

Генезис и география почв

А.Л. Александровский, Ю.Г. Чендев, А.А. Юртаев Почвы со вторым гумусовым горизонтом и палеочерноземы как свидетельства эволюции педогенеза в голоцене на периферии лесной зоны и в лесостепи (обзор) // Почвоведение. 2022. № 2. С. 147-167. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22020022>

Рассматривается проблема происхождения почв со вторым гумусовым горизонтом (ВГГ) – наиболее ярким реликтовым признаком в профиле дерново-подзолистых и серых почв (Retisols, Luvisols). Среднеголоценовый радиоуглеродный возраст ВГГ, его темный цвет и несоответствие свойств современным гумусовым горизонтам почв лесного генезиса определили основные вопросы в изучении этого феномена – характер изменений климата и смещений границ природных зон в голоцене, а также отражение этих изменений в эволюции почвенного профиля. Цель работы – рассмотреть историю изучения, систематизацию, распространение, гипотезы образования, современные свойства ВГГ; на основе анализа палеопочв голоцена выяснить прототип данного горизонта, его возраст и стадии эволюции в голоцене; выявить аналоги почв со ВГГ за пределами России. Согласно принятой гипотезе, ВГГ являются остаточными, палеоклиматогенными образованиями. Также имеются гипотезы погребенного, палеогидрогенного происхождения ВГГ и др. Основу ВГГ составляют сформировавшиеся на темноцветной стадии педогенеза в первой половине голоцена формы гумусовых веществ, выделяющиеся чрезвычайно высокой устойчивостью, что позволяет им сохраняться в дерново-подзолистых и серых почвах. Под действием биохимических и механических (вывалы деревьев) факторов ВГГ сильно трансформированы и поэтому сложны для исследования. В ареале ВГГ встречаются хорошо сохранившиеся черноземы и темноцветные почвы (Phaeozems), погребенные под курганами и другими насыпями и отложениями, которые позволяют установить прототип ВГГ и проследить его деградацию в позднем голоцене. В пределах Восточно-Европейской равнины мощность и возраст ВГГ меняются в соответствии с гипотезой остаточного палеоклиматогенного генезиса данного горизонта. Рассматривается обоснованность гипотез погребенного и гидрогенного происхождения ВГГ. В настоящее время интерес к изучению почв со ВГГ в нашей стране несколько сократился. В Центральной Европе и Северной Америке почвы со ВГГ не изучаются, но исследование проблемы реликтовых черноземов ведется активно. Объединение этих двух типов объектов и, соответственно, направлений исследования может привести к более определенному решению проблемы формирования почв со ВГГ.

Ключевые слова: эволюция почв, голоцен, курганы, реликтовые горизонты, палеопочвы, радиоуглеродный возраст почв

Инишева Л. И. Предложения к классификации торфяных почв // Почвоведение. 2022. № 2. С. 168-175. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22020071>

Благодаря опубликованным в последнее время работам по классификации и диагностике почв России сделано существенное продвижение вперед в теоретическом и практическом почвоведении. В статье изложены представления по классификации торфяных почв, которые занимают около 9% земельного фонда страны, и их площади увеличиваются с каждым годом. Показано, что органическая и минеральная части торфяных почв – субстантивно-функциональная система, представляющая собой генетически единый почвенный профиль с фиксированной в нем историей развития. Предложено весь торфяной профиль до подстилающих минеральных пород принять за торфяные почвы. Высказано мнение, что за основу классификации торфяных почв стоит использовать подход, изложенный в классификации торфов и торфяных залежей, разработанной Московским торфяным институтом под руководством С.Н. Тюремнова. Высшей таксономической единицей в этой классификации является тип, выделенный по условиям образования торфяного профиля, нижней единицей – вид, в основу выделения которого

положен геоботанический состав торфов. На примерах рассмотрено, что, выделение таксономических единиц, основанное на видовом составе торфов, будет более объективно оценивать каждый стратиграфический слой торфяной почвы.

Ключевые слова: классификация почв России, торфяной профиль, диагностические критерии деления торфяных почв

С. В. Лойко, Д. М. Кузьмина, А. А. Дудко, А. О. Константинов, Ю. А. Васильева, А. О. Курасова, А. Г. Лим, С. П. Кулижский Древесные угли в подзолах средней тайги Западной Сибири как индикатор истории геосистем // Почвоведение. 2022. № 2. С. 176-192. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22020083>

Проведены исследования среднетаежного подзола иллювиально-железистого (Albic Podzol) на древней дюне в бассейне р. Большой Юган (приток Оби, Сургутское Приобье), вблизи участка проведения масштабных археологических работ. Определен радиоуглеродный возраст 31 морфона с древесными углями и выделено 8 вариантов расположения углистых морфонов относительно мозаик иных морфонов. Показано, что с помощью углей можно датировать время формирования морфонных мозаик, а процессы формирования подзолистого горизонта совпали с активизацией пожаров во второй половине голоцена. Установлено, что в начале пятого тысячелетия в почве стали появляться морфоны с древесными углями. Угли возрастом более 5 тыс. кал. л. н. не встречены. В начале третьего тысячелетия произошло двукратное увеличение частоты пирогенных событий с максимумом в середине третьего тысячелетия. В самом конце второго тысячелетия частота пирогенных событий заметно уменьшилась. Многие пики пирогенных событий последних пяти тысячелетий совпадают с периодами бытования археологических культур. Частично подтверждено предположение о том, что непрерывное существование лесной среды приводит к постоянному погребению древесных углей за счет фитотурбаций.

Ключевые слова: Albic Podzols, педоантракология, почвенные морфоны, генезис почв, радиоуглеродный возраст, археология Сургутского Приобья

Убугунова В. И., Убугунов Л. Л., Убугунов В. Л. Почвы пойм горных рек Верхнекеруленской котловины (Монголия) // Почвоведение. 2022. № 2. С. 193-207. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22020125>

Получены новые данные о морфологическом строении, химических и агрохимических свойствах, классификационном положении и рациональном использовании почв пойм горных рек Тихоокеанского бассейна (Монголия, Верхнекеруленская котловина). В северной части (подтаежная зона, 1500–1395 м над ур. м.) формируется густая речная сеть, которая образована р. Керулен и притоками Хойт Хорот, Дунд Хорот, Тэйун-Гол, Дзор-гол, Увхирийн-Гол. На поймах проточно-островного типа с галечниково-валунным субстратом формируются маломощные, высокогумусные аллювиальные почвы. Особенностью их строения является очень слабо выраженная слоистость. В местах разгрузки хлоридно-гидрокарбонатных и магниевых вод отмечается локальное засоление. Типовые различия почв пойм этого участка выражены по перегнойно-гумусовому и гумусовому горизонтам. Диагностированы типы аллювиальных гумусовых (Fluvisol (Humic)) и аллювиальных перегнойно-гумусовых почв (Folic Fluvisol). В центральной части котловины (лесостепная зона, 1395–1357 м над ур. м.) р. Керулен образует эпигенетическую долину с неразвитыми поймами. Основные массивы пойм формируют р. Дзун-Бурхийн-Гол, Барун-Бурхийн-Гол, Дэлэнзийн-Гол. Аллювиальные отложения имеют галечниково-песчаный состав. Почвы характеризуются высоким содержанием гумуса, выражено оглеение, засоление. Диагностированы типы аллювиальных темногумусовых (Fluvisol (Mollic)) и темногумусовых глеевых почв (Gleyic Fluvisol (Mollic)). В южной части котловины (степная зона, 1357–1306 м над ур. м.) почвы пойм формируются преимущественно на песчаных аллювиальных отложениях. Они имеют слабощелочную реакцию среды, засолены. Диагностирован тип аллювиальных темногумусовых глеевых засоленных почв (Sodic Gleyic Fluvisol (Mollic)). Установлен незначительный уровень плодородия пойменных почв исследованного региона из-за неблагоприятных водно-физических

свойств, низкого содержания нитратного азота и подвижного фосфора. Предложена группировка почв по их использованию преимущественно под пашню, сенокосы, пастбища и малопригодные или непригодные для ведения сельского хозяйства. Представлены потенциально возможные деструктивные агрогенные процессы при вовлечении данных почв в интенсивное сельскохозяйственное производство. Рекомендуется комплекс мероприятий для экологически безопасного рационального использования аллювиальных почв и пойменных экосистем верхнего течения р. Керулен и ее притоков в лугопастбищном хозяйстве и земледелии, включающий нормированное применение различных видов навоза, компостов и минеральных удобрений, в первую очередь азотных и фосфорных.

Ключевые слова: пойменные экосистемы, аллювиальные почвы, разнообразие, пространственное распределение, агрохимические свойства, рациональное использование

Н.А. Аветов, Е.А. Шишконокова, Р.Р. Кинжаев, А.В. Арзамазова Структура почвенного покрова аболоченной равнины северотаёжной подзоны Западной Сибири (бассейн р. Казым) // Почвоведение. 2022. № 2. С. 208-218. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22020046>

Почвенный покров сильно заболоченных территорий традиционно рассматривается в качестве довольно однородного, что во многом обусловлено трудностями систематики торфяных почв в современной российской классификации. Цель работы проанализировать состав почвенного покрова, распределение его компонентов по классам комбинаций и их приуроченность к болотным биогеоценозам северо-таежной заболоченной равнины, лежащей к северу от Сибирских Увалов. Составлены почвенные карты 34 ключевых участков в масштабе 1 : 5000 общей площадью 595.86 га, в легенде выделены 33 единицы почвенного картографирования, из которых 30 относятся к торфяным почвам. Таежные почвы представлены на картах ключевых участков ареалами подзолов иллювиально-железистых и мозаиками глеезема и подзола. Основное педоразнообразие обеспечивается болотными ландшафтами. Структура почвенного покрова олиготрофных грядово-мочажинных болот представлена пятнистостями торфяных олиготрофных почв, различающихся по мощности и ботаническому составу торфа. На озерково-грядово-мочажинных болотах почвенный покров представлен пятнистостями олиготрофных торфяных почв, различающихся по ботаническому составу, и их комплексами с олиготрофными торфяными влажными регрессивными почвами. Необходимость выделения компонентов, входящих в эти почвенные комбинации, связана с дифференцированной скоростью минерализации органического вещества в них. Основные площади торфяных мезотрофных почв приходятся на элементарные почвенные ареалы, показанные на картах ключей в виде отдельных контуров. Мезотрофные торфяные почвы обнаруживают большее, чем олиготрофные, педоразнообразие по ботаническому составу торфа, степени разложения торфа, мощности торфяной толщи. В то же время не подтверждается предполагаемое в 1980-х годах широкое распространение комплексов олиготрофных и мезотрофных почв, занимающих аапа болота (доля в почвенном покрове – 5.34%).

Ключевые слова: болота, почвенное картографирование, педоразнообразие, торфяные почвы

Химия почв

Антонова А. С., Ладонин Д. В. Содержание редкоземельных элементов в почвах Центральнолесного государственного природного биосферного заповедника // Почвоведение. 2022. № 2. С. 219-227. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22020034>

Изучено валовое содержание, а также содержание оксалоторастворимой фракции редкоземельных элементов (РЗЭ) в четырех профилях типичных почв Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника – палево-подзолистой, торфянисто-подзолистой глеевой конкреционной, серо-гумусовой глееватой почвы и агро-дерновой типичной. Содержание РЗЭ нормировано по универсальному стандарту – глине Русской платформы, вычислены величины цериевых и европиевых

аномалий. В исследованных почвах помимо исходного перераспределения РЗЭ в процессе образования пород, происходит дополнительное геохимическое фракционирование РЗЭ в почвенном профиле, выраженное в обеднении почвенных горизонтов тяжелыми лантаноидами и европием. В элювиальных горизонтах максимально проявление отрицательной аномалии европия, в то время как в органогенных горизонтах аномалия проявляется слабее или отсутствует. В связи с тем, что РЗЭ являются сидерофильными элементами, дополнительно было изучено их содержание в вытяжке Тамма. Оксалаторастворимые соединения РЗЭ активно участвуют в перераспределении тяжелых лантаноидов и церия в исследованных почвах, а также обуславливают развитие положительной цериевой аномалии в некоторых горизонтах.

Ключевые слова: Се аномалии, Eu аномалии, геохимическое фракционирование

Yao Wang, Muhammad Aurangzeib, and Shaoliang Zhang "Topography and Land Management Change the Heterogeneity of Soil Available Nitrogen in a Mollisol Watershed of Northeastern China," Eurasian Soil Science, 2022. № 2. <https://doi.org/10.1134/S1064229322020132> опубликована только в английской версии

Soil available nitrogen (AN) is highly related to crop growth and N leaching in the agricultural environment, but the heterogeneity of AN and its driving mechanisms have not been clarified in the Mollisols region. In this study, a total of 610 soil samples were collected from 0–60 cm soil depths in a small watershed (1.86 km²) of northeastern China, and both traditional statistics and geostatistical methods were used to analyze how topographic factors and land management's influence the spatial heterogeneity of soil AN. The results showed that spatial autocorrelation ($C0/[C + C0]$) of AN has a moderate level in 0–20 cm (34.1%) and 20–30 cm (37.3%), and a strong level in 40–50 cm (15.8%) soil depths. AN was highest on the bottom, followed by the summit and the middle slope across all aspects in 0–20 cm soil depths, but not consistent at 20–60 cm soil depths. The slope steepness of 6–8% was an inflection point (increase/decrease) of AN dynamic under different tillage systems. The horizontal and vertical distribution of AN may be influenced by the plough pan (near 30 cm soil depths). Forestland tends to reduce N loss to the lower slope position in watershed scale. Generally, to increase crop yield, more N fertilizer should be applied on the middle slope to counteract the low AN content. On the other hand, to reduce N loss, management of areas with high AN should be a priority, such as the bottom of slopes, places where land uses intersect, and watershed outlets.

Keywords: black soils, crop, landscape, ordinary kriging, soil nutrient

Tahereh Raiesi, Bijan Moradi, and Seyed Majid Mousavi "Alterations of P Fractions and Some Biochemical Features in Rhizosphere Soil Induced by the Root Activities of Citrus Rootstocks with Different P Acquisition Efficiency," Eurasian Soil Science, 2022. № 2. <https://doi.org/10.1134/S1064229322020107> опубликована только в английской версии

The root soil interaction affects the fractionation and bioavailability of nutrients in the rhizosphere and, in turn, the uptake and accumulation of nutrients by plants. In this study, a greenhouse experiment using Thomson Navel Orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck.) grafted on three rootstocks [Swingle Citrumelo (SC), Sour Orange (SO), and Troyer Citrange (TC)] was conducted in mildly acidic soil. Eighteen months after transplanting in the pots, the i) P acquisition efficiency (PAE) in these plants; ii) rhizosphere effects on some biological characteristics, including dissolved organic Carbon (DOC), fungi and bacteria populations, microbial biomass P (MBP), and alkaline (ALP) phosphatase, and iii) the fractions of P in the rhizosphere soils were determined. Results of the study showed that the TC and SO promoted scion P uptake and increased PAE. The rhizospheric condition of SO rootstock induced significant promotion ($P < 0.05$) in all biological properties compared to other rootstocks. Living roots of SO markedly modified biological properties in the rhizosphere soil and therefore affected P bioavailability. Moreover, the rhizosphere effects on the chemical fractions of P were under rootstock control. The lowest organic P was measured in SO-grafting, whereas the lowest amounts of exchangeable P and residual P in the rhizosphere soils were measured in TCgrafting. The contents of P associated with Fe and Al compounds were lower in the SO and TC rhizosphere than in the SC rhizosphere soil. This study provides insights into the adaptive mechanisms of Thomson Navel Orange grafted on three rootstocks to phosphorus deficiency.

Keywords: dissolved organic carbon, microbial populations, phosphatase enzymes, phosphorus transformation, sequential extraction

Биология почв

Д. А. Никитин, М. В. Семенов, Т. И. Чернов, Н. А. Ксенофонтова, А. Д. Железова, Е. А. Иванова, Н. Б. Хитров, А.Л. Степанов Микробиологические индикаторы экологических функций почв (обзор) // Почвоведение. 2022. № 2. С. 228-243. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22020095>

Обобщены наиболее актуальные микробиологические показатели, которые могут служить индикаторами экологических функций почв: биоресурсной, функций трансформации углерода и обеспечения корневого питания растений, а также фитосанитарной. Для характеристики биоресурсной функции почв оцениваются индексы разнообразия и таксономическая структура микробных сообществ, а также численность определенных групп микроорганизмов. Основными микробиологическими показателями трансформации углерода служат содержание углерода микробной биомассы, соотношение биомассы бактерий и грибов, почвенное дыхание, ферментативная активность и скорость разложения органического вещества почвы. Оптимальными микробиологическими индикаторами функции почвы как источника обеспечения корневого питания растений являются активность ферментов, связанных с процессами циклов азота и фосфора, а также молекулярные видоспецифичные маркеры арбускулярной микоризы. Индикаторами фитосанитарной функции почвы могут выступать показатели численности копий генов фитопатогенов и их антагонистов. Поскольку на сегодняшний день проблемами микробиологической индикации почвенных функций остаются высокая вариабельность некоторых показателей и сложность их интерпретации, ключевой задачей должен стать тщательный выбор параметров, обладающих наилучшей применимостью в качестве индикаторов экологических функций почв.

Ключевые слова: биоразнообразие почв, трансформация углерода в почве, корневое питание растений, супрессивность почвы

А. В. Шарапова, И. Н. Семенов, П. П. Кречетов, С. А. Леднев, Т. В. Королева Влияние керосина на целлюлозолитическую активность дерново-подзолистой и песчаной пустынной почвы (лабораторный эксперимент) // Почвоведение. 2022. № 2. С. 244-251. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22020113>

Представлены результаты лабораторного эксперимента по изучению влияния загрязнения керосином гумусового горизонта дерново-подзолистой (Albic Retisols, Калужская область, Россия) и песчаной пустынной (Arenosols, Кызылординская область, Республика Казахстан) почв на целлюлозолитическую активность микробиоценоза. Целлюлозолитическую активность оценивали по скорости потери массы льняного полотна в интервалах инкубирования 0–3, 3–7 и 7–13 месяцев. В незагрязненной дерново-подзолистой почве интенсивность целлюлозолитической активности больше, чем в песчаной пустынной почве, что обусловлено слабокислой реакцией среды, повышенным содержанием органического вещества и элементов питания. Загрязнение почв керосином в количестве до 10 г/кг вызывает обратимое изменение целлюлозолитической активности, как в дерново-подзолистой, так и в песчаной пустынной почвах. Высокие нагрузки керосина (от 25 г/кг) приводят к ингибированию целлюлозолитической активности в обеих почвах в течение 13 месяцев наблюдений.

Ключевые слова: загрязнение почв, легкогидролизуемые органические вещества, биохимическое окисление, дерново-подзолистая почва (Albic Retisols), песчаная пустынная почва (Arenosols)

Xiaoxu Fan, Hongyang Pan, Yuan Ping, Guangze Jin, Fuqiang Song The underlying mechanism of soil aggregate stability by fungi and related multiple factor: A review // Eurasian Soil Science. 2022. № 2. <https://doi.org/10.1134/S1064229322020065> опубликована только в английской версии

Soil aggregation is considered as an essential ecosystem process mediated by soil organism. In this review, the hyphae network, binding agents, and exudates of fungi traits involved in soil aggregation and stability are summarized, as well as root architecture, microbial community and other indirect driver. Then, a better understanding of variable influencing factors on fungi traits and their interaction is explored. In the field, fungi inoculums, no-tillage, fertilization, and herbicides could change soil aggregation and stability via fungi traits. This current state of knowledge is helpful for resolve worldwide deterioration in soil quality, as a result of high-intensity agronomic practice, human disturbance, and environmental global changes and so on. Although fungi used for eco-engineering measures in the field has been not fully understood, the recovery and development of fungi will be one of more promising and cost-effective efforts to maintain soil structure, via fungi inoculums or land management practice. Meanwhile, better trait-based analytical approaches and an intermediate step should be developed before transferring laboratory results to application of the field in future research.

Keywords: mycorrhiza, hyphae, glomalin-related soil protein, soil water repellency

Агрохимия и плодородие почв

Y. J. Zhong, K. L. Liu, C. Ye, S. S. Huang, J. X. Du, and J. Z. Chen "Differential Grain Yields and Soil Organic Carbon Levels between Maize and Rice Systems of Subtropical Red Soil in Response to Long-Term Fertilizer Treatments," Eurasian Soil Science, 2022. № 2. <https://doi.org/10.1134/S1064229322020156> **опубликована только в английской версии**

Abstract—Higher grain yields may be attained by increasing soil organic carbon (SOC). However, yield response to increasing amounts of SOC vary based on land-use types. A fertilization experiment was conducted in upland and paddy agricultural fields of subtropical soil in Jiangxi Province, China. For 33 years, one of four different fertilization regimes, 1) no fertilizer (CK); 2) chemical fertilizers of nitrogen, phosphorus, and potassium (NPK); 3) double the rates of NPK (DNPK); and 4) manure combined with NPK (MNPK), were seasonally applied to upland and paddy soils beginning in 1986 and 1981, respectively. Data on SOC concentration and stock from soil samples and grain yield from crops were analyzed to determine relationships among grain yield, SOC, soil types, and fertilizer treatments. Among all treatments, the growth rates of SOC concentration and stock in the MNPK treatment after 33 years were highest and with higher rates observed from paddy soil than from upland soil. For most years, the annual grain yields of MNPK were higher than yields of other treatments in the two soils. Moreover, the MNPK treatment increased yield stability with less variation. Linear equations of the relationships between grain yield and SOC stock suggest that yield could be improved by 695 and 1,507 kg/(ha·yr) in upland and paddy soils, respectively, when SOC stock increased by 1 t/ha. Furthermore, in-depth analysis showed that grain yield and SOC concentration and stock were regulated by land-use types and fertilizer application through carbon inputs. Furthermore, fertilization had positive effects on carbon input, and its influence was greater than that of land-use type. Therefore, SOC and grain yield may be more effectively increased by the continuous application of manure with chemical fertilizers. Among the variables in our model, the greater increase of grain yield in upland soil than in paddy soil was primarily due to carbon inputs.

Деградация, восстановление и охрана почв

Яковлев А. С. Вопросы экологического нормирования и установления фоновых значений свойств почв природных и природно-антропогенных объектов // Почвоведение. 2022. № 2. С. 252-260. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22020149>

На основании принципов экологического нормирования почв предпринята попытка дифференцированного установления фоновых и допустимых граничных значений качества почв природных и природно-антропогенных объектов. Исходя из современных научных и законодательных требований рассмотрено определение допустимого нижнего предела экологического состояния почв

территорий разного хозяйственного назначения. Предложены отдельные подходы к установлению “оптимальных” значений регионального природно-антропогенного фона почв с учетом особенности хозяйственного использования земель. Подчеркивается необходимость совокупной разработки экологических и санитарно-эпидемиологических показателей устойчивого развития окружающей среды и комфортного проживания населения, связанных с особенностями природопользования и дальнейшим совершенствованием системы экологического нормирования.

Ключевые слова: экологическая оценка, устойчивое развитие, рациональное природопользование

M. Dahmouni, G. Hoermann, and M. Hachicha "The Effect of Short-Term Irrigation of TWW on the State of Soils, Groundwater and Vegetation in the Cebala Borj-Touil Area (Tunisia)," Eurasian Soil Science, 2022. № 2. <https://doi.org/10.1134/S1064229322020053> **опубликована только в английской версии**

Treated wastewater (TWW) has been used for the irrigation of a plot located in the periphery of Cebala – Borj Touil (Tunisia), the largest area irrigated with TWW since 1989. Samples from wastewater, groundwater, soils and corn crops (*Zea Mays*) have been taken. Physicochemical parameters and heavy metals were analyzed. The results of the experiment showed a distinct decrease in soil pH and increase of salinity accompanied by an increase of Na⁺ and Cl⁻ concentrations. Irrigation increased the heavy metals especially in the top layer from 0–30 cm. The most abundant heavy metals were Cd and Cr. The groundwater quality meets the Tunisian standard. Results for corn showed that irrigation with treated wastewater increased potassium content in the stems and seeds and sodium content in the stems and roots. The heavy metals Cd, Fe, Pb and Cr increased: Cr, Fe and Zn in roots and Cr, Mn and Zn in seeds. Absorption factor values were, in order, Fe > Ni > Zn > Mn > Cu > Co > Pb > Cr > Cd, whereas, translocation factor values were, in order, Cu > Zn > Co > Mn > Cd > Cr > Fe > Pb > Ni.

Keywords: salinity, irrigation, metals uptake, translocation and adsorption factors

30 ноября 2021 г.

Страница 3 из 3