ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 10

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 10

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ARPA HAMDA MIKROORGANIZMLARNI TUPROQ TARKIBIDAGI QO‘RG‘OSHINGA TA’SIRI

Lochinbek Hamroyev Qahramon o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti Biotexnologiya mutaxassisligi 2-bosqich magistranti
E-mail: qahramoniydan@gmail.com
N.X.Usanbayev
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti t.f.d.,prof.

Annotatsiya. Sanoatning rivojlanishi, transport vositalarining ko‘payishi va antropogen omillarning kuchayishi natijasida tuproqning og‘ir metallar bilan ifloslanishi global ekologik muammoga aylangan. Qo‘rg‘oshin (Pb) tuproqdagi eng xavfli toksik metallardan biri bo‘lib, oziq-ovqat zanjiri orqali inson salomatligiga jiddiy zarar yetkazadi. Ushbu tadqiqotda arpa (Hordeum vulgare) o‘simligi va Bacillus subtilis bakteriyasining birgalikda qo‘llanilishida qo‘rg‘oshin bilan ifloslangan tuproqni bioremediatsiya qilish samaradorligi laboratoriya sharoitida uch xil dozada o‘rganildi. Boshlang‘ich Pb miqdori 42,33 mg/kg bo‘lgan tuproqda 45 kunlik vegetatsion tajriba o‘tkazilib, Pb miqdori EDTA bilan kompleksometrik titrlash usulida aniqlandi. Natijada bakteriya dozasi ortishi bilan tozalash samaradorligi chiziqli oshib bordi: 10 g dozada 12,73%, 15 g dozada 21,76%, 20 g dozada esa 29,41% ni tashkil etdi; nazorat variantida (faqat arpa) bu ko‘rsatkich atigi 4,89% bo‘ldi. Eng yuqori dozada yakuniy Pb miqdori (29,88 mg/kg) ruxsat etilgan miqdordan (32 mg/kg) past darajaga tushirildi. Olingan natijalar arpa va B. subtilis tizimi og‘ir metallar bilan ifloslangan tuproqlarni tozalashda samarali biologik usul ekanligini amalda isbotladi.

Kalit so‘zlar: bioremediatsiya, fitoremediyatsiya, Bacillus subtilis, arpa, Hordeum vulgare, qo‘rg‘oshin, og‘ir metallar, titrometrik tahlil, tuproq ifloslanishi.

Аннотация. Загрязнение почвы тяжёлыми металлами стало глобальной экологической проблемой вследствие промышленного развития, роста числа транспортных средств и усиления антропогенных факторов. Свинец (Pb) является одним из наиболее опасных токсичных металлов в почве и причиняет серьёзный вред здоровью человека через пищевую цепь. В данном исследовании в лабораторных условиях изучена эффективность биоремедиации почвы, загрязнённой свинцом, при совместном применении ячменя (*Hordeum vulgare*) и бактерии *Bacillus subtilis* в трёх различных дозах. В почве с исходным содержанием Pb 42,33 мг/кг проведён 45-дневный вегетационный эксперимент; содержание Pb определялось методом комплексонометрического титрования с использованием ЭДТА. По мере увеличения дозы бактерии эффективность очистки возрастала линейно:

ISSN 3030-3907

12,73% при дозе 10 г, 21,76% при 15 г и 29,41% при 20 г; в контрольном варианте (только ячмень) этот показатель составил лишь 4,89%. При максимальной дозе конечное содержание Pb (29,88 мг/кг) было снижено ниже предельно допустимой концентрации (32 мг/кг). Полученные результаты практически подтвердили, что система «ячмень - *B. subtilis*» является эффективным биологическим методом очистки почв, загрязнённых тяжёлыми металлами.

Ключевые слова: биоремедиация, фиторемедиация, *Bacillus subtilis*, ячмень, *Hordeum vulgare,* свинец, тяжёлые металлы, титрометрический анализ, загрязнение почвы.

Abstract. Soil contamination by heavy metals has become a global environmental problem owing to industrial development, the proliferation of motor vehicles, and the intensification of anthropogenic factors. Lead (Pb) is one of the most hazardous toxic metals in soil and causes serious harm to human health through the food chain. The present study investigated, under laboratory conditions, the efficacy of bioremediation of lead-contaminated soil through the combined application of barley (*Hordeum vulgare*) and the bacterium *Bacillus subtilis* at three different doses. A 45-day pot (vegetation) experiment was conducted on soil with an initial Pb content of 42.33 mg/kg; Pb content was determined by EDTA complexometric titration. As the bacterial dose increased, cleaning efficiency rose linearly: 12.73% at 10 g, 21.76% at 15 g, and 29.41% at 20 g, whereas in the control variant (barley only) this indicator amounted to only 4.89%. At the highest dose, the final Pb content (29.88 mg/kg) was reduced below the maximum permissible concentration (32 mg/kg). The findings provide practical evidence that the barley - *B. subtilis* system is an effective biological method for the remediation of soils contaminated with heavy metals.

Keywords: bioremediation, phytoremediation, *Bacillus subtilis*, barley, *Hordeum vulgare*, lead, heavy metals, titrimetric analysis, soil contamination.

KIRISH.

Tuproqning og‘ir metallar bilan ifloslanishi XXI asrning eng dolzarb ekologik muammolaridan biriga aylangan. Turli xalqaro baholashlarga ko‘ra, dunyo bo‘yicha millionlab gektar yer maydoni og‘ir metallar bilan turli darajada ifloslangan bo‘lib, bu ko‘rsatkich sanoatlashtirish va urbanizatsiya jarayonlari ta’sirida yildan yilga ortib bormoqda. Sanoat korxonalari chiqindilari, transport vositalari, mineral o‘g‘itlar va pestitsidlar tuproqqa qo‘rg‘oshin, kadmiy, simob va boshqa toksik elementlarning kirib kelishiga sabab bo‘lmoqda. Og‘ir metallar tuproqda biologik yoki kimyoviy yo‘l bilan parchalanmaydi - ular faqat bir

ISSN 3030-3907

kimyoviy shakldan ikkinchisiga o‘tadi va o‘nlab, hatto yuzlab yillar davomida saqlanib qoladi.

Qo‘rg‘oshin (Pb) og‘ir metallar orasida eng xavfli elementlardan biri hisoblanadi. Uning tuproqdagi saqlanish davri juda uzoq bo‘lib, oziq-ovqat zanjiriga osongina kirib boradi va tirik organizmlar to‘qimalarida to‘planish xususiyatiga ega. Inson organizmiga ta’sir etganda qo‘rg‘oshin asab tizimi, buyrak va jigar faoliyatini izdan chiqaradi, qon ishlab chiqarish jarayonini buzadi. Bolalarda qonda ortiqcha qo‘rg‘oshin miqdori intellektual rivojlanishni va kognitiv funksiyalarni sezilarli darajada pasaytirishi ilmiy jihatdan isbotlangan. O‘zbekiston Respublikasi me’yorlariga ko‘ra tuproqdagi qo‘rg‘oshinning ruxsat etilgan eng yuqori miqdori 32 mg/kg ni tashkil etadi, biroq sanoat zonalari va avtomagistral atroflarida bu ko‘rsatkich bir necha barobar oshib ketgan holatlar qayd etilmoqda.

Ifloslangan tuproqlarni tozalashning an’anaviy fizik-kimyoviy usullari - tuproqni qazib almashtirish, kimyoviy yuvish (EDTA bilan ekstraksiya), termik ishlov berish, elektrokinetik tozalash - yuqori xarajat, ikkilamchi ifloslanish xavfi, katta energiya sarfi va tuproqning tabiiy strukturasi hamda biologik faolligining buzilishi kabi jiddiy kamchiliklarga ega. Bu usullar bir muammoni (og‘ir metallarni olib tashlash) hal qilar ekan, ikkinchi muammo, tuproqning unumsizlanishini keltirib chiqaradi. Shu sababli so‘nggi o‘n yilliklarda bioremediatsiya va fitoremediyatsiya usullari tadqiqotchilar e’tiborini tobora ko‘proq tortmoqda: bu usullar nisbatan arzon, ekologik xavfsiz va tuproqning tabiiy xususiyatlarini saqlab qolish imkonini beradi.

Fitoremediyatsiya - o‘simliklar yordamida og‘ir metallarni tuproqdan olib tashlash yoki harakatsiz holatga keltirish usuli; bioremediatsiya esa shu vazifani mikroorganizmlar orqali amalga oshiradi. Ushbu tadqiqotda har ikkala yondashuv birlashtirilib, arpa o‘simligi (Hordeum vulgare) va Bacillus subtilis bakteriyasi birgalikda qo‘llanildi. B. subtilisning hujayra devori metall ionlarini biosorbsiya qilish xususiyatiga ega bo‘lib, bakteriyaning o‘zi esa o‘simlik o‘sishini rag‘batlantirish xususiyatlariga ega. Arpa esa tez o‘suvchi, kuchli ildiz tizimiga ega va og‘ir metallarni asosan ildizlarida to‘plovchi donli ekin sifatida fitoremediyatsiyada samarali hisoblanadi.

Tadqiqot B. subtilis va arpa o‘simligining aynan birgalikda, turli dozalarda qo‘llanilishi hamda bu kombinatsiyaning qo‘rg‘oshinga ta’sirini miqdoriy baholashga qaratilgan. O‘zbekistonning yuqori pH va karbonatlarga boy cho‘l tuproqlari sharoitida bunday tizimli tadqiqotlar deyarli olib borilmagan. Mazkur tadqiqot shu bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan.

METODLAR.

ISSN 3030-3907

Tadqiqot uchun tuproq namunalari Navoiy shahri va uning sanoat zonalari ta’siridagi hududlardan olindi. Navoiy mintaqasining tuproqlari cho‘l-sur tuproqlar guruhiga mansub bo‘lib, yuqori pH (7,5-8,5) bilan tavsiflanadi. Tuproq namunasi maydonning 5 ta nuqtasidan 0-20 sm chuqurlikdan olinib, birlashtirildi va o‘rtacha namuna shakllantirildi. Olingan tuproq laboratoriya sharoitida to‘g‘ridan-to‘g‘ri quyosh nuri tushmaydigan joyda xona haroratida 2 kun davomida havo-quruq holatga keltirildi, so‘ngra maydalanib, 2 mm li elakdan o‘tkazildi va begona qoldiqlardan tozalandi.

Tajribada qo‘llanilgan Bacillus subtilis bakteriyasi ekishdan oldin tuproq bilan gomogen aralashtirildi. Arpa (Hordeum vulgare) urug‘lari mintaqada mahalliy yetishtiriladigan navdan tanlandi. Sog‘lom, bir xil o‘lchamdagi urug‘lar ajratib olinib, buzilgan va kasallangan urug‘lar chiqarib tashlandi; urug‘lar distillangan suvda uch marta yuvilib, xona haroratida quritildi.

Tajriba plastik idishlarda olib borildi; har bir idishga 2 kg ifloslangan tuproq solindi va 1-2 sm chuqurlikda 5 donadan arpa urug‘i ekildi. Tajriba sxemasi bitta nazorat varianti (faqat arpa, bakteriyasiz) va B. subtilis ning uch xil dozasini (10 g, 15 g, 20 g) o‘z ichiga oldi. Har bir variant uchta takrorda kuzatildi. Tajriba sxemasi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Tajriba variantlarining sxemasi

Variant kodi	Tavsifi	Biologik agent dozasi	Tuproq massasi	Arpa urug‘lari soni
Nazorat	arpa	-	2 kg	5 ta
Bs-1	Arpa + Bakteriya	10 g	2 kg	5 ta
Bs-2	Arpa + Bakteriya	15 g	2 kg	5 ta
Bs-3	Arpa + Bakteriya	20 g	2 kg	5 ta

Tajriba xona haroratida olib borildi, idishlar tabiiy yorug‘lik ostida joylashtirildi. Tuproq namligi dala nam sig‘imining 60-70% darajasida distillangan suv bilan haftada ikki marta nazorat ostida ushlab turildi. Distillangan suv ishlatishning ilmiy asosi shundaki, vodoprovod suvi tarkibidagi ionlar (Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, Cl^-) og‘ir metallarning bioo‘zlashtirilishiga ta’sir ko‘rsatib, tajriba natijalarining sof talqinini chalkashtirishi mumkin. Tajribaning umumiy davomiyligi 45 kunni tashkil etdi - bu davr arpaning vegetatsiya bosqichini qamrab oladi.

Tuproq namunalaridagi qo‘rg‘oshin miqdorini aniqlash uchun etilendiamintetraatsetat (EDTA, Trilon B) bilan kompleksometrik titrlash usuli qo‘llanildi. Usulning mohiyati Pb^{2+} kationining EDTA bilan barqaror metall-xelat kompleks birikma hosil qilish reaksiyasiga asoslangan. Tahlil uchun tuproq namunasi zar suvi bilan 1 soat davomida eritildi, filtrlangandan so‘ng tegishli

ISSN 3030-3907

indikator ishtirokida EDTA eritmasi bilan titrlandi. Sarflangan EDTA hajmi asosida qo‘rg‘oshin miqdori hisoblandi. Pb miqdori tajriba boshida va 45 kun yakunida ikki marta o‘lchandi; har bir tahlil uch marta takrorlanib, o‘rtacha qiymat olindi.

NATIJALAR.

Tajriba boshida o‘tkazilgan titrometrik tahlil natijasiga ko‘ra, tuproqdagi boshlang‘ich qo‘rg‘oshin miqdori 42,33 mg/kg ni tashkil etdi. Bu ko‘rsatkich O‘zbekiston Respublikasida belgilangan ruxsat etilgan eng yuqori miqdordan - 32 mg/kgdan 1,32 marotaba yuqori bo‘lib, tuproqning o‘rtacha darajadagi antropogen ifloslanishini tasdiqladi. Bunday darajadagi ifloslanish biologik tozalash usullarini sinab ko‘rish uchun maqbul model sharoit hisoblanadi.

45 kunlik vegetatsion tajriba yakunida barcha variantlarda tuproqdagi qo‘rg‘oshin miqdorining kamayishi qayd etildi, biroq kamayish darajasi variantlar bo‘yicha sezilarli farq qildi. Natijalar 2- jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

Variantlar bo‘yicha qo‘rg‘oshin miqdorining o‘zgarishi

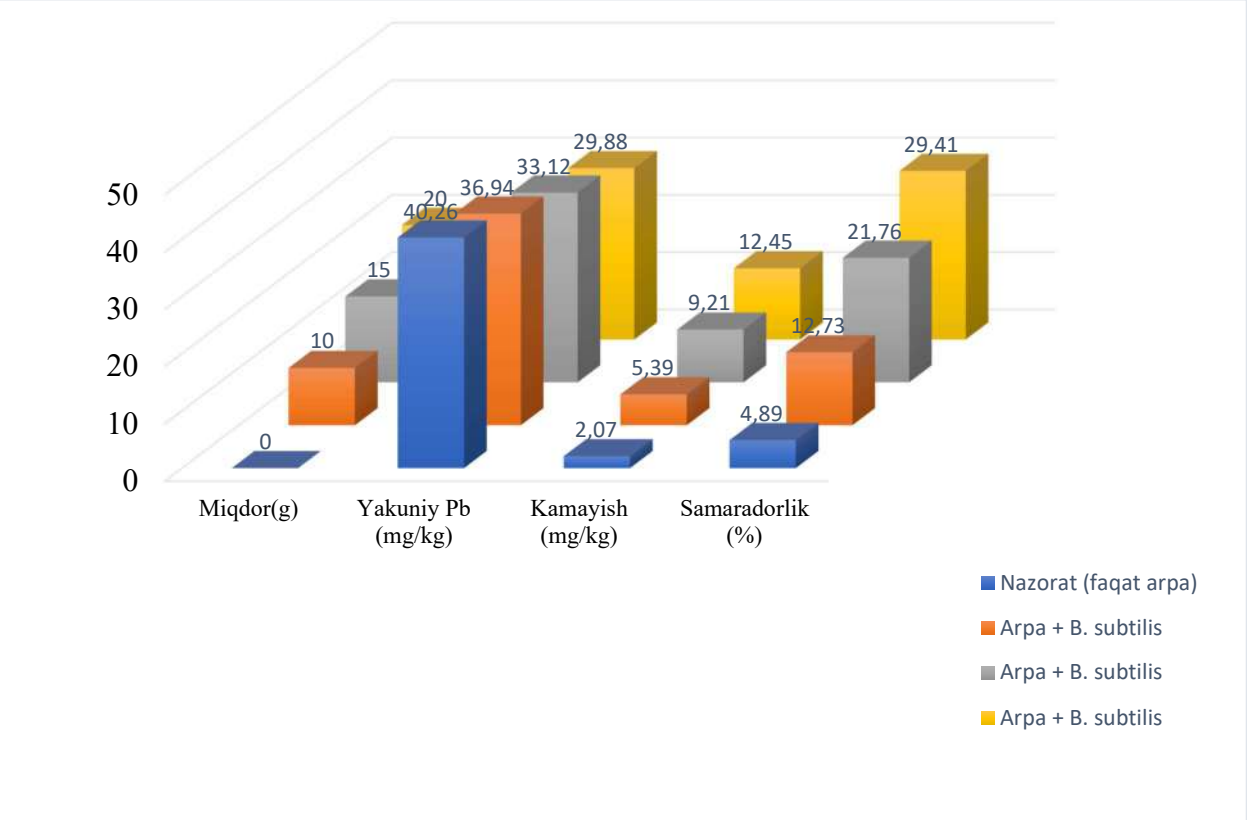
Variant	Boshlang‘ich Pb (mg/kg)	Yakuniy Pb miqdori(mg/kg)	Kamayish (mg/kg)	Samaradorlik (%)
Nazorat	42,33	40,26	2,07	4,89%
1 (10 g)	42,33	36,94	5,39	12,73%
2 (15 g)	42,33	33,12	9,21	21,76%
3 (20 g)	42,33	29,88	12,45	29,41%

2-jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, nazorat variantida (faqat arpa, bakteriyasiz) 45 kun davomida qo‘rg‘oshin miqdori 42,33 dan 40,26 mg/kg gacha, ya’ni atigi 2,07 mg/kg (4,89%) ga kamaydi. Bu arpaning yolg‘iz fitoremediyatsion qobiliyati Navoiy mintaqasining yuqori pH va karbonatlarga boy tuproqlarida cheklangan ekanligini ko‘rsatadi: bunday muhitda qo‘rg‘oshinning katta qismi kam harakatchan karbonat va gidroksid shakllarida saqlanadi va o‘simlik ildizi uchun o‘zlashtirilmaydigan bo‘lib qoladi.

Bacillus subtilis bakteriyasi qo‘shilgan barcha variantlarda samaradorlik nazoratga nisbatan keskin oshdi. Eng past dozada (Bs-1, 10 g) qo‘rg‘oshin miqdori 36,94 mg/kg gacha tushib, kamayish 12,73% ni tashkil etdi, bu nazorat ko‘rsatkichidan (4,89%) 2,6 marotaba yuqori. O‘rta dozada (Bs-2, 15 g) samaradorlik 21,76% ga ko‘tarildi va Pb miqdori 33,12 mg/kg gacha kamaydi. Eng yuqori dozada (Bs-3, 20 g) esa eng yaxshi natijaga erishildi: qo‘rg‘oshin miqdori 29,88 mg/kg gacha, ya’ni 29,41% ga kamaydi. Muhim jihat shundaki, faqat shu

ISSN 3030-3907

variantda yakuniy Pb miqdori ruxsat etilgan miqdordan (32 mg/kg) past darajaga muvaffaqiyatli tushirildi.



1-Diagramma. Arpa va Bacillus subtilis variantlari bo‘yicha natijalar

Olingan natijalar bakteriya dozasi ortishi bilan tozalash samaradorligining izchil va sezilarli oshib borishini ko‘rsatdi. Umumiy olganda, tajriba natijalari tadqiqot gipotezasini to‘liq tasdiqladi: Bacillus subtilis bakteriyasining tuproqqa kiritilishi arpaning fitoremediyatsion samaradorligini sezilarli oshirdi va bu ta’sir bakteriya dozasiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liq bo‘ldi. Eng yuqori dozada (20 g) erishilgan 29,41% li samaradorlik nazorat varianti (4,89%) bilan solishtirganda 6 marotaba yuqori ko‘rsatkich hisoblanadi. Bundan tashqari, faqat shu variantda tuproqdagi qo‘rg‘oshin miqdori ekologik jihatdan xavfsiz darajaga - ruxsat etilgan miqdordan past holatga - keltirildi. Bu arpa va B. subtilis tizimining qo‘rg‘oshin bilan ifloslangan tuproqlarni tozalashda amaliy ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.

MUHOKAMA.

Tadqiqot natijalari arpa o‘simligi va Bacillus subtilis bakteriyasining birgalikda qo‘llanilishi qo‘rg‘oshin bilan ifloslangan tuproqni tozalashda samarali biologik usul ekanligini ko‘rsatdi. Nazorat varianti (faqat arpa) bilan B. subtilis qo‘shilgan variantlar orasidagi keskin farq (4,89% ga qarshi 29,41% gacha) bakteriyaning hal qiluvchi rolini yaqqol namoyon etadi.

ISSN 3030-3907

Olingan samaradorlik bir necha o‘zaro bog‘liq biokimyoviy mexanizmlar bilan izohlanadi. Bacillus subtilis qo‘rg‘oshinni, birinchidan, biosorbsiya orqali neytrallaydi - hujayra devoridagi karboksil, fosfat va gidroksil funksional guruhlari Pb^{2+} kationi bilan bevosita kompleks hosil qiladi. Ikkinchidan, bioakkumulyatsiya jarayonida metall maxsus oqsillar yordamida hujayra ichiga olinadi. Uchinchidan, bakteriya ajratadigan ekstratsellyulyar polimer moddalar metallarni bog‘lab, ularni harakatsiz cho‘kma shakllarga aylantiradi.

Bundan tashqari, B. subtilis o‘simlik o‘sishini rag‘batlantiruvchi rizobakteriya xususiyatiga ega. u fitogormonlar ishlab chiqaradi, fosfatlarni o‘simlik uchun so‘riladigan holga keltiradi va arpa ildizlarining chuqurroq hamda kengroq rivojlanishiga yordam beradi. Natijada arpa ildizlari tuproqning kattaroq hajmini qamrab oladi va qo‘rg‘oshinni faolroq o‘zlashtiradi.

Tadqiqotning cheklovlari ham e’tiborga olinishi lozim. Birinchidan, tajriba laboratoriya sharoitda o‘tkazilgan bo‘lib, dala sharoitidagi natijalar iqlim, yog‘in va tabiiy mikroflora ta’sirida farq qilishi mumkin. Ikkinchidan, tajriba 45 kun bilan cheklangan; uzoqroq muddatda samaradorlik o‘zgarishi mumkin. Kelajakdagi tadqiqotlarda dala sinovlarini o‘tkazish hamda B. subtilis ni bioko‘mir yoki boshqa sorbentlar bilan birgalikda qo‘llash istiqbolli yo‘nalishlar sifatida tavsiya etiladi.

XULOSA.

Olib borilgan tadqiqot natijasida arpa (*Hordeum vulgare*) o‘simligi va *Bacillus subtilis* bakteriyasini birgalikda qo‘llash qo‘rg‘oshin bilan ifloslangan tuproqlarni biologik yo‘l bilan tozalashda samarali va istiqbolli yondashuv ekanligi tajriba yo‘li bilan asoslandi. Bakteriyaning ishtirokisiz arpaning yolg‘iz fitoremediyatsion ta’siri 4,89% darajada bo‘lgan bo‘lsa, bakteriyaning kiritilishi bu ko‘rsatkichni keskin oshirib, eng yuqori dozada - 29,41% gacha - yetkazdi. Ayni shu variantda tuproqdagi qo‘rg‘oshin miqdori 42,33 dan 29,88 mg/kg ga tushib, ruxsat etilgan eng yuqori miqdor (32 mg/kg) chegarasidan past darajaga muvaffaqiyatli keltirildi.

Tadqiqotning asosiy xulosalari quyidagilardan iborat, *Bacillus subtilis* bakteriyasi qo‘rg‘oshinni biosorbsiya, bioakkumulyatsiya va ekstratsellyulyar polimerlar yordamida cho‘ktirish mexanizmlari orqali tuproqdan ajratib oladi va shu bilan birga arpa ildizlarining o‘sishini rag‘batlantirib, fitoremediyatsiya samaradorligini ko‘p marotaba kuchaytiradi.

Arpa va *B. subtilis* tizimi arzonligi, ekologik xavfsizligi, mahalliy resurslarga moslashuvchanligi va tuproq strukturasini saqlab qolishi bilan an’anaviy fizik-kimyoviy usullardan ustun keladi. Olingan natijalar Navoiy mintaqasi singari sanoat-metallurgiya zonalari atrofidagi qishloq xo‘jaligi yerlarini biologik tozalashda amaliy qo‘llanish istiqboliga ega. Kelajakdagi tadqiqotlarda mazkur

ISSN 3030-3907

tizimni dala sharoitida sinash, bioko‘mir yoki boshqa sorbentlar bilan kombinatsiyalashgan qo‘llash hamda uzoq muddatli kuzatuvlar olib borish - fitoremediyatsiya samaradorligini yana ham oshirishning istiqbolli yo‘nalishlari sifatida tavsiya etiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Engineered *Bacillus subtilis* Biofilm Biochar living materials for in-situ sensing and bioremediation of heavy metal ions pollution
2. Lead removal from soil by phytoremediation method Fatma Ekmekyapar Torun, Şahset İrdemez, Sinan Kul, Yaşar Nuhoğlu
3. Dissolved Lead Removal from Soil-washing Process Using Electrocoagulation, Vemi Ridantami, Agus Jatnika Effendi, Muhayatun Santoso, Mahrus Salam, Laili Fitria, Wisnu Prayogo
4. Kimyoviy o‘g‘itlar tarkibidagi turli moddalar orqali tuproqlar qatlamini ifloslanishi va uning oldini olish chora tadbirlari Xalmatova Shoxistaxon (Bug‘doy tarkibida qo‘rg‘oshin miqdorini o‘rganish)
5. Clean-Up of Heavy Metals from Contaminated Soil by Phytoremediation: A Multidisciplinary and Eco-Friendly ApproachA. K. Priya, Muthiah Muruganandam, Sameh S. Ali, and Michael Kornaros.
6. World Health Organization (WHO). Lead poisoning and health. - Geneva: WHO Press.
8. Pourrut B., Shahid M., Dumat C., Winterton P., Pinelli E. Lead uptake, toxicity, and detoxification in plants // Reviews of Environmental Contamination and Toxicology.
9. Wuana R. A., Okieimen F. E. Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation // ISRN Ecology.
10. Patra M., Bhowmik N., Bandopadhyay B., Sharma A. Comparison of mercury, lead and arsenic with respect to genotoxic effects on plant systems and the development of genetic tolerance // Environmental and Experimental Botany.
11. United Nations Environment Programme (UNEP). Childhood lead poisoning. - Geneva: UNEP.
12. Salt D. E., Smith R. D., Raskin I. Phytoremediation // Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology.
13. Tiwari S., Lata C. Heavy metal stress, signaling, and tolerance due to plant-associated microbes: an overview // Frontiers in Plant Science.
14. Wang J., Chen C. Biosorbents for heavy metals removal and their future // Biotechnology Advances.

ISSN 3030-3907

15. Soares M. A. R., Quina M. J., Quinta-Ferreira R. M. Immobilisation of lead and zinc in contaminated soil using compost derived from industrial eggshell // Journal of Environmental Management.
16. Ma Y., Rajkumar M., Zhang C., Freitas H. Beneficial role of bacterial endophytes in heavy metal phytoremediation // Journal of Environmental Management.
17. Kumar A., Voropaeva O., Maleva M., Panikovskaya K., Borisova G., Rajkumar M., Bruno L. B. Bioaugmentation with copper tolerant endophyte Pseudomonas lurida strain EOO26 for improved plant growth and copper phytoremediation by Helianthus annuus // Chemosphere.
18. Pilon-Smits E. Phytoremediation // Annual Review of Plant Biology.
19. Glick B. R. Using soil bacteria to facilitate phytoremediation // Biotechnology Advances.
20. Ridantami V., Effendi A. J., Santoso M., Salam M., Fitria L., Prayogo W. Dissolved lead removal from soil-washing process using electrocoagulation // International Journal of Environmental Science and Technology.
21. Xalmatova Sh. Kimyoviy o‘g‘itlar tarkibidagi turli moddalar orqali tuproqlar qatlamini ifloslanishi va uning oldini olish chora tadbirlari // O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi axborotlari.
22. Priya A. K., Muruganandam M., Ali S. S., Kornaros M. Clean-up of heavy metals from contaminated soil by phytoremediation: a multidisciplinary and eco-friendly approach // Toxics.
23. Compant S., Clément C., Sessitsch A. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization // Soil Biology and Biochemistry. - 2010. - Vol. 42, No. 5. - P. 669-678.
24. Sheng X. F., Xia J. J. Improvement of rape (Brassica napus) plant growth and cadmium uptake by cadmium-resistant bacteria // Chemosphere.
25. Gadd G. M. Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and bioremediation // Microbiology.
26. Ali H., Khan E., Sajad M. A. Phytoremediation of heavy metals - concepts and applications // Chemosphere.
27. Vurukonda S. S. K. P., Vardharajula S., Shrivastava M., SkZ A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria Microbiological Research.
28. O‘zbekiston Respublikasi Davlat ekologik me’yorlari. Tuproqdagi og‘ir metallarning ruxsat etilgan eng yuqori miqdori. - Toshkent: O‘zR Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish davlat qo‘mitasi.

ISSN 3030-3907

29. Tangahu B. V., Abdullah S. R. S., Basri H., Idris M., Anuar N., Mukhlisin M. A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation // International Journal of Chemical Engineering.

ISSN 3030-3907