

ШОЛИ ЎСИМЛИГИ (ORYZA SATIVA L.) ОРГАНЛАРИДА ХРОМ (CR) ЭЛЕМЕНТИНИНГ БИОАККУМУЛЯЦИЯСИ

DOI: <https://doi.org/10.66073/ReFocus-Conf/QAXAI/1101>

Нурметов Нурали Артик ўғли

кичик илмий ходим, Тупроқшунослик ва агрохимёвий тадқиқотлар институти Хоразм
вилояти минтақавий бўлинмаси, директор ўринбосари

E-mail: nurali.na@mail.ru

Каримов Хусниддин Нагимович

к.х.ф.д., катта илмий ходим

E-mail: xkarimov1976@gmail.ru

ANNOTATSIYA

Шоли ўсимлиги (*Oryza sativa* L.) органларида хром (Cr) элементининг биоаккумуляцияси ўрганилди. Тупроқ таркибидаги оғир металллар (Cu, Pb, Ni, Cd, Cr, Co, Zn) комплекс таъсирида Аланга ва Лазурний навларида илдиз, поя+барг ҳамда дон қисмларида Cr ионларининг тўпланиши ўрганилди. Натижаларга кўра, илдизларда биоаккумуляция коэффиценти (BAF) 0,54–0,90 оралиғида бўлиб, поя+баргларда юқори миқдордаги тўпланиш кузатилди. Дон таркибида Cr концентрацияси РЭМдан юқори бўлиб, навлар ўртасида фарқ аниқланди: Лазурний навида юқори биоаккумуляция қайд этилди.

Калит сўзлар: шоли, хром, биоаккумуляция, илдиз, поя+барг, дон.

KIRISH

Хром (Cr) Ер қобиғида 7-ўриндаги кўп тарқалган элемент бўлиб, тупроққа асосан икки йўл билан кириб келади: Cr-қатламли тошларнинг табиий парчаланиши ва саноат чиқиндиларидан ажралиши. Cr(VI) организмлар учун юқори токсик хусусиятга эга бўлиб, мутаген ва канцероген модда ҳисобланади. Узоқ муддатли таъсир инсон саломатлигига, жумладан ўпка ва жигар саратонига олиб келиши мумкин. Шу билан бирга, геологик фон юқори бўлган ҳудудларда Cr(III) концентрацияси тупроқда 1000–60 000 мг/кг гача етиши мумкин [1].

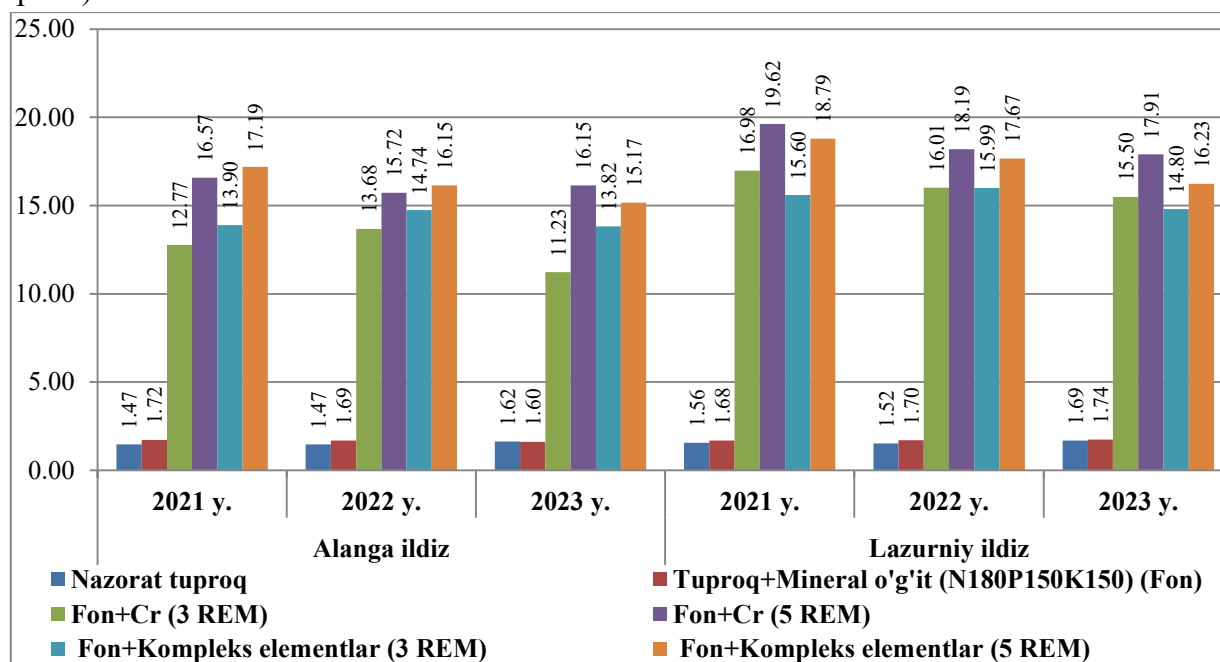
Хром (Cr) жаҳон миқёсида асосан Жанубий Африка, Қозоғистон ва Ҳиндистонда кўп миқдорда қазиб олинади. Геологик жараёнлар ва антропоген фаолиятлар натижасида ҳар йили тахминан 1.29×10^5 тонна хром атроф-муҳитга чиқарилади ва асосан тупроқда тўпланиб, атроф-муҳитнинг ифлосланишига олиб келади [2].

Тадқиқотлар кўрсатишича, Хромнинг ўсимликлардаги токсик таъсири асосан оксидатив стресс орқали намоён бўлади. ROS (reactive oxygen species) ҳосил бўлиши хлорофилл синтези, фотосинтез жараёни ва озук моддалар балансига салбий таъсир кўрсатади. Шу билан бирга, Cr илдизларда кўпроқ тўпланиб, поя ва баргларга чекланган миқдорда ташилади. Антиоксидант тизимдаги ферментлар (SOD, CAT, POD) ва ферментсиз молекулалар (глутатион, каротиноид, пролин) Cr стресс шароитида ўзгаришга учрайди. Бу ҳолат ўсимликларнинг химоя механизмларини заифлаштиради ва ўсиш жараёнини сусайтиради [3].

Материаллар ва услублар. Шоли навлари органларида хром элементининг биоаккумуляциясини аниқлашда хром билан турли даражада сунъий ифлослантилган тупроқларда тадқиқотлар олиб борилган. Ўсимлик намуналари таркибидаги оғир металллар миқдори атом-абсорбцион усули билан “Оптический эмиссионный спектрометр АВНО-200” лаборатория ускунасида “Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах

селхозугодий и продукции растениеводства” услуги асосида, қуруқ модда ҳисобида ўрғанилган.

Тадқиқот натижалари ва мулоҳазалар. Тажриба вариантларида тупроқ таркибини РЭМга нисбатан элементларнинг комплекс таъсирлари (Cu+Pb+Ni+Cd+Cr+Co+Zn) билан меъёрга нисбатан 3 баробар ортиқ ифлослантилганда Аланга нави илдизларида уч мавсумда давомида жами 42,46 мг/кг ва 5 баробар комплекс ифлослантилган вариантларда 48,51 мг/кг биоаккумуляция аниқланган. Лазурний нави илдизларида РЭМдан 3 баробар юқори бўлган вариантда биринчи мавсумда 15,60 мг/кг, иккинчи ва учинчи мавсумларда 15,99-14,80 мг/кг эканлиги, РЭМдан 5 баробар юқори бўлган вариант тупроқларидан эса биринчи мавсумда 18,79 мг/кг, иккинчи ва учинчи мавсумларда эса 17,67-16,23 мг/кг тўпланганлиги аниқланган (1-расм).



1-расм. Хром элемент ионларининг шולי илдизида биоаккумуляцияси, мг/кг

Хулоса қилиб айтганда, тупроқ таркибидаги элементлар миқдорининг ортиши ёки камайиши ўсимлик навларида элемент ионларининг илдиз тизими ва бошқа органларда биоаккумуляцияланишига таъсир кўрсатиши аниқланди, Бу ҳолат бошқоқдош ўсимлик навларида элементларнинг илдиз тизимида тўпланиш даражаси турлича бўлишини кўрсатди. Ифлосланган майдонларда уларнинг танлаб экилишини тақозо этади. Энг юқори биоаккумуляция Аланга нави илдизларида 17,19 мг/кг, Лазурний навида эса 19,62 мг/кг ни ташкил этди. Шунингдек, Аланга нави илдизларида биоаккумуляция даражаси Лазурний навига нисбатан паст эканлиги аниқланди.

Биоаккумуляция коэффициенти (BAF) биринчи бор шולי илдизларида кузатилиб, Cr6+ ионлари илдиз эпидермиси орқали сўрилади. Илдиз хужайра деворлари ва вокуолаларда тўпланиб, металллар юқори қисмларга, яъни поя, барг ҳамда дон қисмига ўтиши чекланади.

Биоаккумуляция коэффициенти (BAF)ни $BAF = \frac{C_{\text{ўсимлик}}}{C_{\text{тупроқ}}}$ формуласи орқали ҳисобланади.

Формулага кўра агар;

$BAF < 1$ бўлса – ўсимликда нисбий паст биоаккумуляция кузатилади;

$BAF \approx 1$ бўлса – метални ўртача миқдорда ўзлаштиради;

$BAF > 1$ бўлса – ўсимлик юқори даражада гипераккумулятор бўлади.

Биоаккумуляция коэффициенти (BAF) бўйича ҳисоблашда биз албатта тупроқ таркибида мавжуд ва сунъий киритилган туз таркибидаги Cr элементиға эътибор қаратишимиз лозим. Шунда $BAF = C_{\text{root}} / C_{\text{soil}}$ формуласи бўйича ҳисобласак, 3 вариант бўлган Cr билан 3 баробар ифлослантирилган тупроқлардан биоаккумуляция Аланга нави илдизлари йиллар бўйича ҳисобланганда 0,71-0,76-0,62 бўлиб, ўртача 0,70 ни, РЭМдан 5 баробар ифлослантирилган 4-вариантда 0,55-0,52-0,54 эканлиги билан ўртача 0,54 ни ташкил эталди. Лазурний навида Биоаккумуляция коэффициенти (BAF) тупроқ таркибида мавжуд токсикант билан ҳисобланганда 3 РЭМ бўлган 3-вариантда 0,90 ни, 5 баробар бўлган 4-вариантда 0,62 ни ташкил қилди. Олинган натижалар хромнинг шоли илдизларида чекланган миграцияси кузатилишини кўрсатди. Шунингдек, хром учун биоаккумуляция коэффициенти (BAF) 0,54-0,90 оралиғида эканлиги аниқланди.

Bhattacharyya ва бошқалар томонидан олиб борилган тадқиқотларда шоли поясида хромнинг юқори миқдорда тўпланиши келтириб ўтилган [4]. Тупроқнинг хром (Cr) билан ифлосланишида гуруч ҳосили ва сифатининг пасайишиға олиб келади. Келажакдаги иқлим CO₂ (eCO₂) экинларнинг ўсиши ва ҳосилдорлиғиға, шунингдек, инсон саломатлиғи билан боғлиқ сифат параметрларига таъсир қилиши маълум. Бироқ, eCO₂ остида ишлаб чиқарилган гуруч доналарида Cr томонидан қўзғатилган батафсил физиологик ва биокимёвий жавоблар чуқур ўрганилмаганлиғи айтиб ўтилган [5]. Демак, илдиз системасидан кейинги ўринда поя+барг қисмида Cr миқдорининг РЭМдан бир оз юқори кўрсаткичлари аниқланган.

Шоли навларининг поя+барг қисмида оғир металлларнинг ҳаракатчан шакллари назорат вариантға нисбатан РЭМдан 3 ва 5 баробар ифлослантирилган тупроқлардан элемент ионларини кўп миқдорда қабул қилганлиғи аниқланган. Бошланғич назорат вариант тупроқларида 3,29 мг/кг миқдордан атиға 1,24-1,30 ва Лазурний нав поя+барг органларида 1,44-1,51 мг/кг биоаккумуляция аниқланган. Минералларнинг иштироки токсикантнинг ҳаракатчанлиғиға таъсири сезиларли эмас.

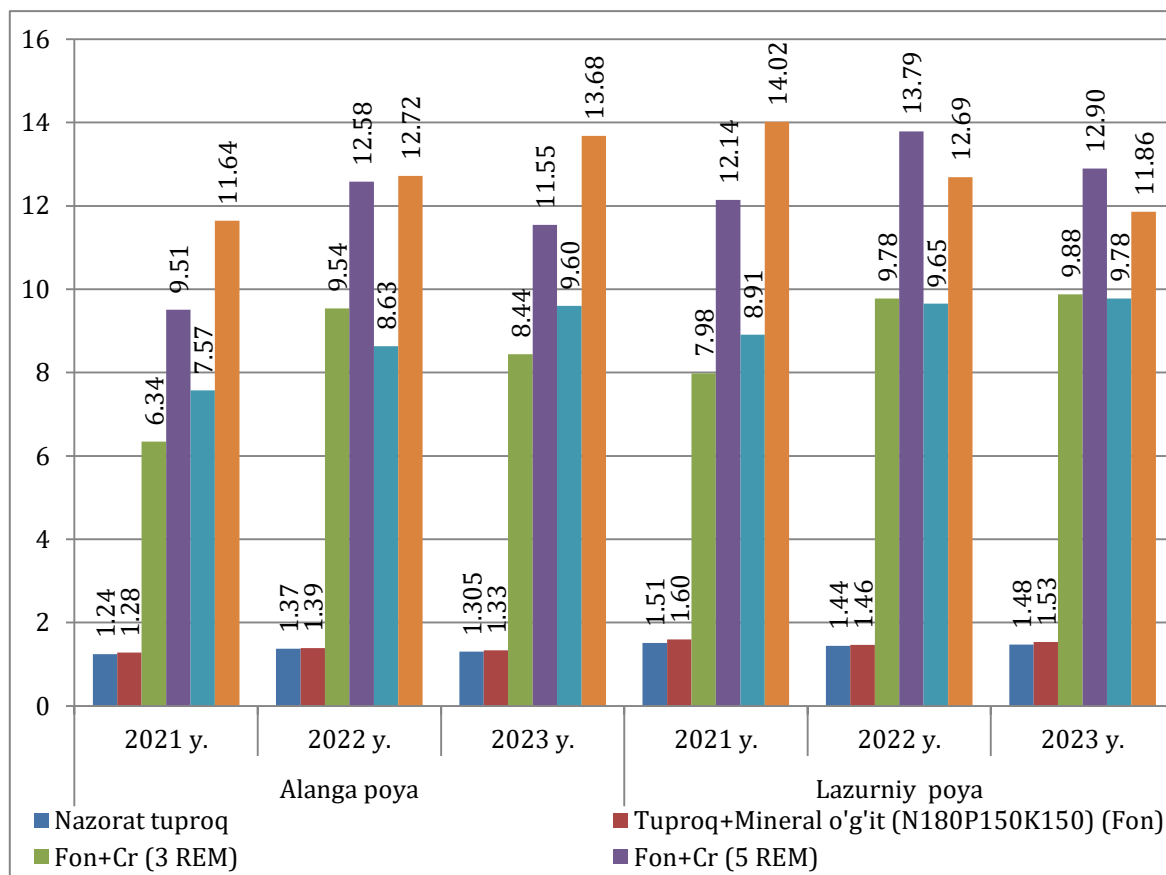
Уч мавсум давомида назорат вариантлардан олинган намуналарда Аланга навининг поя+барг қисмида 3,92 мг/кг, Лазурний навида эса 4,43 мг/кг биоаккумуляцияси аниқланган бўлиб, ўртача 1,31-1,48 мг/кг. Элементларнинг 3 ва 5 баробар ҳамда элементлар билан комплекс (3 ва 5 баробар) ифлослантирилган 5-6-вариант ўсимликларининг поя+барг қисмида хромнинг биоаккумуляция Аланга навида – 5 РЭМ бўлган 4 ва 6-вариантларда йиллар бўйича 9,51-12,58-11,55 ҳамда 11,64-12,72-13,68 мг/кг, Лазурний нави поя+барг органларида 12,14-13,79-12,90 ҳамда 5 баробар комплекс ифлослантирилган 6-вариантда 14,02-12,69-11,86 мг/кг биоаккумуляцияси қайд этилган.

Аланга навининг илдиз системаси каби хромнинг юқори миқдорларда биоаккумуляцияси айнан поя+баргда ҳам тўпланганлиғи аниқланган. Элементнинг РЭМдан 3 баробар ифлослантирилган вариантларда 2021 йилда 6,34 мг/кг дан 2022-2023 йилларда 9,54-8,44 мг/кг гача биоаккумуляция бўлган бўлиб, Лазурний нави поя+барг системасида 7,98-9,78-9,88 мг/кг биоаккумуляция кузатилган (2-расм).

Хулоса қилиб, Аланга навига нисбатан Лазурний навининг поя+барг қисмида хром элементининг юқори миқдордаги тўпланиши кузатилган бўлиб, ифлосланишнинг ҳолатидан қатъи назар, барча вариантларда нисбатан Лазурний навининг поя+барг қисмида Cr тўпланиши Аланга навига нисбатан юқори эканлиғи намоён бўлди.

Хром элементи учун дон таркибида ҳам РЭМ 0,5 мг/кг этиб белгиланган бўлса, унинг РЭМлардан 3 ва 5 баробар ортиқ ҳамда комплекс ифлосланишда поя+барг ҳамда илдизларда

бўлгани каби дон қисмида бир мунча аккумуляцияси аниқланган. Хитой давлати хром учун РЭМни 1 мг/кг этиб белгилаган [6]. Тадқиқотчилар томонидан олиб борилган ишларда шолининг 2 хилдаги нав донларидаги хром биоаккумуляцияси бир биридан фарқи аниқланган. Sakha 106 нав донида юқори миқдорда Cr⁶⁺ ионлари тўпланган [5].



2-расм. Хром ионининг поя+баргда биоаккумуляцияси, мг/кг

Ҳиндистоннинг Орисса штатидаги Жанубий Калиапани хромит конида тупроқ ва суғориладиган кон чиқинди сувларида хром (Cr) ифлосланиш даражасини баҳолаш бўйича тадқиқот ўтказилди. Cr⁶⁺ билан ифлосланган кон чиқинди сувлари билан суғориладиган гуруч ўсимликларида (*Oryza sativa* L. cv. Khandagiri) хром биоаккумуляцияси поялар (25–400 мг/кг) ва донларда (5–23 мг/кг) нисбатан барглarda (125–498 мг/кг) Cr нинг юқори биоконцентрацияси кузатилган. Cr⁶⁺ даражасининг пасайиши ўсимликнинг ёши, юқори биомасса ва ўтказувчанлик билан боғлиқ бўлиб, ризофилтрациядан фойдаланиш билан изоҳланади [7].

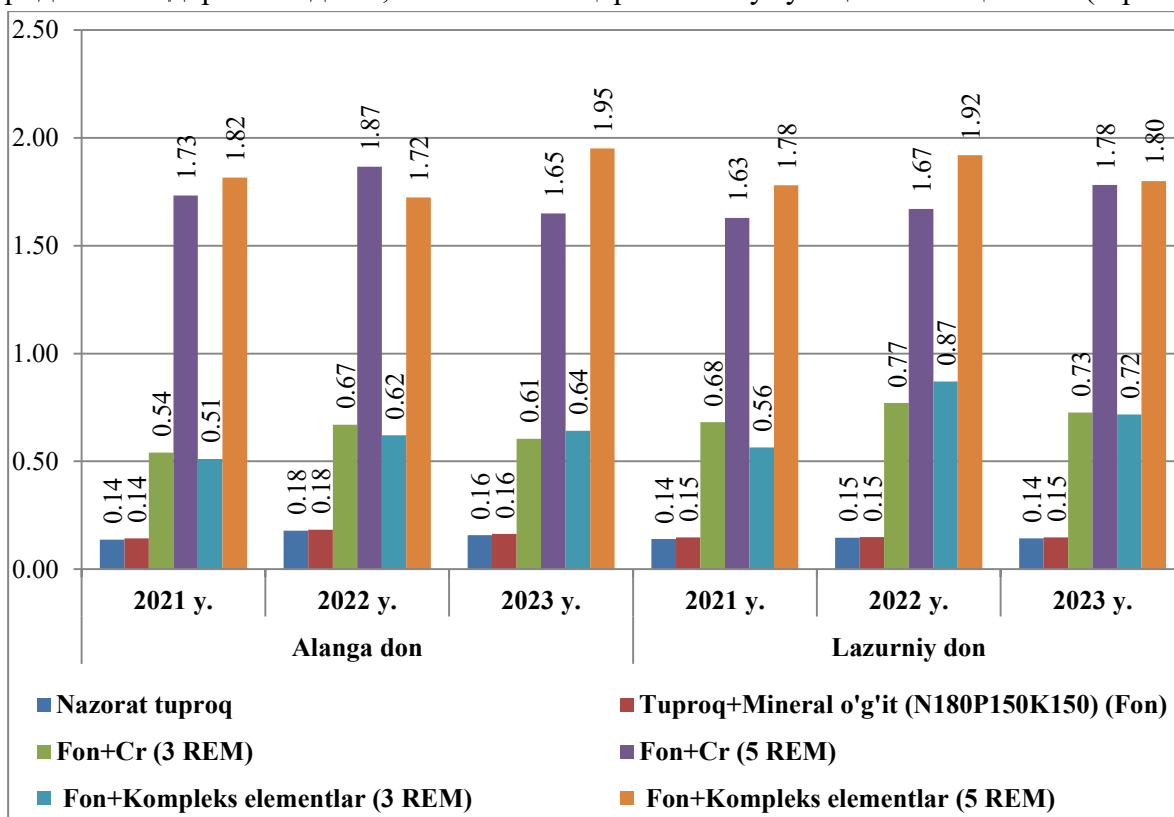
Тадқиқотларимизнинг Аланга ҳамда Лазурний навларидан олинган донлар таркибида Cr назорат вариантларда 0,14-0,18 мг/кг гача ва Лазурний навида 0,14-0,15 мг/кг да биоаккумуляция кузатилган. Хромнинг донда биоаккумуляцияси минераллар билан ишлов берилган 2-вариантда 0,16-0,19 мг/кг гача ва Лазурний нави донида эса 0,16-0,17 мг/кг миқдорларда тўпланди.

Хромнинг РЭМдан 3 баробар ифлослантилган вариантда назорат вариантларга мос равишда 2021 йилда 0,54 мг/кг, кейинги йилларда эса 0,67-0,61 мг/кг, Лазурний навида 0,68-0,77 мг/кг атрофида биоаккумуляция кузатилган.

Токсикантнинг тупроқда кўплиги ҳамда ионларнинг тупроқ қатламида тўлиқ тарқалгани боис ўсимлик илдизларидан поя+барг системасига ҳамда донга ўтиши кузатишган. Чунки, ҳар иккала нав донларида РЭМдан ортганлиги аниқланган.

Жадвалда кўрсатилганидек, иккинчи йилда экилган шоли навларидан йиғиб олинган донлар таркибида биринчи йилга қараганда элементнинг юқори микдорда биоаккумуляцияси кузатишган. Тупроқни РЭМдан 3 баробар ифлослантирилган 3 ва 5 вариантларда Аланга донларида 0,51-0,67 мг/кг оралиғида, Лазурний нав донларида 0,56-0,87 мг/кг гача биоаккумуляция этганлиги аниқланган.

Комплекс ифлослантирилганда Аланга нав дон таркибида энг юқори биоаккумуляция 5 баробар бўлган 4 ва 6 чи вариантларда кузатилиб, Аланга навида 1,65-1,95 мг/кг гача, Лазурний нав донида бу кўрсаткич 1,78-1,92 мг/кг гача тўпланган. Бу ҳолат ҳар иккала нав донида ҳам Cr микдори РЭМдан юқори эканлигини кўрсатди. Аланга ва Лазурний навлари донларида Cr микдори РЭМдан 3,9 мг/кг гача юқори биоаккумуляцияси аниқланган (3-расм).



3-расм. Дон таркибида хром ионининг биоаккумуляцияси, мг/кг

XULOSA

Хулоса қилиб, тупроқ таркибига янги киритилган ёки биринчи йилда кузатишган ифлосланиш, экилган ўсимлик таркибига дарҳол юқори даражада биоаккумуляция кузатишмайди. Кейинги йилларда эса тупроқ фракциялари билан киришган элемент, ўсимлик илдизлари орқали турли қисмларида ҳаракатланади ҳамда кўп ёки кам микдорда ўсимликка тўпланади.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- Xie, W., Yu, J., Luo, D., Wei, R., Liu, T., Sun, S., Li, J., Wang, F., Jin, C., Tang, Y., Du, R., Deng, T., Qiu, R. Transport properties and accumulation patterns of trivalent chromium in rice: A hydroponic and modeling approach // Plant Physiology and Biochemistry. – 2025. – Vol. 223. – P. 109825. – DOI: 10.1016/j.plaphy.2025.109825.

2. Ao M., Chen X., Deng T., Sun S., Tang Y., Morel J.L., Qiu R., Wang S. Chromium biogeochemical behaviour in soil-plant systems and remediation strategies: a critical review // *Journal of Hazardous Materials*. – 2022. – Vol. 424. – P. 127233. – DOI: 10.1016/j.jhazmat.2021.127233.
3. Sharma A., Kapoor D., Wang J., Shahzad B., Kumar V., Bali A.S., Jasrotia S., Zheng B., Yuan H., Yan D. Chromium bioaccumulation and its impacts on plants: An overview // *Plants*. – 2020. – Vol. 9(1). – P. 100. – DOI: 10.3390/plants9010100.
4. Bhattacharyya P., Chakraborty A., Chakrabarti K., Tripathy S., Powell M.A.. Chromium uptake by rice and accumulation in soil amended with municipal solid waste compost Volume 60, Issue 10, September 2005, Pages 1481-1486.
5. AbdElgawad H, Mohammed AE, van Dijk JR, Beemster GTS, Alotaibi MO and Saleh AM (2023) The impact of chromium toxicity on the yield and quality of rice grains produced under ambient and elevated levels of CO₂. *Front. Plant Sci.* 14:1019859. doi: 10.3389/fpls.2023.1019859.
6. Ministry of Health of China. Maximum level of contaminants in food (GB2762–2005). (In Chinese) 1–5 (Standards Press of China, Beijing, 2005).
7. Mohanty, M., Pattnaik, M. M., Mishra, A. K., & Patra, H. K. (2011). Chromium bioaccumulation in rice grown in contaminated soil and irrigated mine wastewater—a case study at South Kaliapani chromite mine area, Orissa, India. *International journal of phytoremediation*, 13(5), 397-409.