

ՀՀ ԳԱԱ Ա. ԹԱԽՏԱՋՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ ԲՈՒՍԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ ԳՈՎԱՐ ՀԱՄԼԵՏԻ

ԱՐՄԱՎԻՐԻ ՄԱՐԶԻ ՀՈՂԱՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ ԱՂԱԿԱԿՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ԱՍՏԻՃԱՆԻ
ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԵՎ ԲԱՐԵԼԱՎՄԱՆ ՈՒՂԻՆԵՐԸ

Գ.00.05. - «Բուսաբանություն, սնկաբանություն, էկոլոգիա» մասնագիտությամբ
Լենսաբանական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման
ատենախոսություն

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ - 2026

ИНСТИТУТ БОТАНИКИ НАН РА ИМЕНИ А. ТАХТАДЖЯНА

МАРГАРЯН ГОАР ГАМЛЕТОВНА

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАСОЛЕННОСТИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УГОДИЙ АРМАВИРСКОЙ ОБЛАСТИ
И ПУТИ ИХ УЛУЧШЕНИЯ

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук
по специальности Г.00.05 - «Ботаника, микология, экология»

ЕРЕВАН – 2026

**Ատենախոսության թեման հաստատվել է Երևանի պետական համալսարանում:
Գիտական ղեկավար՝**

Կենսաբանական գիտությունների դոկտոր, դոցենտ՝

Կ.Ա. Ղազարյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

աշխարհագրական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր՝

Հ.Յ. Սայադյան

գյուղատնտեսական գիտությունների դոկտոր՝

Ա.Օ. Մարկոսյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Հայաստանի ազգային ագրարային համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2026 թ. հունիսի 23-ին. ժամը 14:00-ին

Բուսաբանության ինստիտուտում գործող ՀՀ ԲՈԿ-ի «Բուսաբանություն»

035 մասնագիտական խորհրդի նիստում:

Հասցե՝ 0040, Երևան, Աճառյան 1, ՀՀ ԳԱԱ Բուսաբանության ինստիտուտ,

E-mail: botanyinst@sci.am

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ Բուսաբանության ինստիտուտի գրադարանում և www.botany.sci.am կայքում:

Սեղմագիրն առաքված է 2026 թ. մայիսի 12-ին:

035 մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,

կենսաբանական գիտությունների թեկնածու, դոցենտ՝



Տ.Տ. Հովակիմյան

Тема диссертации утверждена в Ереванском государственном университете.

Научный руководитель:

доктор биологических наук, доцент

Կ.Ա. Կազարյան

Официальные оппоненты:

доктор географических наук, профессор

Օ.Կ. Տայադյան

доктор сельскохозяйственных наук

Ա.Օ. Մարկոսյան

Ведущая организация: Национальный аграрный университет Армении

Защита диссертации состоится 23-го июня 2026 г. в 14:00 часов на заседании

Специализированного совета 035 по ботанике ВАК РА, действующего при

Институте ботаники НАН РА.

Адрес: 0040, Ереван, ул. Ачаряна 1, Институт ботаники НАН РА,

E-mail: botanvinst@sci.am

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института ботаники НАН РА

и на сайте www.botany.sci.am.

Автореферат диссертации разослан 12-го мая 2026 г.

Ученый секретарь специализированного совета 035,

кандидат биологических наук, доцент



Ջ.Օ. Օվակիմյան

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Աշխարհի արդիականությունը: Ներկայումս հողային ռեսուրսների դեգրադացումը դիտարկվում է որպես գլոբալ բնապահպանական և սոցիալ-տնտեսական առաջնահերթ խնդիր, որը պայմանավորված է կլիմայական փոփոխություններով, ջրային ռեսուրսների ոչ արդյունավետ կառավարմամբ և մարդածին ազդեցությունների ինտենսիվացմամբ: Հողի որակի վատթարացումը դրսևորվում է նրա ֆիզիկական, քիմիական և կենսաբանական հատկությունների փոփոխությամբ, ինչի հետևանքով նվազում է էկոհամակարգերի կայունությունը և սահմանափակվում է գյուղատնտեսական արտադրողականությունը (FAO, 2024; European Commission, 2024):

Հողերի դեգրադացման և արտադրողականության անկման հիմնական պատճառներից է հանդիսանում հողի աղակալումը: Միջազգային գնահատականների համաձայն՝ աղակալված հողերը զբաղեցնում են շուրջ 1,4 մլրդ հա տարածք (աշխարհի ընդհանուր ցամաքային մակերեսի ավելի քան 10%-ը), ընդ որում ևս 1 մլրդ հա գտնվում է աղակալման բարձր ռիսկի տակ՝ պայմանավորված կլիմայական փոփոխություններով և մարդածին գործոններով (FAO, 2024):

Հողերի աղակալման հիմնախնդիրն արդիական է նաև ՀՀ Արարատյան դաշտում, մասնավորապես Արմավիրի մարզում, որտեղ ջրային կլիմայական պայմանները, ոռոգման գործընթացի ոչ արդյունավետ կազմակերպումը, ինչպես նաև դրենաժային համակարգերի անբավարար գործունեությունը նպաստում են աղակալման գործընթացի ինտենսիվացմանը: Այս ամենի արդյունքում հողերը աստիճանաբար կորցնում են իրենց արտադրական և էկոլոգիական արժեքը, ինչը պահանջում է հողերի կառավարման և բարելավման համակարգային մոտեցումներ:

Այս պայմաններում առանձնահատուկ կարևորություն է ստանում աղակալված հողերի վերականգնման արդյունավետ և, միաժամանակ, էկոլոգիապես անվտանգ մոտեցումների մշակումն ու կիրառումը: Ավանդական մեխորատով միջոցառումները հաճախ պահանջում են մեծ ծավալի ռեսուրսներ և չեն ապահովում երկարաժամկետ կայուն արդյունք: Այս համատեքստում աճում է հետաքրքրությունը կենսաբանական մոտեցումների նկատմամբ, որոնք բնութագրվում են շրջակա միջավայրի վրա ավելի մեղմ ազդեցությամբ: Այդ մոտեցումների շարքում առանձնահատուկ տեղ է զբաղեցնում ֆիտոաղազերծումը (ֆիտոդեսայինիզացիան), որը հիմնված է բույսերի միջոցով հողից աղերի կլանման, կուտակման և դրանց հետագա հեռացման գործընթացների վրա: Այս մոտեցման արդյունավետությունը, սակայն, չի սահմանափակվում միայն աղերի կլանման քանակական ցուցանիշներով: Վճռորոշ նշանակություն ունի բույսերի կենսունակությունը աղային սթրեսի պայմաններում, որն արտահայտվում է ֆիզիոլոգիական գործընթացների պահպանմամբ, բավարար կենսազանգվածի ձևավորմամբ և աղերի երկարատև կլանման կարողությամբ: Միաժամանակ, ժամանակակից հետազոտություններում մեծ ուշադրություն է դարձվում նաև նանոնյութերի կիրառմանը, որոնք դիտարկվում են որպես բույսերի աղադիմացկունության բարձրացման հեռանկարային միջոց: Նանոնյութերի կիրառումը կարող է ազդել բույսերի մի շարք կենսական գործընթացների վրա՝ նպաստելով ջրային հաշվեկշռի կարգավորմանը, իոնային հոմեոստազի պահպանմանը և հակաօքսիդանտային պաշտպանական համակարգերի ակտիվացմանը:

Այսպիսով, հողի աղակալման հիմնախնդրի արդյունավետ լուծումը պահանջում է ինտեգրված գիտական մոտեցում, որը համադրում է աղակալվածության գնահատումը և հողերի ֆիտոաղազերծման արդյունավետ մեթոդների մշակումը՝ բույսերի արձագանքի խորքային վերլուծությամբ: Նման մոտեցումը հնարավորություն է տալիս ոչ միայն

բարձրացնել աղակալված հողերի կենսաբանական վերականգնման արդյունավետությունը, այլև ապահովել դրանց կայուն կառավարումը և գյուղատնտեսական համակարգերի երկարաժամկետ արտադրողականությունը:

Նպաստող և խնդիրները: Աշխատանքի նպատակն է գնահատել ՀՀ Արմավիրի մարզի հողատարածքների աղակալվածության աստիճանը, պարզել այն հիմնական գործոնները, որոնք բերում են էկոլոգիական վիճակի վատթարացմանը, և հիմնվելով Արմավիրի մարզի հողատիպերի և բնակլիմայական պայմանների առանձնահատկությունների վրա՝ նորարարական մեթոդների կիրառմամբ առաջարկել աղակալված հողերի բարելավման արդյունավետ ուղիներ: Ելնելով նշված նպատակից՝ առաջ են քաշվել հետևյալ խնդիրները.

- ✓ գնահատել ՀՀ Արմավիրի մարզի հողատարածքների աղակալվածության աստիճանը՝ ըստ հողաշերտի տարբեր խորությունների (0-10 սմ, 10-30 սմ, 30-60 սմ և 60-100 սմ),
- ✓ Արմավիրի մարզի հողատարածքների աղակալվածության աստիճանը բնութագրող թեմատիկ քարտեզների միջոցով տալ հողերի աղակալվածության տարածական բաշխումը,
- ✓ տարբեր աստիճանի աղային սթրեսի պայմաններում ուսումնասիրել *Chenopodium album* L., *Portulaca oleracea* L. և *Amaranthus retroflexus* L. բուսատեսակների դիմացկունությունը՝ հիմնվելով մորֆոլոգիական, ֆիզիոլոգիական և կենսաքիմիական որոշ ցուցանիշների վրա,
- ✓ պարզել մեր կողմից ուսումնասիրված *Chenopodium album* L., *Portulaca oleracea* L. և *Amaranthus retroflexus* L. բուսատեսակների աղեր կուտակելու ունակությունը և գնահատել դրանց ֆիտոաղազերծման ներուժը,
- ✓ առաջարկել նանոնյութերի կիրառման էկոլոգիապես անվտանգ եղանակներ, որոնք կբարձրացնեն ֆիտոաղազերծման գործընթացի արդյունավետությունը:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները: Հետազոտության արդյունքները թույլ են տվել հիմնավորել հետևյալ հիմնական դրույթները.

- ✓ Արմավիրի մարզում բնակլիմայական պայմանների և մարդածին գործոնետության, մասնավորապես՝ ինտենսիվ ոռոգելի հողագործության արդյունքում նկատվում է հողերի աղակալում և դրանով պայմանավորված տարաբնույթ էկոլոգիական հիմնախնդիրների սրացում,
- ✓ հողատարածքները բնութագրվում են աղակալվածության տարբեր աստիճաններով, որոնք պայմանավորում են հողի ֆիզիկաքիմիական հատկությունների փոփոխությունը և բույսերի աճի համար ձևավորում անբարենպաստ միջավայր, ինչը հանդիսանում է բույսերի կենսագործունեության սահմանափակման և արտադրողականության նվազման կարևոր գործոն,
- ✓ աղային սթրեսի պայմաններում ուսումնասիրված *Chenopodium album* L., *Portulaca oleracea* L. և *Amaranthus retroflexus* L. բուսատեսակները ցուցաբերում են տարբեր աստիճանի աղադիմացկունություն, ինչը պայմանավորված է ոչ միայն բույսերի կողմից իոնների կլանման ինտենսիվությամբ, այլև աղային սթրեսի պայմաններում դրանց կենսունակությամբ և կենսազանգվածի ձևավորման կարողությամբ,
- ✓ Արմավիրի մարզի աղակալված շրջաններում հանդիպող *Chenopodium album* L., *Portulaca oleracea* L. և *Amaranthus retroflexus* L. բույսերը, հարմարված լինելով այդ

պայմաններին, ունեն ֆիտոաղազերծման ներուժ և կարող են օգտագործվել այդ տարածքների բարելավման նպատակով.

- ✓ *Chenopodium album* L. բույսի ֆիտոաղազերծման ներուժի բարձրացման համար նպատակահարմար է օգտագործել ցինկի օքսիդի նանոմասնիկներ և խելատացված ցինկի նանոպարարտանյութ, որոնք նպաստում են ֆիտոաղազերծման գործընթացի արդյունավետության բարձրացմանը:

Փիլոական նորոյթը: ՀՀ Արմավիրի մարզում առաջին անգամ իրականացվել է հողերի աղակալվածության աստիճանի համալիր գնահատում, բացահայտվել են էկոհամակարգի հիմնական բաղադրիչների վրա առկա ու հավանական բացասական ազդեցությունները, ինչպես նաև մշակվել են հողերի բարելավման առավել արդյունավետ մեթոդներ: Մասնավորապես.

- ✓ կազմվել են Արմավիրի մարզի հողերի աղակալվածության աստիճանը բնութագրող թեմատիկ քարտեզներ՝ ըստ հողաշերտի տարբեր խորությունների (0-10 սմ, 10-30 սմ, 30-60 սմ և 60-100 սմ),
- ✓ Արարատյան դաշտին բնորոշ հողակլիմայական և աղային սթրեսի պայմաններում առաջին անգամ ուսումնասիրվել է *Chenopodium album* L., *Portulaca oleracea* L. և *Amaranthus retroflexus* L. բուսատեսակների մորֆոլոգիական, ֆիզիոլոգիական և կենսաքիմիական արձագանքը՝ գնահատելով դրանց հարմավողական ներուժը,
- ✓ առաջին անգամ գնահատվել է *Chenopodium album* L., *Portulaca oleracea* L. և *Amaranthus retroflexus* L. բուսատեսակների ֆիտոաղազերծման ներուժը՝ հիմնվելով բույսերի կողմից իոնների կլանման և վերգետնյա կենսազանգվածում դրանց կուտակման ցուցանիշների վրա,
- ✓ գնահատվել է ցինկի օքսիդի նանոմասնիկների և խելատացված ցինկի նանոպարարտանյութի ազդեցությունը *Chenopodium album* L. բույսի աղադիմացկունության վրա և հիմնավորվել է նանոնյութերի կիրառման նպատակահարմարությունը՝ որպես ֆիտոաղազերծման գործընթացի արդյունավետության բարձրացման միջոց աղակալված հողերի բարելավման գործընթացում:

Աշխարանքի տեսական և գործնական նշանակությունը: Սույն աշխատանքը ունի ինչպես տեսական, այնպես էլ գործնական նշանակություն՝ պայմանավորված աղակալված հողերի և աղային սթրեսի պայմաններում բույսերի արձագանքի փոխկապակցված ուսումնասիրությամբ, ինչպես նաև ֆիտոաղազերծման գործընթացի արդյունավետության բարձրացմանը միտված գիտական հիմնավորումներով.

- ✓ ստացված արդյունքները խորացնում են բույսերի աղադիմացկունության և ֆիտոաղազերծման գործընթացների վերաբերյալ տեսական պատկերացումները՝ բացահայտելով աղային սթրեսի պայմաններում բույս-հող համակարգում ձևավորվող օրինաչափությունները,
- ✓ ստացված արդյունքները կարող են կիրառվել գյուղատնտեսական պրակտիկայում՝ աղակալված հողերի կառավարման և դրանց արտադրողականության բարձրացման նպատակով: Արմավիրի մարզի համայնքներին և մարզային համապատասխան կառույցներին կտրամադրվի տեղեկատվություն հողերի էկոլոգիական վիճակի և դրանց բարելավման արդյունավետ մեթոդների վերաբերյալ, ինչը կնպաստի գյուղատնտեսական աշխատանքների ավելի արդյունավետ իրականացմանը: Մասնավորապես, աղադիմացկուն

բուսատեսակներ աճեցնելու միջոցով հնարավոր կլինի բարելավել աղակալված հողերի էկոլոգիական վիճակը,

- ✓ Արմավիրի մարզի ֆերմերներին և շահագրգիռ կազմակերպություններին կտրամադրվեն աղակալված հողերի տարածական բաշխումը պատկերող թեմատիկ քարտեզներ, ինչը կարող է նպաստել հողային ռեսուրսների ավելի արդյունավետ կառավարմանը:

Աշխատանքի փորձահավաստիությունը: Ատենախոսության հիմնական արդյունքները ներկայացվել և պարբերաբար քննարկվել են ԵՊՀ կենսաբանության ֆակուլտետի գիտական խորհրդի նիստերում (2022-2025 թթ.), ինչպես նաև հետևյալ գիտաժողովներում.

- ✓ Կենսաբանության գիտահետազոտական ինստիտուտի տարեկան գիտաժողով, Երևան, 19 - 20 մարտ, 2026,
- ✓ Biological Sciences and Environmental Solutions for the Achievement of Sustainable Development Goals (SDGs), Yerevan, Armenia, 24-26 September, 2025,
- ✓ Catchment-River-Estuary: Studies of Soil Erosion, Channel and Estuary Processes”, Rostov-on-Don, Russian Federation, 15-18 September, 2025,
- ✓ 19th International Conference on Environmental Science and Technology (CEST), Kos Island, Greece, 3-6 September, 2025,
- ✓ «Համահայկական գիտաժողով 2023», Երևան, Հայաստան, Նոյեմբերի 17-22, 2023,
- ✓ FAO, The International Network of Salt-Affected Soils (INSAS), Managing salt-affected soils for sustainable future, Uzbekistan, May 22–26, 2023, online:

Հրատարակություններ: Ատենախոսության հիմնական դրույթներն ամփոփված են 7 հոդվածներում, 2 գրքի գլուխներում և 5 թեզիսներում:

Արենախոսության կառուցվածքը և ծավալը: Ատենախոսությունը բաղկացած է առաջաբանից, 4 գլուխներից, եզրակացություններից և գրականության ցանկից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը 147 էջ է, պարունակում է 20 աղյուսակ, 31 գծապատկեր, 4 քարտեզ: Օգտագործված գրականության ցանկն ընդգրկում է 189 անուն:

ԳԼՈՒԽ 1. ԳՐԱԿԱՆ ԱՎՆԱՐԿ

Գրական ակնարկում ներկայացվում է հողի աղակալումը որպես արդի էկոլոգիական հիմնախնդիր՝ ընդգծելով դրա տարածվածությունը, առաջացման բնական և մարդածին գործոնները, ինչպես նաև ազդեցությունը «հող-բույս» համակարգի վրա: Քննարկվում են աղակալման ձևավորման մեխանիզմները, հողի ֆիզիկաքիմիական հատկությունների փոփոխությունները և բույսերի աճի, ֆիզիոլոգիական ու կենսաքիմիական գործընթացների խաթարումը՝ պայմանավորված օսնոտիկ սթրեսով, իոնային թունավորությամբ և սննդատարրերի անհավասարակշռությամբ: Ներկայացվում են նաև բույսերի հարմարվողականության հիմնական մեխանիզմները, ինչպես նաև աղակալված հողերի վերականգնման ժամանակակից մոտեցումները՝ ներառյալ ֆիզիկական, քիմիական և կենսաբանական մեթոդները, առանձնահատուկ շեշտադրելով ֆիտոռեմեդիացիայի և նանոտեխնոլոգիաների կիրառման հեռանկարները:

ԳԼՈՒԽ 2. ՌԻՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ

Հողերի նմուշառումը և աղակալվածության աստիճանի գնահատումը: Երկրորդ գլխում ներկայացված են ուսումնասիրության տարածքի բնակլիմայական պայմանների և

հողատիպերի բնութագրերը, ինչպես նաև հողերի նմուշառման և աղակալվածության աստիճանի գնահատման մեթոդաբանությունը: Հողանմուշները վերցվել են Արմավիրի մարզի 124 դիտակետերից՝ հիմնականում հողաշերտի չորս հորիզոններից (0-10 սմ, 10-30 սմ, 30-60 սմ, 60-100 սմ)՝ օգտագործելով AMS Basic Soil Sampling Kit նմուշառման սարքը և պահպանելով ստանդարտ նմուշառման սկզբունքը: Հողի տեքստուրան որոշվել է "Feel" (շոշափման) մեթոդով: Հողերի աղակալվածության աստիճանի գնահատման նպատակով պատրաստվել է հողի ջրային քաշվածք (1:5 հարաբերությամբ) (He et al., 2012): Հողի ջրային քաշվածքի էլեկտրահաղորդականությունը ($EC_{1:5}$) որոշվել է MAPK 603 հաղորդաչափի միջոցով: Հողի աղակալվածության աստիճանը գնահատվել է հողային մածուկի էլեկտրահաղորդականության միջոցով (EC_e) (Brown et al., 1954): Հողի ջրային քաշվածքի էլեկտրահաղորդականությունը ($EC_{1:5}$) վերահաշվարկվել է հողային մածուկի էլեկտրահաղորդականության (EC_e) հետևյալ բանաձևերի միջոցով՝ կավային հողերի համար՝ $EC_e = 7,36 z - 0,24$, կավավազային հողերի համար՝ $EC_e = 7,58 z + 0,06$, ավազային հողերի համար՝ $EC_e = 8,22 z - 0,33$, որտեղ z -ը $EC_{1:5}$ -ի արժեքն է (Sonmez et al., 2008): Ստացված տվյալների հիման վրա իրականացվել է հողերի աղակալվածության աստիճանի գնահատում և աղակալված հողերի տարածական բաշխվածության քարտեզագրում:

ԵրկրաՎիճակագրական վերլուծությունը և քարտեզագրումը: Թեմատիկ քարտեզների մշակման համար օգտագործվել է ArcGIS ծրագրային փաթեթը և երկրաՎիճակագրական վերլուծության գործիքակազմը: Մասնավորապես, ուսումնասիրվող տարածքում հողերի աղակալվածության աստիճանի բաշխվածության քարտեզների ստացման համար օգտագործվել է հակադարձ միջին կշռված տարածության (Inverse distance weighted, *IDW*) ինտերպոլյացիայի մեթոդը:

Բույսերի աղադիմացկունության և ֆիտոաղազերծման ներուժի գնահատման մեթոդներ: *Chenopodium album* L., *Portulaca oleracea* L. և *Amaranthus retroflexus* L. բույսերի աղադիմացկունության և ֆիտոաղազերծման ներուժի գնահատումը իրականացվել է Արարատյան դաշտից վերցված կավային և կավավազային տեքստուրայով հողերում, որոնք ըստ հողի հագեցած մածուկի էլեկտրահաղորդականության (EC_e) ցուցանիշի դասակարգվել են որպես չաղակալված ($EC_e < 2$ դՍ մ⁻¹): Բույսերը ենթարկվել են տարբեր աստիճանի աղային սթրեսի՝ NaCl-ի կիրառմամբ՝ հողի հագեցած մածուկի էլեկտրահաղորդականության հետևյալ միջակայքերում. չաղակալված (0–2 դՍ մ⁻¹), թույլ (2–4 դՍ մ⁻¹), չափավոր (4–8 դՍ մ⁻¹), ուժեղ (8–16 դՍ մ⁻¹) և ծայրահեղ աղակալված (> 16 դՍ մ⁻¹) (Brown et al. 1954): NaCl-ով մշակումը կատարվել է աստիճանաբար՝ օսմոտիկ սթրեսի առաջացումը կանխելու նպատակով: Փորձարարական մոտեցումը հիմնված է եղել աղային սթրեսի տարբեր աստիճանի պայմաններում բույսերի արձագանքի համակողմանի գնահատման վրա՝ ներառելով մորֆոլոգիական, ֆիզիոլոգիական և կենսաքիմիական որոշ ցուցանիշների, ինչպես նաև տերևի սպեկտրալ ինդեքսների վերլուծությունը, ինչը հնարավորություն է տվել գնահատել բույսերի սթրեսային պայմաններին հարմարվողականության և աղադիմացկունության աստիճանը: Բույսերի աճը և զարգացումը գնահատվել է մորֆոլոգիական ցուցանիշների միջոցով՝ որոշելով բույսերի բարձրությունը, ցողունի տրամագիծը և արմատի երկարությունը: Ֆիզիոլոգիական ցուցանիշներից որոշվել է կենսազանգվածի կուտակումը, հաշվարկվել է արմատների, ցողունների և տերևների ջրի պարունակությունը, որոշվել է տերևների սուկրոզետության ինդեքսը, քլորոֆիլի պարունակության ինդեքսը (CCI), ինչպես նաև ֆոտոսինթեզի և գոլորշիացման

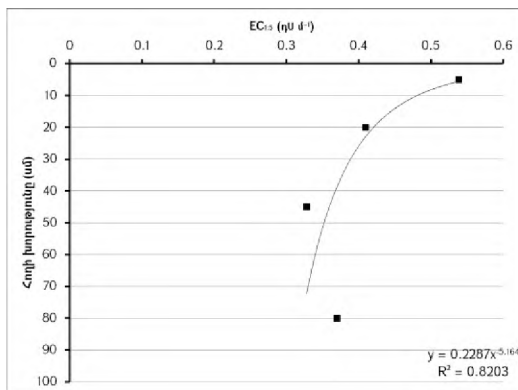
ինտենսիվությունը, որոնց հիման վրա հաշվարկվել է ջրի օգտագործման արդյունավետությունը: Որոշվել է քլոր (Cl^-), նատրիում (Na^+), կալիում (K^+) և կալցիում (Ca^{2+}) իոնների պարունակությունները, K^+/Na^+ հարաբերակցությունը, ընդհանուր լուծված պինդ նյութերը, ինչպես նաև հարաբերական էլեկտրոլիտային արտահոսքը: *Chenopodium album* բույսերի աղադիմացկունության և ֆիտոտաղազերծման ներուժի բարձրացման նպատակով օգտագործվել են ցինկի օքսիդի նանոմասնիկներ (մասնիկների չափը՝ <50 նմ), և խելատացված ցինկի նանոպարարտանյութ: Ցինկի օքսիդի նանոմասնիկներով՝ ZnO-NPs (30 մգ l^{-1}) և խելատացված ցինկի նանոպարարտանյութով՝ Zn-NFs ($1,5$ գ l^{-1}) տերևային մշակումները կիրառվել են տարբեր աստիճանի աղային սթրեսի ենթարկված *C. album* բույսերի վրա:

Բույսերի ֆիտոտաղազերծման ներուժի գնահատումը: *Chenopodium album* L., *Portulaca oleracea* L. և *Amaranthus retroflexus* L. բույսերի ֆիտոտաղազերծման ներուժը գնահատվել է բույսերի վերգետնյա հատվածում կուտակված Na^+ և Cl^- իոնների պարունակության և չոր կենսազանգվածի տվյալների հիման վրա: Այն արտահայտվել է մեկ բույսի հաշվով (մգ Na^+ և Cl^- բույս $^{-1}$):

Վիճակագրական վերլուծություն: Տվյալները վերլուծվել են օգտագործելով Microsoft Excel 2021 և GraphPad Prism 8.0.2 (263) ծրագրերը: Ներկայացված բոլոր տվյալները միջինացվել են և բերվել է ստանդարտ շեղումը (SD)՝ օգտագործելով միագործոն և երկգործոն ANOVA մեթոդները: Վիճակագրական հավաստիությունը որոշվել է Ֆիշերի նվազագույն հավաստի տարբերության (LSD) թեստի միջոցով:

ԳԼՈՒԽ 3. ԱՐՄԱՎԻՐԻ ՄԱՐԶԻ ՀՈՂԱՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ ԱՂԱԿԱԼՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ԱՍՏԻՃԱՆԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ

Հողի աղակալվածությունը սովորաբար արտահայտում են հողային մածուկի էլեկտրահաղորդականությամբ (EC_e): Սակայն հաշվի առնելով վերջինիս ստացման դժվարությունը, վերցրել ենք 1:5 հարաբերությամբ հողի ջրային քաշվածք, որոշել դրա էլեկտրահաղորդականությունը ($\text{EC}_{1:5}$), ապա վերահաշվարկել ըստ EC_e : Համաձայն գծապատկեր 1-ի, ուսումնասիրված հողաշերտերում $\text{EC}_{1:5}$ միջին արժեքները հողաշերտի մինչև 60 սմ-ը՝ խորությամբ զուգահեռ նվազել են, որից հետո նկատվել է $\text{EC}_{1:5}$ միջին արժեքի աննշան բարձրացում:



Գծապատկեր 1. Արմավիրի մարզի ուսումնասիրված հողաշերտերում $\text{EC}_{1:5}$ միջին արժեքները

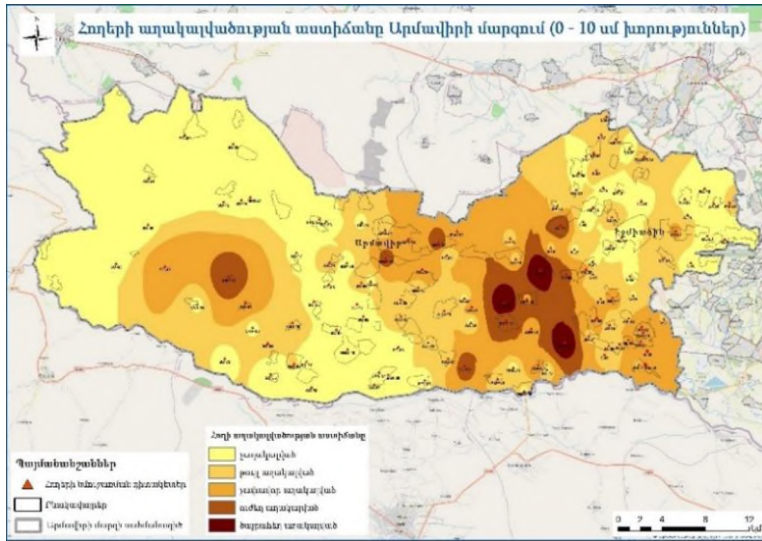
EC_{1.5}-ի միջին առավելագույն արժեքը (0,538 դԱ մ⁻¹) նկատվել է 0-10 սմ հողաշերտում, իսկ միջին նվազագույն արժեքը (0,328 դԱ մ⁻¹)՝ 30-60 սմ հողաշերտում: Հողի պրոֆիլում լուծելի աղերի կուտակման և լվացման գործընթացների ինտենսիվությունն ու ուղղվածությունը չի կարող բացատրվել միայն մեկ գործոնով. այն ձևավորվում է գրունտային ջրերի մակարդակի, ոռոգման ջրերի քիմիական բաղադրության, գոլորշիացման, հողի տեքստուրայի և դրենաժային համակարգերի համակցված ազդեցությամբ, ինչն ընդգծում է համալիր մշտադիտարկման և հողաբարելավման միջոցառումների անհրաժեշտությունը:

Տվյալների դիտարկումը ցույց է տալիս, որ Արմավիրի մարզի ուսումնասիրված հողանմուշներում առկա է աղակալման աստիճանի լայն շրջանակ՝ չաղակալվածից մինչև ծայրահեղ աղակալված, ինչը հստակ կապված է հողի տեքստուրայի, գրունտային ջրերի մակարդակի և տեղանքի հիդրոլոգիական առանձնահատկությունների հետ: Աղակալվածության աստիճանի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ նմուշների զգալի մասը պատկանում է չաղակալված և թույլ աղակալված կատեգորիաներին: Սա հատկապես բնորոշ է հողաշերտի խորքային հորիզոններին, որտեղ աղակալման դիսկը զգալիորեն մեղմանում է, պայմանավորված ինչպես հողի տեքստուրայով և լվացման գործընթացով, այնպես էլ գրունտային ջրերի մակարդակով:

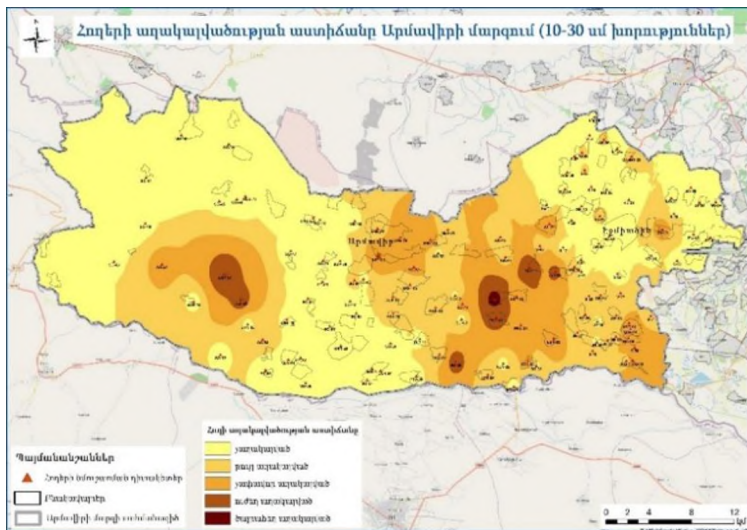
Հետազոտության արդյունքները ցույց են տալիս, որ հողաշերտի խորության մեծացմանը զուգահեռ արձանագրվում է չաղակալված հողերի տարածքային բաժնի աճ՝ որին զուգահեռ նվազում են չափավոր, ուժեղ և ծայրահեղ աղակալված հողերը: Այսպես, մակերեսային՝ 0-10 սմ շերտում չաղակալված հողերը զբաղեցնում են 51 949,5 հա (կամ 42,27%), զգալի տարածքներ բաժին են ընկնում նաև թույլ (36 674,3 հա կամ 29,90%) և չափավոր աղակալված հողերին (25 146,4 հա կամ 20,50%): Միևնույն ժամանակ, ուժեղ և ծայրահեղ աղակալված հողերը զբաղեցնում են համապատասխանաբար 7 431,2 հա (կամ 6,0%) և 1 632,3 հա (կամ 1,33%), ինչը վկայում է աղերի ինտենսիվ կուտակման մասին մակերեսային հորիզոնում: 10-30 սմ շերտում չաղակալված հողերը զբաղեցնում են 58 752,7 հա (կամ 47,90%), թույլ աղակալված հողերը՝ 39 947,6 հա (կամ 32,50%), չափավոր աղակալված հողերը՝ 20 674,4 հա (կամ 16,80%), ուժեղ և ծայրահեղ աղակալված հողերը համապատասխանաբար՝ 3 338,3 հա (կամ 2,70%) և 120,7 հա (կամ 0,10%): 30-60 սմ շերտում չաղակալված հողերը զբաղեցնում են 68 505,3 հա (կամ 55,66%), թույլ աղակալված հողերը՝ 42 071,0 հա (կամ 34,30%), չափավոր աղակալված հողերը՝ 10 799,3 հա (կամ 8,80%), մինչդեռ ուժեղ և ծայրահեղ աղակալված հողերը զբաղեցնում են ընդամենը 1 414,5 հա (կամ 1,20%) և 43,8 հա (կամ 0,04%): 60-100 սմ շերտում աղակալման տարածական բաշխումը դառնում է առավել միատարր՝ չաղակալված հողերի ակնհայտ գերակշռությամբ (92 841,9 հա կամ 75,59%): Թույլ աղակալված հողերը կազմում են 23 181,5 հա (18,90%), մինչդեռ չափավոր, ուժեղ և ծայրահեղ աղակալված հողերի տարածքները կրճատվում են հասնելով համապատասխանաբար՝ 5 935,3 հա (4,80%), 862,1 հա (0,70%) և 12,9 հա (0,01%), ինչը վկայում է աղերի կուտակման ինտենսիվության զգալի նվազման մասին խորքային հորիզոններում:

Ստացված արդյունքների հիման վրա պատրաստվել են թեմատիկ քարտեզներ, որոնք ցույց են տալիս Արմավիրի մարզում հողերի աղակալման տարածական բաշխումն՝ ըստ հորիզոնների (քարտեզներ 1, 2, 3 և 4): Քարտեզների համեմատական վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ Արմավիրի մարզում աղակալման բարձր աստիճան ունեցող հողատարածքները հիմնականում հանդիպում են մարզի կենտրոնական հատվածից դեպի արևելք և հարավ-արևմուտք ընկած հատվածներում, մինչդեռ

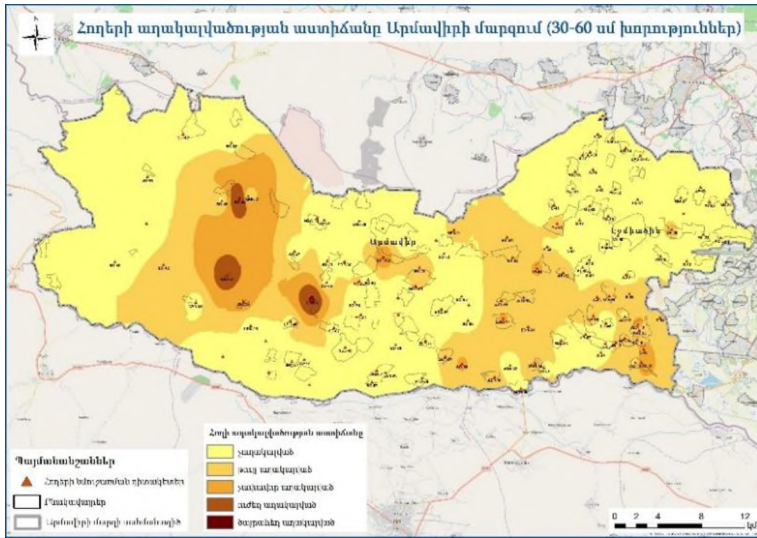
արևմտյան և հյուսիսային հատվածներում աղակալման աստիճանը համեմատաբար ցածր է եղել: Նշված տարածական օրինաչափությունները կարևոր են տարածաշրջանում գյուղատնտեսական հողատարածքների արդյունավետ կառավարման, աղակալված հողերի ռենտիլիացիայի և ռոզգման գործընթացի կազմակերպման տեսանկյունից:



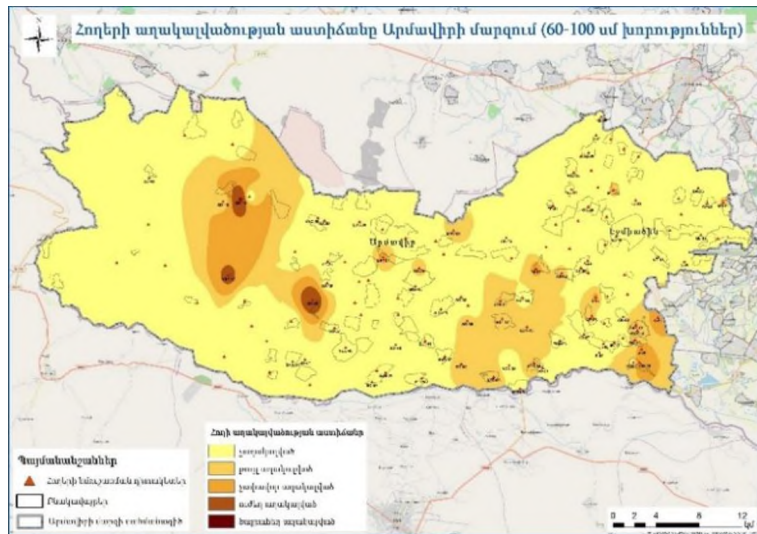
Քարտեզ 1. Արմավիրի մարզի հողերի տարածական բաշխումն ըստ աղակալվածության աստիճանի (0-10 սմ)



Քարտեզ 2. Արմավիրի մարզի հողերի տարածական բաշխումն ըստ աղակալվածության աստիճանի (10-30 սմ)



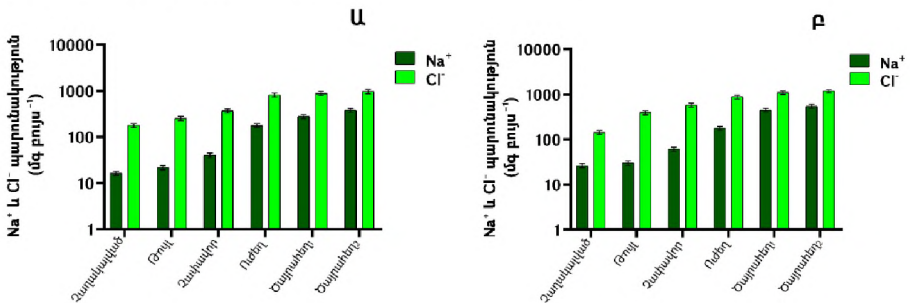
Քարտեզ 3. Արմավիրի մարզի հողերի տարածական բաշխումն ըստ աղակալվածության աստիճանի (30-60 սմ)



Քարտեզ 4. Արմավիրի մարզի հողերի տարածական բաշխումն ըստ աղակալվածության աստիճանի (60-100 սմ)

ԳԼՈՒԽ 4. ՈՐՈՇ ԲՈՒՍԱՏԵՍԱԿՆԵՐԻ ԱՂԱԴԻՄԱՑԿՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԱՂԱՋԵՐԾՄԱՆ ՆԵՐՈՒԺԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԵՎ ՀՈՂԵՐԻ ԲԱՐԵԼԱՎՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՁՐԱՑՄԱՆ ՄԻՋՈՑՆԵՐԸ

Chenopodium album L. աղաղիմացկունության և ֆիտոաղազերծման ներուժի գնահատումը: Ուսումնասիրության արդյունքները ցույց են տալիս, որ *Chenopodium album*-ը աղային սթրեսի պայմաններում դրսևորել է բարձր հարմարվողականություն և զգալի ֆիտոաղազերծման ներուժ: Մինչև աղակալման որոշակի շեմը բույսերը պահպանել են աճի հարաբերական կայունությունը և կենսազանգվածի կուտակումը, հատկապես կավային հողում, որտեղ արձանագրվել է նույնիսկ աճի խթանում: *C. album*-ը պահպանել է ջրային հաշվեկշռի հարաբերական կայունություն, ինչը կավային հողում դրսևորվել է արմատի և ընձյուղի ջրի պարունակության աճով և ցուցաբերել է օսմոտիկ հարմարվողականության հատկանիշներ, ներառյալ տերևների սուկուլենտության ինդեքսի աճը: Իոնների պարունակության վերլուծությունը ցույց է տվել, որ աղակալման աստիճանի աճմանը զուգընթաց ինչպես կավային, այնպես էլ կավավազային հողերում աճեցված բույսերի հյուսվածքներում արձանագրվել է Na^+ և Cl^- իոնների ինտենսիվ կուտակում, ինչը բնորոշ է աղաղիմացկուն բուսատեսակներին: Միաժամանակ, K^+ իոնի պարունակությունը ընձյուղներում պահպանվել է հարաբերականորեն կայուն մակարդակում կամ որոշ դեպքերում աճել է, ինչը վկայում է օսմոտիկ կարգավորման և կենսական նշանակության գործընթացների ակտիվության պահպանման մասին: Ուսումնասիրության արդյունքները ցույց են տալիս, որ *C. album*-ը հանդես է գալիս որպես խոստումնալից բուսատեսակ՝ ցուցաբերելով բարձր ֆիտոաղազերծման ներուժ ինչպես կավային, այնպես էլ կավավազային հողերում (զճապատկեր 2 Ա և Բ): Կավային հողում աճեցված մեկ բույսի ընձյուղի միջոցով աղակալման ուժեղից ծայրահեղ աստիճանների պայմաններում հեռացվել է 177,4–379,8 մգ Na^+ և 815,9–971,3 մգ Cl^- , իսկ կավավազային հողում՝ 178,2–549,8 մգ Na^+ և 875,7–1186,8 մգ Cl^- :

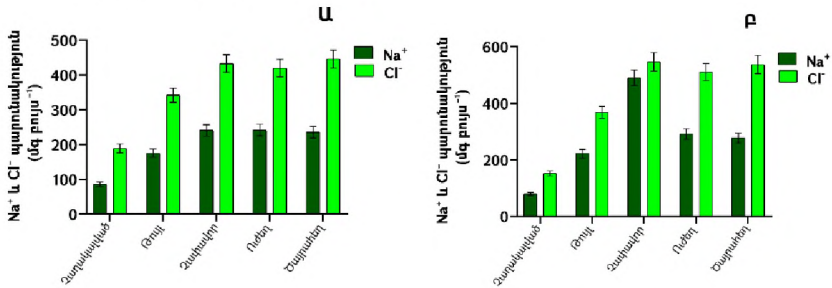


Գճապատկեր 2. Աղային սթրեսի ազդեցությունը *C. album* բույսերի աղազերծման ներուժի վրա (Ա-կավային հող, Բ-կավավազային հող, n = 5, P < 0,05)

Ֆիտոաղազերծման ներուժի գնահատման տեսանկյունից կարևոր է նաև բույսի կենսազանգվածի ձևավորման ունակությունը: Չնայած այն հանգամանքին, որ աղակալման ուժեղ և ծայրահեղ աստիճաններում որոշ ֆիզիոլոգիական ցուցանիշներ ճնշվել են, այնուամենայնիվ *C. album*-ը պահպանել է կենսունակությունը և շարունակել է ձևավորել բավարար կենսազանգված՝ ապահովելով իոնների արդյունավետ կուտակում:

Սա առանձնապես կարևոր առավելություն է տվյալ բուսատեսակի համար, քանի որ այս գործընթացի արդյունավետությունը պայմանավորված է ոչ միայն հյուսվածքներում իոնների պարունակությամբ, այլև ընդհանուր կենսազանգվածի ձևավորմամբ: Ընդհանուր առմամբ, այս ուսումնասիրությունը հիմնավորում է, որ *C. album*-ը կարող է դիտարկվել որպես խոտոտմնալից աղադիմացկուն և աղազերծող բուսատեսակ՝ աղակալված հողերի վերականգնման համար:

Portulaca oleracea L. աղադիմացկունության և ֆիտոաղազերծման ներուժի գնահատումը: Ուսումնասիրության արդյունքները ցույց են տալիս, որ *Portulaca oleracea*-ն աղային սթրեսի պայմաններում ցուցաբերել է արտահայտված հարմարվողականություն: Աղակալման աստիճանի աճին զուգընթաց արձանագրվել է բույսերի մորֆոլոգիական և ֆիզիոլոգիական ցուցանիշների նվազում, այնուամենայնիվ բույսերը վերգետնյա օրգաններում պահպանել են ջրի հարաբերական բարձր պարունակություն, ինչը կապված է սուկուլենտության ձևավորման հետ, և դիտվում է որպես աղային սթրեսին դիմակայելու կարևոր հարմարվողական մեխանիզմ: *P. oleracea*-ի աղազերծման ներուժը պայմանավորված է ոչ միայն դրա աղադիմացկունությամբ, այլև իոնների կլանման և վերաբաշխման առանձնահատկություններով: Հետազոտության արդյունքները ցույց են տալիս, որ *P. oleracea*-ն հանդես է գալիս որպես արժեքավոր հալոֆիտ բուսատեսակ՝ դրսևորելով արտահայտված աղազերծման ներուժ ինչպես կավային, այնպես էլ կավավազային հողերում: Այսպես, կավային հողից մեկ բույսի ընձյուղի միջոցով աղակալման չափավորից ծայրահեղ աստիճանների պայմաններում կարելի է հեռացնել 236,1–242,0 մգ Na⁺ և 420,2–446,2 մգ Cl⁻, իսկ կավավազային հողից՝ 277,7–490,9 մգ Na⁺ և 510,7–547,1 մգ Cl⁻ (գծապատկեր 3 Ա և Բ):

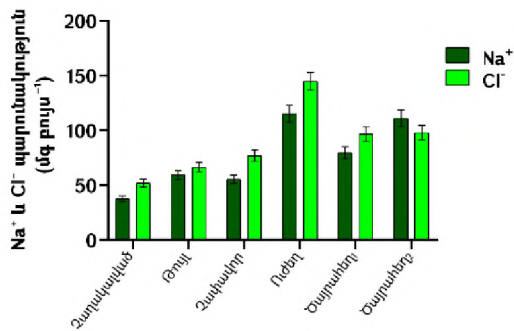


Գծապատկեր 3. Աղային սթրեսի ազդեցությունը *P. oleracea* բույսերի աղազերծման ներուժի վրա (Ա-կավային հող, Բ-կավավազային հող, n = 5, P < 0,05)

Այսպիսով, չնայած աղակալման աճին զուգընթաց արձանագրվել են աճի և ֆոտոսինթեզի ակտիվության սահմանափակումներ, այնուամենայնիվ բույսը պահպանել է կենսունակությունը՝ միաժամանակ իրականացնելով իոնների ընտրողական կլանում և վերաբաշխում: Ընդհանուր առմամբ, ստացված արդյունքները թույլ են տալիս *Portulaca oleracea* L.-ը դիտարկել որպես կիրառական տեսանկյունից արժեքավոր բուսատեսակ աղակալված հողերի կենսաբանական վերականգնման և ֆիտոաղազերծման գործընթացում:

Amaranthus retroflexus L. աղադիմացկունության և ֆիտոաղազերծման ներուժի գնահատումը: Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ *Amaranthus retroflexus*-ը աղային սթրեսի պայմաններում դրսևորել է չափավոր հարմարվողական արձագանք:

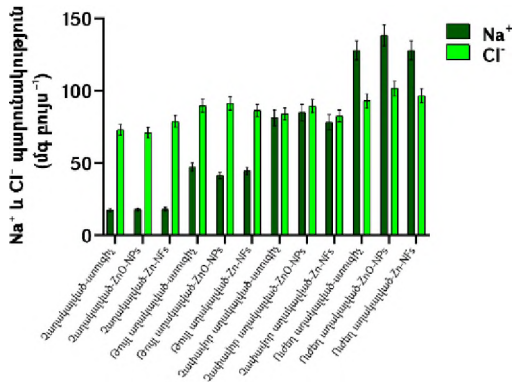
Աղակալման աճին զուգընթաց արձանագրվել է մորֆոլոգիական և ֆիզիոլոգիական ցուցանիշների աստիճանական նվազում՝ առավել արտահայտված ծայրահեղ աղակալման պայմաններում, ինչը վկայում է սթրեսի սահմանափակող ազդեցության մասին բույսերի աճի և կենսազանգվածի կուտակման վրա: Աղային սթրեսի պայմաններում բույսերի կողմից իոնների կուտակման բնույթը թույլ է տալիս գնահատել տվյալ տեսակի ներուժը աղակալված հողերի կենսաբանական վերականգնման գործընթացում: Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ *A. retroflexus* բույսերը աղակալման աստիճանի աճման պայմաններում դրսևորել են Na^+ և Cl^- իոնների կուտակման չափավոր ունակություն (զճապատկեր 4): Պարզվել է, որ մեկ բույսի ընձյուղի միջոցով աղակալման չափավորից ծայրահեղ աստիճանի պայմաններում հողից հեռացվել է 55,3–115,2 մգ Na^+ և 77,1–144,9 մգ Cl^- : Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ աղակալման աստիճանի աճը ուղեկցվել է բույսերի կողմից իոնների կուտակման և հեռացման քանակական փոփոխություններով:



Գճապատկեր 4. Աղային սթրեսի ազդեցությունը *A. retroflexus* բույսերի աղազերծման ներուժի վրա ($n = 5$, $P < 0,05$)

***Chenopodium album* L. բուսատեսակի աղադիմացկունության և աղազերծման ներուժի բարձրացումը ցինկի օքսիդի նանոմասնիկների և խելատացված ցինկի նանոպարատանյութի կիրառման պայմաններում:** Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ *Chenopodium album*-ը աղային սթրեսի պայմաններում դրսևորել է հարաբերական հարմարվողականություն, սակայն աղակալման աստիճանի աճին զուգընթաց արձանագրվել է մորֆոլոգիական և ֆիզիոլոգիական ցուցանիշների նվազում: Միաժամանակ ZnO-NPs -ի և Zn-NFs -ի կիրառումը էականորեն մեղմել է աղային սթրեսի բացասական ազդեցությունը՝ նպաստելով բույսերի աճի, կենսազանգվածի և կենսունակության պահպանմանը: Նանոնյութերի կիրառումը փոխել է *C. album* բույսերի արձագանքը աղային սթրեսի պայմաններում՝ նպաստելով աղադիմացկունության և հետևաբար ֆիտոաղազերծման գործընթացի արդյունավետության բարձրացմանը: Թույլ աղակալման պայմաններում նանոնյութերի ազդեցությունը դրսևորվել է հիմնականում իոնների վերաբաշխման մակարդակում: Այս դեպքում ZnO-NPs -ի կիրառումը նպաստել է Cl^- իոնների համեմատաբար ավելի շատ կուտակմանը բույսի վերգետնյա օրգաններում: Չափավոր աղակալման պայմաններում նանոնյութերի ազդեցությունը դարձել է ավելի արտահայտված: ZnO-NPs -ով մշակված մեկ բույսի ընձյուղով հեռացված Na^+ և Cl^- իոնների զանգվածները կազմել են համապատասխանաբար 85,0 մգ և 89,4 մգ, իսկ Zn-NFs -ի

կիառման դեպքում՝ 78,3 մգ և 82,7 մգ՝ գերազանցելով ստուգիչ խմբի համապատասխան արժեքները, ինչը պայմանավորված է ինչպես իոնների տեղափոխման ակտիվացմամբ, այնպես էլ կենսազանգվածի պահպանմամբ աղային սթրեսի պայմաններում (գծապատկեր 5): Ուժեղ աղակալման պայմաններում տարբերությունները առավել հստակ են դրսևորվել: ZnO-NPs-ի կիրառման դեպքում մեկ բույսի ընձյուղով հեռացված Na^+ -ի զանգվածը հասել է 138,4 մգ-ի, իսկ Cl^- -ը՝ 101,6 մգ-ի: Zn-NFs-ի կիրառումը ևս ապահովել է բարձր արժեքներ (մոտ 127,9 մգ Na^+ և 96,6 մգ Cl^-): Կարևոր է ընդգծել, որ այս աճը պայմանավորված է ոչ թե իոնների անվերահսկելի կուտակմամբ, այլ բույսի աղադիմացկունության բարձրացմամբ, ինչը դրսևորվել է իոնային հոմեոստազի հարաբերական կայունացմամբ, K^+/Na^+ հարաբերակցության բարձրացմամբ և կենսազանգվածի նվազագույն կորստով: Ընդհանուր առմամբ, ստացված արդյունքները վկայում են, որ նանոմշակումները նպաստում են *C. album*-ի աղադիմացկունության և ֆիտոաղազերծման գործընթացի բարձրացմանը՝ հատկապես չափավոր և ուժեղ աղակալման պայմաններում:



Գծապատկեր 5. Աղային սթրեսի ազդեցությունը *C. album* բույսերի աղազերծման ներուժի վրա (n = 3, P < 0,05)

ԵՐՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Կատարված հետազոտության արդյունքների հիման վրա կարելի է ձևակերպել հետևյալ եզրակացությունները.

- ✓ Արմավիրի մարզի հողատարածքների հետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ 0-10 սմ շերտում չաղակալված, թույլ, չափավոր, ուժեղ և ծայրահեղ աղակալված հողերը կազմում են համապատասխանաբար՝ 42,27%, 29,90%, 20,50%, 6,0% և 1,33%: 10-30 սմ շերտում չաղակալված հողերը կազմում են 47,90%, թույլ աղակալված հողերը՝ 32,50%, չափավոր աղակալված հողերը՝ 16,80%, ուժեղ և ծայրահեղ աղակալված հողերը համապատասխանաբար՝ 2,70% և 0,10%: 30–60 սմ շերտում չաղակալված, թույլ, չափավոր, ուժեղ և ծայրահեղ աղակալված հողերը կազմում են համապատասխանաբար՝ 55,66%, 34,30%, 8,80%, 1,20% և 0,04%: 60–100 սմ շերտում չաղակալված հողերը կազմում են 75,59%, թույլ աղակալված հողերը՝

18,90%, մինչդեռ չափավոր, ուժեղ և ծայրահեղ աղակալված հողերը համապատասխանաբար՝ 4,80%, 0,70% և 0,01%:

- ✓ Հողի պրոֆիլում լուծելի աղերի կուտակման և լվացման բնույթը պայմանավորված է մի շարք գործոնների համադրությամբ: Մասնավորապես, գրունտային ջրերի բարձր մակարդակի պայմաններում կապիլյար բարձրացման մեխանիզմով աղերը կուտակվում են հողի վերին հորիզոններում՝ նույնիսկ համեմատաբար լավ որակի ոռոգման ջրի կիրառման դեպքում, մինչդեռ գրունտային ջրերի ցածր մակարդակի և բավարար լվացման պայմաններում աղերը տեղափոխվում են դեպի խորքային շերտեր: Ընդհանուր առմամբ, ուսումնասիրված դիտակետերի համեմատական վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ հողաշերտի տարբեր հորիզոններում աղերի կուտակման և լվացման բնույթը չի կարող բացատրվել միայն մեկ գործոնով. այն ձևավորվում է գրունտային ջրերի մակարդակի, ոռոգման ջրերի քիմիական բաղադրության, գոլորշիացման, հողի տեքստուրայի և տարածքի բնական դրենաժային պայմանների համակցված ազդեցությամբ, ինչն ընդգծում է համալիր մշտադիտարկման և հողաբարելավման միջոցառումների անհրաժեշտությունը:
- ✓ *Chenopodium album* L. բուսատեսակը դրսևորել է բարձր ֆիտոաղազերծման ներուժ՝ պայմանավորված ինչպես իոնների ինտենսիվ կուտակմամբ, այնպես էլ աղային սթրեսի պայմաններում կենսունակության և կենսազանգվածի պահպանմամբ: Կավային հողում աճեցված մեկ բույսի ընծյուղի միջոցով հեռացվել է 177,4–379,8 մգ Na⁺ և 815,9–971,3 մգ Cl⁻, իսկ կավավազային հողում՝ 178,2–549,8 մգ Na⁺ և 875,7–1186,8 մգ Cl⁻ կախված աղակալման աստիճանից: Այսպիսով, բույսը ապահովել է Na⁺ և Cl⁻ իոնների զգալի կուտակում վերգետնյա օրգաններում և դրանց արդյունավետ հեռացում հողից՝ պահպանելով կենսունակությունը նույնիսկ ծայրահեղ աղակալման պայմաններում, ինչը թույլ է տալիս այն գնահատել որպես խոստումնալից բուսատեսակ աղակալված հողերի կենսաբանական վերականգնման համար:
- ✓ *Portulaca oleracea* L. բուսատեսակը բնութագրվել է աղային սթրեսի նկատմամբ արտահայտված հարմարվողականությամբ՝ դրսևորելով կայուն ֆիտոաղազերծման կարողություն, ինչը պայմանավորված է սուկուլենտության ձևավորման շնորհիվ ջրային հաշվեկշռի պահպանմամբ և իոնների կուտակմամբ վերգետնյա օրգաններում: Այսպես, մեկ բույսի ընծյուղի միջոցով կավային հողից կարելի է հեռացնել 236,1–242,0 մգ Na⁺ և 420,2–446,2 մգ Cl⁻, իսկ կավավազային հողից՝ 277,7–490,9 մգ Na⁺ և 510,7–547,1 մգ Cl⁻ կախված աղակալման աստիճանից: Տվյալ տեսակը ապահովել է իոնների կլանում նույնիսկ ծայրահեղ աղակալման պայմաններում, և կարող է դիտարկվել կիրառական տեսանկյունից արժեքավոր բուսատեսակ աղակալված հողերի կենսաբանական վերականգնման և ֆիտոաղազերծման գործընթացում:
- ✓ *Amaranthus retroflexus* L.-ը ևս դրսևորել է աղազերծման կարողություն՝ ապահովելով Na⁺ և Cl⁻ իոնների կլանում և տեղափոխում վերգետնյա օրգաններ, սակայն կուտակման ինտենսիվությունը եղել է համեմատաբար ավելի ցածր՝ ուսումնասիրված մյուս բուսատեսակների հետ համեմատած: Մեկ բույսի ընծյուղի միջոցով կավավազային հողից հեռացվել է 55,3–115,2 մգ Na⁺ և 77,1–144,9 մգ Cl⁻ կախված աղակալման աստիճանից: Տվյալ տեսակը ապահովել է իոնների հեռացում, սակայն ընդհանուր արդյունավետությունը սահմանափակվել է կենսազանգվածի

կրճատմամբ, ինչի հետևանքով այն կարելի է գնահատել որպես միջին արդյունավետության ֆիտոաղազերժող տեսակ:

- ✓ Ցինկի օքսիդի նանոմասնիկների և խելատացված ցինկի նանոպարարտանյութի կիրառումը նպաստել է *C. album* բույսերի աղադիմացկունության և ֆիտոաղազերժման գործընթացի արդյունավետության բարձրացմանը՝ պայմանավորելով մորֆոֆիզիոլոգիական ցուցանիշների բարելավում, իոնային հոմեոստազի հարաբերական կայունացում և բույսերի կենսունակության պահպանում աղային սթրեսի պայմաններում: Առավել արտահայտված դրական ազդեցություն է ունեցել ZnO-NPs-ի կիրառումը՝ նպաստելով Na^+ և Cl^- ֆիտոաղազերժման ներուժի բարձրացմանը համապատասխանաբար 4,5%-ով և 6,3%-ով՝ չափավոր աղակալման պայմաններում և 8,1%-ով և 9,3%-ով՝ ուժեղ աղակալման պայմաններում՝ համեմատած իրենց համապատասխան չմշակված ստուգիչ բույսերի հետ:
- ✓ Ուսումնասիրված բուսատեսակների համեմատական վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ֆիտոաղազերժման արդյունավետությունը պայմանավորված է ոչ միայն իոնների կլանման և կուտակման ինտենսիվությամբ, այլև բույսերի կողմից բավարար կենսազանգվածի ձևավորման և կենսունակության պահպանման կարողությամբ աղային սթրեսի պայմաններում: Այս համատեքստում առավել արդյունավետ են այն բուսատեսակները, որոնք աղային սթրեսի պայմաններում ապահովում են ինչպես իոնների կուտակում, այնպես էլ դրանց տեղափոխում վերգետնյա օրգաններ՝ առանց կենսագործունեության էական ճնշման, ինչը պետք է դիտարկել որպես աղակալված հողերի նպատակային կառավարման և կենսաբանական բարելավման գիտական հիմք:

Ատենախոսության թեմայով հրատարակված աշխատանքների ցանկ

1. Գ.Հ. Մարգարյան, Հ.Է. Խաչատրյան, Կ.Ա. Ղազարյան. Էջմիածնի տարածաշրջանի գյուղատնտեսական նշանակության հողատարածքների աղակալվածության աստիճանի գնահատումը: Հայաստանի կենսաբանական հանդես, 2023, 2-3 (75), էջ 32-43. <https://doi.org/10.54503/0366-5119-2023.75.2-3-32>
2. Ghazaryan K.A., Margaryan G.H., Minkina T.M., Rajput V.D., Movsesyan H.S. *Chenopodium album* L.: a promising NaCl accumulating and tolerant plant for mitigation of salinity stress. Brazilian Journal of Botany, 2024, 1, pp. 1-20. <https://doi.org/10.10-07/s40415-023-00974-w>
3. A. Singh, G. Margaryan, A. Harutyunyan, H. Movsesyan, H. Khachatryan, Rajput V.D., T. Minkina, A. Alexiou, D. Petropoulos, A. Kriemadis, H. El-Ramady, K. Ghazaryan. Advancing Agricultural Resilience in Ararat Plain, Armenia: Utilizing Biogenic Nanoparticles and Biochar under Saline Environments to Optimize Food Security and Foster European Trade. Egyptian Journal of Soil Science, 2024, Vol. 64(2), pp. 459-483. <https://doi.org/10.21608/EJSS.2024.257000.1703>
4. G.H. Margaryan. Soil salinization in the agricultural lands of Armavir and Baghranyan regions: ԵՊՀ գիտական տեղեկագիր. Քիմիա և կենսաբանություն: 2024, 58(1), էջ 95-106. <https://doi.org/10.46991/PYSU:B.20-24.58.1.095>
5. G. Margaryan, A. Singh, H. Khachatryan, Rajput V.D., T. Minkina, D. Petropoulos, A. Kriemadis, A. Alexiou, Mohamed S.E., Abd El-Zaher M.A. Mustafa., Ghazaryan K. Unveiling the salinity tolerance potential of Armenian Dandur (*Portulaca oleracea* L.)

- genotypes: Enhancing sustainable agriculture and food security. Journal of King Saud University-Science, 2024, Vol. 36, Issue 8, p. 103332. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2024.103332>
6. A. Singh, B. Tomar, G. Margaryan, P. Rajput, T. Minkina, S. Mandzhieva, Mohamed S.E., Chena S.M., Rupesh K.S., El-Ramady H.R., Singh A.K., O. Singh, K. Ghazaryan. Emerging Technologies for Sustainable Soil Management and Precision Farming. Nanotechnology Applications and Innovations for Improved Soil Health. 2024, Vol. 1, pp. 210-235. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1471-5.ch010>
 7. K. Ghazaryan, S. Agrawal, G. Margaryan, A. Harutyunyan, P. Rajput, H. Movsesyan, Rajput V.D., Rupesh K.S., T. Minkina, Mohamed S.E., Mona S.A., A. Alexiou, M. Papadakis, Ricardo J.S., A. Singh. Soil pollution: an agricultural and environmental problem with nanotechnological remediation opportunities and challenges. Discover Sustainability, 2024, Vol. 5(453), pp. 1-33. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00666-9>
 8. A. Singh, K. Ghazaryan, G. Margaryan, H. Khachatryan, Rajput V.D., T. Minkina. Enhancing crop food security in the Ararat Plain region of Armenia: harnessing arid soil resources and biogenic nanoparticles for salinity-resilient cultivation. Sustainable Agriculture: Nanotechnology, Biotechnology, Management and Food Security. 2024, Vol. 1, pp. 49-71. <https://doi.org/10.1515/9783111369754-003>
 9. G. Margaryan, A. Singh, Rajput V.D., Elshikh M.S., S. Rawat, K. Ghazaryan. Salinity tolerance and growth response of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.): a comprehensive evaluation. PeerJ, 2025, 13:e19717, pp. 1-28. <http://doi.org/10.7717/peerj.19717>
 10. K. Ghazaryan, G. Margaryan, H. Movsesyan. *Chenopodium album* as a perspective plant for saline soil phytoremediation. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Managing salt-affected soils for a sustainable future. Proceedings of the Second Meeting of the International Network of Salt-Affected Soils (INSAS). Tashkent/Nukus, Uzbekista. 2023, p. 21.
 11. Ղազարյան Կ.Ա., Մովսեսյան Հ.Ս., Խաչատրյան Հ.Է., Գրիգորյան Կ.Կ., Գևորգյան Ա.Գ., Մարգարյան Գ.Հ., Հարությունյան Ա.Ս. Գյուղատնտեսական հողատարածքների աղակալումը որպես արդի էկոլոգիական հիմնախնդիր. Դրանք բարելավման նորարարական մեթոդները: Համահայկական գիտաժողով 2023, Գիտաժողովի նյութերի հավաքածու, էջ 67, Երևան, Հայաստան:
 12. Margaryan G., Singh A., Khachatryan H., Ghazaryan K. An extensive analysis of salinity tolerance of *Portulaca oleracea* L. for sustainable agriculture. Global NEST-International Conference on Environmental Science and Technology series. Proceedings of the 19th International Conference on Environmental Science and Technology. Kos, Greece. 2025, p. 152, ISSN 2944-9820.
 13. G.H. Margaryan, H.S. Movsesyan, A.R. Singh, K.A. Ghazaryan. Assessment of soil salinization degree of agricultural lands: case study of Etchmiadzin region. Catchment-River-Estuary: Studies of Soil Erosion, Channel and Estuary Processes. Rostov-on-Don, Russian Federation, 2025, p. 159.
 14. G. Margaryan, A. Singh, H. Khachatryan, K. Ghazaryan. Physiological and Biochemical Responses of Salt-Tolerant Cultivated *Amaranthus ultra* to Salinity Stress. Journal of Innovative Solutions for Eco-Environmental Sustainability. Yerevan, Armenia. Special Issue No. 1, 2025.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАСОЛЕННОСТИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УГОДИЙ АРМАВИРСКОЙ
ОБЛАСТИ И ПУТИ ИХ УЛУЧШЕНИЯ

РЕЗЮМЕ

В настоящее время деградация земельных ресурсов представляет собой глобальную экологическую и социально-экономическую проблему, обусловленную изменением климата, неэффективным управлением водными ресурсами и усилением антропогенного воздействия. Засоление является одной из основных причин деградации почв и снижения их продуктивности. Оно приводит к формированию осмотического и ионного стресса, нарушающего водный режим, ионный гомеостаз и фундаментальные метаболические процессы растений, что в итоге ограничивает их рост. Проблема засоления почв актуальна и для Араратской равнины Республики Армения, в частности для Армавирской области, где аридные климатические условия, неэффективная организация орошения, а также недостаточная эффективность дренажных систем способствуют интенсификации процессов засоления. В результате этого почвы постепенно утрачивают свою производственную и экологическую ценность, что требует системного подхода к их управлению и улучшению. С учётом вышеизложенного целью работы являлась оценка степени засоленности почв Армавирской области Республики Армения, выявление основных факторов, приведших к ухудшению экологического состояния, а также, на основе особенностей почвенных типов и природно-климатических условий региона, разработка эффективных путей улучшения засоленных почв с применением инновационных методов.

Анализ результатов исследования показывает, что в изученных почвенных образцах наблюдается широкий диапазон степени засоления, от незасоленных до крайне засоленных, что чётко связано с текстурой почвы, уровнем грунтовых вод и гидрологическими особенностями территории. С увеличением глубины почвенного профиля отмечается рост пространственной доли незасоленных почв, при одновременном снижении доли умеренно, сильно и крайне засоленных почв. На основе полученных результатов были составлены тематические карты, отражающие пространственное распределение засоления почв в Армавирской области по почвенным горизонтам. В целом пространственный анализ карт показывает, что почвы с высокой степенью засоления в Армавирской области преимущественно сосредоточены в центральной части региона с распространением в восточном и юго-западном направлениях, тогда как в западных и северных частях степень засоления относительно ниже. Выявленные пространственные закономерности имеют важное значение с точки зрения эффективного управления сельскохозяйственными землями региона, ремедиации засоленных почв и оптимизации организации оросительных процессов.

С учётом данного обстоятельства особую значимость приобретает разработка и применение эффективных и одновременно экологически безопасных подходов к восстановлению засоленных почв. В этом контексте одним из наиболее перспективных направлений является фитодесалинизация, основанная на способности растений поглощать, накапливать и удалять соли из почвы. В последние годы с целью повышения эффективности данного процесса особое внимание уделяется применению нанотехнологий, которые способны регулировать физиологические и биохимические реакции растений на солевой стресс. Сравнительный анализ исследованных нами видов *Chenopodium album* L., *Portulaca oleracea* L. и *Amaranthus retroflexus* L. показывает, что их реакция на солевой стресс и эффективность фитодесалинизации обусловлены как особенностями поглощения и перераспределения ионов, так и способностью к формированию биомассы. Полученные результаты свидетельствуют, что *Portulaca oleracea* L. характеризуется выраженной адаптивностью к солевому стрессу, формирующейся за счёт взаимосвязанных морфологических, физиологических и биохимических механизмов. В целом полученные результаты позволяют рассматривать *Portulaca oleracea* L. как ценный с прикладной точки зрения вид для биологической

рекультивации засоленных почв и процесса фитодесалинизации. *Amaranthus retroflexus* L. проявил средний уровень адаптивной реакции, характеризующийся ограничением транспорта ионов Na^+ в надземные органы и относительным сохранением ионов K^+ , однако тенденция к снижению биомассы с увеличением интенсивности засоления в определённой степени ограничивала эффективность процесса фитодесалинизации. *Chenopodium album* L. проявил более выраженную адаптивную реакцию и высокий потенциал фитодесалинизации в условиях солевого стресса. Несмотря на то, что при высоких и экстремальных уровнях засоления наблюдалось угнетение ряда физиологических показателей, тем не менее *C. album* сохранял жизнеспособность и продолжал формировать достаточную биомассу, обеспечивая эффективное накопление солей, а при применении нанобработок было зафиксировано повышение солеустойчивости при относительном сохранении биомассы, что способствовало повышению эффективности процесса фитодесалинизации. Таким образом, полученные результаты показывают, что оценка степени засоленности почв в сочетании с комплексным изучением реакции растений позволяет предложить эффективные биологические подходы к восстановлению засоленных почв. Применение нанотехнологий может рассматриваться как перспективное направление для повышения эффективности процесса фитодесалинизации и улучшения засоленных почв. Полученные данные могут служить научной основой для разработки стратегий, направленных на управление засоленными почвами и повышение сельскохозяйственной продуктивности.

ASSESSMENT OF SALINIZATION DEGREE OF LANDS IN ARMAVIR REGION AND
APPROACHES FOR THEIR IMPROVEMENT

SUMMARY

At present, the degradation of land resources represents a major global environmental and socio-economic challenge, driven by climate change, inefficient management of water resources, and the intensification of anthropogenic impacts. Salinization is one of the principal causes of soil degradation and declining productivity. It leads to the development of osmotic and ionic stress, which disrupts plant water relations, ion homeostasis, and fundamental metabolic processes, thereby limiting plant growth. The problem of soil salinization is also highly relevant in the Ararat Plain of the Republic of Armenia, particularly in the Armariv region, where arid climatic conditions, inefficient irrigation practices, and the inadequate functioning of drainage systems contribute to the intensification of salinization processes. As a result, soils gradually lose their productive and ecological value, necessitating a systematic approach to soil management and improvement. Considering the above, the aim of this study was to assess the degree of soil salinity in the Armariv region of RA, to identify the main factors leading to the deterioration of ecological conditions, and, based on the specific characteristics of soil types as well as natural and climatic conditions of the region, to propose effective strategies for the improvement of saline soils through the application of innovative methods.

Analysis of the research results indicates that the studied soil samples exhibit a wide range of salinity levels, from non-saline to extremely saline, clearly associated with soil texture, groundwater table depth, and the hydrological characteristics of the area. With increasing soil profile depth, an increase in the spatial proportion of non-saline soils is observed, accompanied by a corresponding decrease in moderately, highly, and extremely saline soils. Based on the obtained results, thematic maps were developed to illustrate the spatial distribution of soil salinity across different soil horizons in the Armariv region. Overall, the spatial analysis of these maps shows that soils with high salinity levels are predominantly distributed from the central part of the region towards the eastern and southwestern areas, whereas the western and northern parts are characterized by relatively lower salinity levels. These identified spatial patterns are of considerable importance for the effective management of agricultural lands in the region, the remediation of saline soils, and the optimization of irrigation practices.

Considering this circumstance, the development and application of effective and, at the same time, environmentally safe approaches to the restoration of saline soils become particularly important. In this context, one of the most promising approaches is phytodesalination, which is based on the ability of plants to absorb, accumulate, and remove salts from the soil. In recent years, special attention has been paid to the application of nanotechnologies to enhance the efficiency of this process, as they can regulate the physiological and biochemical responses of plants to salt stress. A comparative analysis of the studied plant species *Chenopodium album* L., *Portulaca oleracea* L., and *Amaranthus retroflexus* L. demonstrates that their responses to salt stress and the efficiency of phytodesalination are determined both by the characteristics of ion uptake and redistribution and by their capacity for biomass production. The results indicate that *Portulaca oleracea* L. is characterized by pronounced adaptability to salt stress, which is achieved through interconnected morphological, physiological, and biochemical mechanisms. Overall, the obtained results allow *Portulaca oleracea* L. to be considered a species of high applied value for the biological reclamation of saline soils and the phytodesalination process. *Amaranthus retroflexus* L. exhibited a moderate adaptive response, characterized by restricted transport of Na⁺ ions to the aboveground organs and a relative maintenance of K⁺ levels; however, with increasing salinity intensity, the observed decline in biomass partially limited the efficiency of the phytodesalination process. *Chenopodium album* L. demonstrated a more pronounced adaptive response and a high phytodesalination potential under salt stress conditions. Despite the suppression of certain physiological parameters under high and extreme salinity levels, *Chenopodium album* maintained

viability and continued to produce sufficient biomass, ensuring effective salt accumulation. Under the application of nanotreatments, an increase in salt tolerance was observed, accompanied by a relative preservation of biomass, which contributed to enhancing the efficiency of the phytodesalination process. Thus, the obtained results demonstrate that the assessment of soil salinity levels, combined with an integrated analysis of plant responses, enables the development of effective biological approaches for the restoration of saline soils. The application of nanotechnologies can be considered a promising direction for enhancing the efficiency of the phytodesalination process and improving saline soils. The data obtained may serve as a scientific basis for the development of strategies aimed at the management of saline soils and the enhancement of agricultural productivity.

