педоземі на лесоподібному суглинку у діапазоні від 0,013 до 0,023 ‰. У дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібному суглинку від 0,008 до 0,022 ‰ з послідовним зменшенням із глибиною. Дерново-літогенні ґрунти на сіро-зелених глинах мають у своєму складі від 0,020 до 0,044 ‰ рухомих сполук заліза загального.

Вміст рухомого загального заліза у всіх типах досліджуваних техноземів збільшується із глибиною або варіює, характеризуючи неоднорідність шарів ґрунтового профілю. Встановлено, що для дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібному суглинку, де рухомі сполуки заліза в більшості сконцентровані у шарі 0-40 см та зменшуються з глибиною є характерним для внутрішньогрунтового оглеєння, яке має сезонний характер. Така особливість була встановлена і В. Г. Двуречанським, який стверджував, що головною особливістю дерново-літогенних ґрунтів є наявність і характер поведінки рухомого заліза, яке збільшується із глибиною, що пояснюється елювіальними процесами виносу зруйнованих мінеральних з'єднань. Цьому сприяє велика кількість розкладеного опаду та процеси педотурбації, які також залежать від зволоження досліджуваних ґрунтів [11, с. 475].

Техногенно-порушені ґрунти розвиваються за зональним типом ґрунтоутворення. Будь-яка ґрунтова система прагне до вигляду оточуючих ґрунтів, як найбільш стійкого за відношенням до факторів ґрунтоутворення. Відповідно до основної парадигми ґрунтознавства такі чинники, як час, клімат, рослинність, рельєф впливають на поверхню Землі із формуванням профілю зональної ґрунту та є зовнішніми чинниками. Але існують чинники внутрішньогрунтової системи, один з яких – це зміна хімічного потенціалу техногенно-порушених ґрунтів, що призводить до перерозподілу заліза за профілем та робить його елементом, який характеризує процеси ґрунтогенезу (1, с. 182; 3, с. 21; 9, с. 127).

Відомо, що залізо є одним з найбільш динамічних параметрів валового хімічного складу ґрунтів, що реагує на зміну окисно-відновних умов, чим також можна пояснити вертикальну диференціацію вмісту рухомих сполук заліза у техногенно-порушених ґрунтах [11, с. 471]

Причиною формування різноманітних горизонтів є просторове розгалуження по вертикалі міграції та акумуляція речовин, розчинення та осаджування, окисно-відновні процеси, гумусоутворення, мінералізації органічної речовини, що є характерною рисою початкової стадії

грунтоутворення. Першою стадією утворення ґрунту можна вважати стадію, коли формується резервний фонд поживних речовин, доступних для організмів. На цій стадії розвивається ґрунт, в якому формуються вже запаси мінеральних та органо-мінеральних речовин, відносно доступних для рослин, що можна спостерігати на досліджуваних ґрунтах [1, с. 21-22].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що дерново-літогенні ґрунти на сіро-зелених глинах є найбільш забезпеченими рухомими сполуками заліза.

У шарі 0-10 см дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих і сіро-зелених глинах та у педоземі на лесоподібному суглинку активно йдуть процеси вивітрювання, що призводять до руйнування та вимивання речовин у нижні шари за профілем.

Рухоме залізо у досліджуваних шарах дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібному суглинку, сіро-зелених, червоно-бурих глинах та педоземі на лесоподібному суглинку в більшій мірі представлене двохвалентним залізом, що можливо пов'язати зі слаболужною реакцією середовища (рН коливається в межах 7,2–7,9). Відновлення заліза в ґрунтах відбувається під дією органічних гумусових кислот і супроводжується окисненням останніх. В результаті утворюються Fe(II) – фульватні комплекси, які беруть участь в синтезі гідрооксидів.

Залізо приймає участь у всіх процесах ґрунтогенезу, тому встановлення його кількості та розповсюдження за профілем має велике значення у розумінні шляхів відновлення техногенно-порушених ґрунтів.

За отриманими даними можна запропонувати підкиснення досліджуваних ґрунтів для підвищення доступності рухомих сполук заліза та встановлення мінерального складу ґрунтів.

Можна запропонувати використання співвідношення рухомих форм заліза для діагностики техногенно-порушених ґрунтів, з'ясування відмінностей між ними та розглянути закономірності розподілу заліза в ґрунтовому профілі,

як модель змін техногенно-порушених ґрунтів, що представляє певний науковий інтерес.

Список літератури

1. Назаренко І. І. Ґрунтознавство [текст] / І. І. Назаренко, С. М. Польчина, В. А. Нікорич. – К.: Вища освіта, 2004. – 400 с.
2. Караваева Н. А. Элементарные почвообразовательные процессы. Опыт концептуального анализа, характеристика, систематика [Текст] / Н. А. Караваева, В. О. Таргульян, А. В. Черкинский. – М.: Наука, 1992. – 183 с.
3. Юсифбекова З. Г. Формы железа и их роль в почвообразовании горно-лесных почв Юго-Восточной части Большого Кавказа: автореф. дис. ... канд. с/х. наук: 03.00.27 / З. Б. Юсифбекова. – Институт почвоведения и агрохимии АН Азербайджанской республики. – Баку, 1994. – 23 с.
4. Yruela, I., 2005. Copper in plants. Brazilian Journal of Plant Physiology, 17: 145-146.
5. Petkov, G., Ts. Yablanski, M. Todorova, D. Pavlov, G. Kostadinova and V. Barakova, 2010. Ecological Assessment of Soils from Parks and Places in Stara Zagora. Ecology and Future, 4: 24-33.
6. Pelivanoska, V., B. Jordanoska, T. Mitkova and M. Markoski, 2011. Heavy metal content in soil and oriental tobacco manufactured in Republic of Macedonia. International Conference 100 years Bulgarian Soil Science, Sofia, Bulgaria, pp. 754-758.
7. Почвы. Метод определения подвижных соединений двух- и трехвалентного железа по Веригиной-Аринушкиной: ГОСТ 27395-87. – [Чинний від 1988-07-01] – М.: Госстандарт СССР, 1987. – 11 с.
8. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2004. – [Чинний від 2004–04–30] К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 9 с. – (Національний стандарт України).
9. Захарченко А. В. Окислительно-восстановительные условия регенерации антропогенно-измененных почв нарушенного сложения [Текст] / А. В. Захарченко // Вестник ТГПУ. Серия: естественные и точные науки. – 2005. – Выпуск 7(51). – С. 122-129
10. Brown T.H., Mahler R.L. The distribution of Si, Al, and Fe compounds in two mollisols differing in landscape position. Communic, in Soil Sc. Plan Analysis. / T.H. Brown, R.L. Mahler. – 1987. – Vol. 18, Issue 5 - P. 512-528
11. Двуреченский В. Г. Групповой состав железа в эмбриоземах техногенных ландшафтов степного ядра Кузбасса [Текст] / В. Г. Двуреченский // Сибирский экологический журнал. – 2010. – Вып. 3. – С. 471-477.

References

1. Nazarenko I.I., Pol'china S.M., Nikorich V.A. (2004). Gruntoznastvo [Pedology]. Kyiv, Ukraina: Higher education, 400.

2.Karavaev N.A., Tarhul'yan V.O., Cherkinskii A.V. (1992). Elementarnye pochvoobrazovatel'nye processy. Opyt konceptual'nogo analiza, harakteristika, sistematika [Elementary soil forming processes. Experience in conceptual analysis, characterization, systematics]. Moscow, Russia: Science, 183.

3.Jusivbekova Z.H. (1994). Forms zheleza i ih rol v pochvoobrazovanii hornolesnyh pochv Juho-Vostochnoi chasti Bol'shogo Kavkaza [Forms of iron, and their role in soil formation of mountain-forest soils south-eastern part of the Greater Caucasus]. Institute of Pedology and and Agricultural Chemistry, The Republic of Azerbaijan Academy of Sciences. Baku, – 23 p.

4.Yruela, I.I.(2005). Copper in plants. Brazilian Journal of Plant Physiology, 17: 145-146.

5.Petkov, G., Ts. Yablanski, M. Todorova, D. Pavlov, G. Kostadinova and V. Barakova, (2010). Ecological Assessment of Soils from Parks and Places in Stara Zagora. Ecology and Future, 4: 24-33.

6.Pelivanoska, V., B. Jordanoska, T. Mitkova and M. Markoski, (2011). Heavy metal content in soil and oriental tobacco manufactured in Republic of Macedonia. International Conference 100 years Bulgarian Soil Science, Sofia, Bulgaria, pp. 754-758.

7.Pochvy. Metod opredeleniia podvizhnyh soedinenii dvuh i trohvalentnogo zheleza po Verihinoi-Arinushkinoi [Soil. Method for determination of mobile connections ferric iron-on Verigina Arinushkina](1987). HOST 27395-87 from 1 July 1988. Moscow: Hoststandart SSSR.

8.Yakist gruntu. Vidbirannia prob [The quality of the soil. Sampling]. (2005). DSTU 4287:2004 from 30 april 2004. Kyiv: Derzhspozhivstandart Ukrainy (National Standart of Ukraine).

9.Zaharchenko A.V. (2005). Okislitel'no-vjstanovitel'nye usloviia reheneracii antropohenno-izmenennyh pochv narushenoho slozheniia [Redox conditions regeneration of anthropogenically-altered soils disturbed addition]. Journal TGPU. Series: natural and exact sciences, Vol. 7 (51), 122-129

10. Brown .T.H., Mahler R.L. (1987) The distribution of Si, Al, and Fe compounds in two mollisols differing in landcape position. Communic, in Soil Sc. Plan Analysis.. Vol. 18 № 5. P. 512-528.

11.Dvurechenskii V.G. (2010). Grupovoi sostav zheleza v embriozemah tehnogennyh landshaftov stepnogo yadra Kuzbassa. [Group Composition of Iron in Embryozems man-made landscapes steppe Kuzbass core]. Siberian Journal of Ecology, Vol. 3, 471-477.

РОЛЬ ПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА В ПРОФИЛЯХ ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ПОЧВ

В. И. Черная, И. В. Вагнер

***Аннотация.** Железо играет важную роль в процессе почвообразования. Количественное соотношение форм железа является основой диагностики различных типов и подтипов почв. Железо имеет непосредственное влияние на*

рост и развитие растений, участвует в процессе фотосинтеза и препятствует возникновению хлороза. Проанализированы 120 образцов почвы в научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии Днепропетровского государственного аграрно-экономического университета. Содержание железа определялось по ГОСТ 27395-87 «Почвы. Метод определения подвижных соединений двух- и трехвалентного железа по Веригиной-Аринушкиной» в профилях техногенно-нарушенных почв на глубину 100 см через каждые 10 см. Эталонным образцом был выбран чернозем южный. Исследуемые профили представлены неоднородной смесью грунтовых пород. Установлено, что дерново-литогенные почвы на серо-зеленых глинах наиболее обеспечены подвижными соединениями железа и схожи с эталонным образцом. В слое 0-10 см активно идут процессы выветривания, приводящие к разрушению и вымыванию веществ в нижние слои по профилю. На этом этапе становления почв содержание железа зависит от типа исследуемых почв, неоднородности смесей и инфильтрации слоев. Отношение подвижного железа в виде Fe^{2+} и Fe^{3+} важно для растений, но может иметь как положительные, так и отрицательные последствия, которые могут возникать в зависимости от образующихся соединений.

Ключевые слова: процесс почвообразования, техногенно-нарушенные почвы, содержание подвижного железа

THE ROLE OF MOBILE COMPOUNDS IRON IN THE PROFILES TECHNOLOGICALLY DISTURBED SOIL

V. I. Chorna, V. Wagner

Abstract. Iron plays an important role in the process of pedogenesis soil. The proportion of iron forms is the diagnosis' basis of different types and subtypes of soils. Iron has a direct impact on the growth and development of plants, participates in the process of photosynthesis and prevents the formation of chlorosis. 120 soil samples were analyzed in the research Hydroelology's laboratory of Dnepropetrovsk State Agrarian and Economic University. Iron content was determined in accordance with GOST 27395-87 Soils. Method for determination of mobile connections ferric iron-on Verigina Arinushkina profiles technogenic disturbed soil to a depth of 100 cm every 10 sm. The reference sample was selected southern chernozemic soil. Test profiles presented an inhomogeneous mixture of ground rocks. It was established that sod-lithogenic soil to gray-green clays most secured mobile iron compounds and are similar to a reference sample. The active layer 0-10 sm are weathering processes that lead to the destruction and leaching of substances in the lower layers of the profile. Iron content depends on the type of soil, on the mixtures heterogeneity and infiltration layers this stage of the soil. The ratio of Fe^{2+} and Fe^{3+} mobile forms is important for plants, but it can have both positive and negative consequences that may arise depending on the compounds formed.

Keywords: pedogenesis soil, technologically disturbed soil, content of mobile iron