



Հայաստանի կենսաբ. հանդես, 3 (72), 2020

ՀՈՂԻ ՖԵՐՄԵՆՏԱՅԻՆ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ԱՍՊԵԿՏՆԵՐԸ

Հ.Է. ԽԱԶԱՏՐՅԱՆ¹, Կ.Ա. ՂԱԶԱՐՅԱՆ², Հ.Ս. ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ²

¹ Հայաստանի ազգային ագրարային համալսարան,
hkhachatryan84@gmail.com

² Երևանի պետական համալսարան,
kgazaryan@ysu.am, hasmikmov@ysu.am

Հոդվածում ամփոփված են հողի կենսաբանական ակտիվությունը բնութագրող ֆերմենտների ու դրանց ներգործության առանձնահատկությունները: Նկարագրված է հողում պարունակվող տարբեր ֆերմենտների կապը հողի հատկությունների, ռեժիմների, սննդատարրերի ու մշակաբույսերի բերքատվության ցուցանիշների հետ: Լուսաբանված են հողային տարբեր ֆերմենտների ակտիվության ցուցանիշների կիրառական ինտրավորությունները՝ կապված աղտոտված ու աղակալած հողատարածքների բարելավման, ինչպես նաև ընդհանուր արտադրողականության բարձրացման հետ:

Հողի կենսաբանական ակտիվություն – ֆերմենտային ակտիվության ցուցանիշ –
աղտոտված հող – ծանր մետաղ

В данной обзорной статье обобщены особенности ферментов и их воздействий, характеризующие биологическую активность почвы. Описана связь различных почвенных ферментов со свойствами почвы, режимами, питательными веществами и показателями урожайности. Продемонстрированы возможности практического применения показателей активности различных ферментов почвы для улучшения загрязненных и засоленных почв, а также для повышения общей продуктивности.

Биологическая активность почвы – показатель ферментативной активности –
загрязненная почва – тяжелый металл

This article summarizes the peculiarities of enzymes and their effects that characterize soil biological activity. The connection of different soil enzymes with soil properties, regimes, nutrients and indices of crop yields is described. The practical application capabilities of indices of soil various enzyme activities are demonstrated to improve polluted and saline soils, as well as to increase overall productivity.

Soil biological activity – indicator of enzymatic activity – polluted soil – heavy metal

Հոդում ֆերմենտների աղբյուր են հանդիսանում բույսերը, միկրոօրգանիզմները և հողային ֆաունան: Կենդանի օրգանիզմների մահից հետո դրանց բջիջների ավտոլիզի արդյունքում ֆերմենտների մի մասը ինակտիվանում է և քայքայվում, իսկ մյուս մասը

կլանվում է հողի պինդ ֆազի կողմից և երկար ժամանակ պահպանում իր ակտիվությունը [6, 22, 24]:

Ֆերմենտային պրոցեսների հատուկ դերը պայմանավորված է նրանով, որ ֆերմենտները, հանդիսանալով կատալիզատորներ, ապահովում են օրգանական նյութերի փոխակերպման ռեակցիաների 10^9 - 10^{13} անգամ ավելի բարձր արագություն, քան համանման քիմիական ռեակցիաները [19]:

Հայտնի է, որ հողում առկա ավելի քան 2500 հայտնի ֆերմենտներից թեստավորվել է ոչ ավելի քան 50-ի ակտիվությունը: Հողում հայտնի ֆերմենտային ակտիվության ճշդոր մեծամասնությունը ներկայացված է տարբեր հիդրոլիտիկ ակտիվությամբ, բայց կան տեղեկություններ օքսիդառեդուկտազային, տրանսֆերազային, լիազային և իզոմերազային ակտիվության վերաբերյալ, որոնք դեռևս խորությամբ ուսումնասիրված չեն [18]:

Հեղինակների բնորոշմամբ, ֆերմենտային պրոցեսների հետազոտությունը տարբեր գենետիկական հողատիպերում տալիս է հնարավորություն օգտագործելու դրանց ակտիվությունը որպես հողերի բերրիության մակարդակի լրացուցիչ դիագնոստիկ ցուցանիշ: Ֆերմենտային ակտիվությունը ցույց է տալիս հողում ընթացող կենսաափոխական պրոցեսների ինտենսիվությունն ու ուղղությունը և կարող է հանդիսանալ դրա կենսաբանական վիճակի զգայուն ինդիկատոր [5, 6, 7]:

Գրիգորյանի և Գալստյանի [6, 8] կարծիքով ֆերմենտների ակտիվությունը հանդիսանում է հողի ծագումը բնութագրող համեմատաբար ավելի կայուն և զգայուն ցուցանիշ, քան օրինակ, մանրէակենսաբանական պրոցեսների ինտենսիվությունը, հողից արտազատվող ածխաթթու գազի քանակը, միկրոֆլորայի և զոոֆաունայի բնակչությունն ու բազմազանությունը:

Հողի և մթնոլորտի միջև մշտապես տեղի ունեցող գազափոխանակությունը Ա.Գ. Դոյարենկոն անվանեց հողի «շնչառություն»: Այժմ հողի «շնչառություն» տերմինի տակ հասկացվում է ածխաթթու գազի առավելագույն արտազատումը հողից: Հողում առաջացող ածխաթթու գազի բնակչությունը սերտորեն կապված է կենսաբանական և կենսաափոխական պրոցեսների հետ, և այն կարող է բնութագրել ոչ միայն գազափոխանակության ինտենսիվությունը, այլ նաև հողի ընդհանուր կենսաբանական ակտիվության մակարդակը [15]:

Հեղինակները [3, 25] նշում են, որ եթե հողի շնչառության ինտենսիվությունը բնութագրում է հողի ընդհանուր կենսաբանական ակտիվությունը, ապա, ուսումնասիրելով ֆերմենտային ակտիվությունը, կարելի է դատողություններ անել հողի ամոնիֆիկացման և նիտրիֆիկացման ունակության վերաբերյալ:

Հողի ֆերմենտային ակտիվության ու բերրիության միջև գոյություն ունի դրական կորելյացիոն կապ և ֆերմենտային ակտիվությունը համարվում է հողի բերրիությունը բնորոշող չափանիշներից մեկը: Ֆերմենտային ակտիվությունը գտնվում է ֆունկցիոնալ կախվածության մեջ հողի կենսաբանական վիճակից, և այդ պատճառով որոշ ֆերմենտներ, որոնք մեծ դեր են խաղում ազոտի, ֆոսֆորի ու ածխածնի շրջապտույտում, կարելի է օգտագործել որպես հողը և դրա էկոլոգիական վիճակը բնորոշող ինդիկատորներ: Հողի ֆերմենտային ակտիվության և բերրիության միջև կապը կայանում է նրանում, որ համապատասխան ֆերմենտի ակտիվ մասնակցությամբ բույսերի համար ոչ մատչելի ազոտ, ֆոսֆոր, ածխածին և այլ տարրեր պարունակող օրգանական միացությունները քայքայվում են, վերածվելով բույսերի սննդառության համար մատչելի ձևերի, ինչը ունի գործնական նշանակություն [17, 31]:

Ինվերտազ, ֆոսֆատազ ֆերմենտների ակտիվության և հողում հումուսի, սննդատարրերի պարունակության ու գյուղատնտեսական մշակաբույսերի բերքատվության միջև առկա է դրական կորելյացիոն կապ [2, 8]:

Հաստատված է դրական կորելյացիոն կապ՝ ֆոսֆատազ ֆերմենտի ակտիվության և ինվերտազ, ուրեազ, կատալազ ֆերմենտների ակտիվությունների, միկրոօրգանիզմների ընդհանուր քանակության և հողում շարժուն սննդատարրերի՝ մասնավորապես ֆոսֆորի միջև [4, 10]:

Հողի բերրիության նշանակալի մակարդակը ձևավորվում է դրանում ընթացող կենսաափոխական պրոցեսների արդյունքում, որոնք տեղի են ունենում բազմաթիվ

ֆերմենտների ակտիվ մասնակցությամբ: Հետևաբար, ֆերմենտային ակտիվության ուսումնասիրումը տեխնածին նյութերով աղտոտված հողում ունի տեսական և գործնական մեծ նշանակություն, որն օբյեկտիվորեն կարող է բնութագրել բարելավման մակարդակը [21, 24]:

Հետազոտողների [9, 13, 27] հավաստիացմամբ հողի կենսաբանական ակտիվությունը ուսումնասիրում են տարբեր նպատակներով: Դա կարող են լինել տարբեր ագրոքիմիական, ագրոտեխնիկական կամ մելիորատիվ միջոցառումների ազդեցությամբ տեղի ունեցած փոփոխությունների համեմատական ուսումնասիրություններ:

Հողի կենսաբանական ակտիվության բարձրացումը սովորաբար ուղեկցվում է միկրոօրգանիզմների թվաքանակի ավելացմամբ, որը անկասկած, պայմանավորված է ֆերմենտային ակտիվության խթանող հատկությամբ: Միաժամանակ ավելանում է այն միկրոօրգանիզմների քանակը, որոնք ավելի բարձր կայունություն են ցուցաբերում ծանր մետաղների տոքսիկ ազդեցության նկատմամբ [23, 29]:

Գալստյանի [6] բնորոշմամբ հողի կարբոնատայնությունը հանդիսանում է այն կարևոր գործոններից մեկը, որը ակտիվացնում է որոշ միկրոօրգանիզմների խմբերի կենսազործունեությունը, մանրէակենսաբանական պրոցեսները և ուժեղացնում հողից CO₂-ի արտազատման ինտենսիվությունը:

Աբրահամյանի [5] հավաստիացմամբ, հողային միջավայրի ռեակցիայի փոփոխությունը իր հերթին ազդում է միկրոօրգանիզմների կենսագործունեության վրա՝ ակտիվացնում է որոշ խմբերին և միաժամանակ ճնշում մյուսներին: Հետևաբար, հողի ֆերմենտային ակտիվության մակարդակը մեծ չափով կախված է միջավայրում ջրածնային իոնի խտությունից:

Հողային ֆերմենտներից յուրաքանչյուրը ակտիվ գործում է իրեն բնորոշ pH-ի միջակայքում, որը տվյալ ֆերմենտի համար կոչվում է օպտիմալ: Միջավայրի ռեակցիայի փոփոխության ժամանակ օպտիմալից թթվային կամ հիմնային միջակայք, որտեղ ֆերմենտի մոլեկուլները ձեռք են բերում դրական կամ բացասական լիցք, նկատվում է ֆերմենտի ակտիվության նվազում կամ նույնիսկ լրիվ կորուստ [13, 22, 30]:

Տեխնածին աղտոտված հողերում ծանր մետաղները, ինչպես հաստատում են մի շարք հետազոտությունների արդյունքները, բացասական ազդեցություն են թողնում նաև հողի կենսաբանական ակտիվությունը բնորոշող ֆերմենտների (ինվերտազ, ֆոսֆատազ, ուրեազ, կատալազ) ակտիվության և հողի շնչառության ինտենսիվության վրա:

Ծանր մետաղներով աղտոտված հողերում ինվերտազ, ֆոսֆատազ, ուրեազ ֆերմենտների ակտիվությունը և հողի շնչառության ինտենսիվությունը փոփոխվում են լայն սահմաններում, ինչը կախված է մետաղի տեսակից ու աղտոտվածության աստիճանից:

Հողում պարունակվող ծանր մետաղների փոքր խտությունը, որպես միկրոտարբեր, նպաստում է հողի ֆերմենտային ակտիվության բարձրացմանը, իսկ դրանց բարձր խտությունները հանդիսանում են ինհիբիտորներ, հանգեցնելով հողային մի շարք ֆերմենտների ակտիվության նվազման [12, 26, 28]:

Կրասնոպան [14] ծանր մետաղների փոքր խտությունների ազդեցության ներքո ֆերմենտային ակտիվության ուժեղացումը բացատրում է տարբեր պատճառներով՝ մասնավորապես, մետաղները ընդունակ են նպաստել ֆերմենտի ակտիվ կենտրոնի և սուբստրատի միջև կոորդինացիոն կապերի առաջացմանը, պահպանել ֆերմենտի մոլեկուլի կառուցվածքի և դրա ակտիվ կենտրոնի որոշակի յուրահատկությունները, փոխել ֆերմենտային ռեակցիայի հավասարակշռության հաստատումը կամ ֆերմենտի սպիտակուցային մասի մակերեսային լիցքը: Բացի դրանից, մետաղների իոնները կարող են միջավայրից հեռացնել ինհիբիտորներին, կապելով դրանց կոմպլեքսի տեսքով, կամ նպաստել, որպեսզի վերջիններս վերածվեն նստվածքի: Ծանր մետաղների բարձր խտությունների ճնշող ազդեցությունը հողի ֆերմենտային ակտիվության վրա բացատրվում է նրանով, որ դրանք սպիտակուցների համար հանդիսանում են նստվածքազոյացնողներ: Նշված երևույթը կապված է այն հանգամանքի հետ, որ մետաղների իոնները միանում են թիոլային, ամինային և կարբոքսիլային խմբերին:

Ըստ Կրասնովայի [14], որոշ ծանր մետաղների խթանող ազդեցության կենսա-բիմիական եւթյունը կայանում է նրանում, որ այդ մետաղները ակտիվացնում են ֆեր-մենտներին, ծառայելով վերջիններիս համար որպես ակտիվատորներ: Այսպես, կապարը հանդիսանում է ակտիվատոր ֆոսֆոգլյուկոմուտազի, կադմիումը՝ կարբոքսիլազի, ցինկը՝ կարբոքսիլազի, էնոլազի և հիմնային ֆոսֆատազի համար:

Հողի ֆերմենտային ակտիվության վրա ծանր մետաղների տոքսիկ ազդեցության աստիճանը նշանակալի չափով կախված է հողատիպից և հատկապես դրանում պարունակվող հումուսի քանակությունից [1, 3, 8]:

Հարավային սևահողերում կապարի՝ 1000 մգ/կգ և կադմիումի՝ 50 մգ/կգ խտու-թյան դեպքում նվազում է բոլոր ֆերմենտների ակտիվությունը, բայց այդ բացասական ազդեցությունը ավելի շատ ենթարկվում է ֆոսֆատազ ֆերմենտը, և ավելի պակաս՝ կատալազը: Միկրոբոցենոզների բաղադրության փոփոխություն նկատվում է հողում պարունակվող կապարի 30-100մգ/կգ խտությունից սկսած: Իսկ կապարի 1000մգ/կգ խտությունը բերում է հողի ֆերմենտային ակտիվության անդառնալի փոփոխության, որը չի վերականգնվում ամբողջ տարվա ընթացքում [23]:

Լեբեդևայի և ուրիշների [16] կողմից կատարված վեգետացիոն փորձերի արդյունքները վկայում են, որ ծանր մետաղներով աղտոտված ճմա-պղզղլային հողերում կրապարարտացման միջոցով միջավայրի ռեակցիան՝ pH-ը, 4,5-ից մինչև 6,5 բարձրացնելիս ուրեազ ֆերմենտի ակտիվությունը մեծանում է՝ Cd տարրի 20 մգ/կգ խտության դեպքում 30-35 %-ով, Zn-ի 500 մգ/կգ դեպքում՝ 1,3-2,5 անգամ, իսկ Pb-ի 100մգ/կգ պարունակության դեպքում՝ 35 %-ով:

Ծանր մետաղների ընտրողական ազդեցության դրսևորումը ֆերմենտային սպի-տակուցների վրա մատնանշվել է վաղուց: Օրինակ, կադմիումը որպես թունավոր տարր հակում ունի թուլացնելու ֆոսֆատազ ֆերմենտի ակտիվությունը, իսկ կապարը՝ կատալազ ֆերմենտի ակտիվությունը: Կատալազ ֆերմենտի ակտիվության նվազում նկատվում է կապարի՝ 50 մգ/կգ խտության դեպքում հետազոտվող բոլոր հողատիպերում, բացի կարբոնատային սևահողերից, իսկ կադմիումի՝ 5մգ/կգ խտության դեպքում՝ բոլոր հողատիպերում: Ֆոսֆատազ և պրոտեազ ֆերմենտների ակտիվության փոփոխություն տեղի է ունենում այդ տարրերի ավելի բարձր պարունակության դեպքում [23]:

Գրիգորյանը [1, 8] առաջարկել է ծանր մետաղներով հողերի աղտոտվածության աստիճանի որոշման մի սանդղակ, որը պայմանավորված է ինվերտազ և ֆոսֆատազ ֆերմենտների ակտիվության մակարդակով (աղ. 1):

Աղյուսակ 1. Ծանր մետաղներով հողի աղտոտվածության գնահատման սանդղակ, ըստ ինվերտազ և ֆոսֆատազ ֆերմենտների ակտիվության [1, 8]

Աղտոտվածության աստիճանը	Ֆերմենտների ակտիվության նվազումը (%) չաղտոտված հողերի համեմատությամբ	
	Ինվերտազ	Ֆոսֆատազ
Թույլ աղտոտված	< 25	< 20
Միջին աղտոտված	25-50	20-45
Ուժեղ աղտոտված	> 50	> 45

Ուրեազի՝ ամենազգայուն ֆերմենտի ակտիվությունը կարելի է օգտագործել որ-պես հողերի ծանր մետաղներով աղտոտվածության ախտորոշման (դիագնոստիկ) ցուցանիշ: Սակայն գոյություն ունեն նաև հողային այլ պայմաններ, որտեղ առավել մեծ զգայունություն և ակտիվություն են ցուցաբերում ինվերտազ և ֆոսֆատազ ֆերմենտները [1, 8]:

Եղիագարյանը [11] պարզել է, որ ինվերտազ ֆերմենտի ակտիվությունը հանդիսանում է շատ կայուն ցուցանիշ և այն կարելի է օգտագործել փորձադաշտերի միատարրությունը պարզելու համար: Այդ նպատակով փորձադաշտի տարբեր հատվածներից վերցվում են հողանմուշներ և որոշվում է ինվերտազ ֆերմենտի ակտիվությունը: Ըստ հեղինակի, երբ ինվերտազ ֆերմենտի ակտիվության ցուցանիշների սխալի տոկոսը չի գերազանցում 5-7 %-ը, դաշտը կարելի է համարել միատարր և օգտագործել դաշտային փորձերի համար:

Հողերի կենսաբանական ակտիվության փոփոխությունները գնահատելու համար Է.Ի. Գապանյունկի և Ս.Գ. Մալախովի կողմից մշակվել է հողի կենսաբանական ակտիվության գնահատման բալային սանդղակ (աղ. 2) [20]:

Ըստ վերոնշյալ բալային սանդղակի՝ առանձնացվում է 5 աստիճանավորում՝ ա) շատ թույլ, բ) թույլ, գ) միջին, դ) բարձր, ե) շատ բարձր: Հողի ֆերմենտային ակտիվության և հողից արտազատվող ածխաթթու գազի ինտենսիվության ցուցանիշների փոփոխությունները թույլ են տալիս կատարել հողի կենսաբանական ակտիվության համեմատական գնահատումներ [20]:

Ըստ ինվերտազ ֆերմենտի ցուցանիշների՝ սահմանված է հողի կենսաբանական ակտիվության գնահատման սանդղակ, որի դեպքում պետք է հաշվի առնել փոխանակային կատիոնների կազմում ալյումինի պարունակությունը հիմքերով չհագեցած, իսկ նատրիումի պարունակությունը՝ հիմքերով հագեցած հողերում: Հիմքերով չհագեցած հողերը ունեն բարձր կենսաբանական ակտիվություն, երբ ալյումինի պարունակությունը կազմում է փոխանակային կատիոնների գումարային պարունակության մինչև 10 %-ը, միջին՝ 10-20 %-ը և ցածր՝ 20 %-ից ավելի դեպքում:

Աղյուսակ 2. Հողի կենսաբանական ակտիվության համեմատական գնահատման սանդղակ [20]

Ցուցանիշներ	1-ին՝ շատ թույլ	2-րդ՝ թույլ	3-րդ՝ միջին	4-րդ՝ բարձր	5-րդ՝ շատ բարձր
CO ₂ -ի արտազատում, մգ CO ₂ /10 գ/օր	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 25	> 25
Կատալազ, սմ ³ O ₂ /գ/րոպե	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 30	> 30
Դեհիդրոգենազ, մկլ H ₂ /գ/օր	0 - 3	3 - 7	7 - 15	15 - 22	> 22
Ֆոսֆատազ, մգ P ₂ O ₅ /10 գ/ժամ	0 - 0,5	0,5 - 1,5	1,5 - 5,0	5 - 15	> 15
Ուրեազ, մգ N-NH ₃ /10 գ/օր	< 3	3 - 10	10 - 30	30 - 100	> 100
Պրոտեազ, մգ ալբումին/10 գ/ժամ	0 - 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	> 3,0
Ինվերտազ, մգ գլյուկոզ/գ/օր	< 5	5 - 15	15 - 50	50 - 150	> 150

Հիմքերով հագեցած հողերը ունեն բարձր կենսաբանական ակտիվություն, երբ նատրիումի պարունակությունը կազմում է փոխանակային կատիոնների գումարային պարունակության մինչև 5 %-ը, միջին՝ 5-10 %-ը, ցածր՝ 10-20 %-ը և շատ ցածր 20 %-ից ավելի դեպքում:

Հողի ադակալվածության աստիճանի որոշման սանդղակի համաձայն, թույլ ադակալվածության դեպքում, համեմատած չադակալվածի հետ, ինվերտազ ֆերմենտի ակտիվության նվազումը կազմում է մինչև 35 %, միջին ադակալվածության դեպքում՝ 35-70 %, իսկ ուժեղ ադակալվածության դեպքում՝ 70 %-ից ավելի [5]:

Այսպիսով, ամփոփելով բազմաթիվ հետազոտողների ուսումնասիրությունների արդյունքները, կարելի է վստահաբար ասել, որ հողի ֆերմենտային ակտիվության

ցուցանիշների կիրառական ասպեկտները բազմազան են և ունեն գիտագործնական մեծ նշանակություն:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. *Գրիգորյան Կ.Վ., Մովսեսյան Հ.Ս.* Ֆերմենտների ակտիվությունը որպես ծանր մետաղներով աղտոտված հողերի ախտորոշիչ ցուցանիշ. Ուսումնամեթոդական ձեռնարկ, Երևան, ԵՊՀ, 28 էջ, 2008:
2. *Խաչատրյան Հ.Է.* Տարբեր մեխորանտների ազդեցությունը հողի հատկությունների փոփոխության և կենսաբանական ակտիվության վրա: Սեղմ. գ.գ. թեկն. աս-ճն.: 2.01.01 «Ընդհանուր երկրագործություն, հողագիտություն, ագրոքիմիա»/ՀՊԱՀ, Երևան, - 25 էջ, 2009:
3. *Խաչատրյան Հ.Է.* Ագրոֆիզիկական մեթոդների կիրառման ազդեցությունը տեխնածին աղտոտված հողերի կենսաբանական ակտիվության վրա, Հայաստանի կենսաբ. հանդես, LXI, 1, էջ 54-58, 2009:
4. *Խաչատրյան Հ.Է.* Տեխնածին աղտոտված հողում օրգանական պարարտանյութերի կիրառման ագրոմեխորատիվ ազդեցության գնահատումը Հայաստանի կենսաբ. հանդես, LXIX, 2, էջ 19-23, 2017:
5. *Абрамян С.А.* Природа регуляции ферментативных процессов в почве: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.27. Почвоведение / МГУ им. Ломоносова, М., 36 с., 1990.
6. *Галстян А.Ш.* Ферментативная активность почв Армении, Ереван, 275 с., 1974.
7. *Гельцер Ю.Г.* Показатели биологической активности в почвенных исследованиях. Почвоведение, 9, с. 47-60, 1990.
8. *Григорян К.В.* Экологическая оценка компонентов биогеоценоза по активности ферментов почв в условиях техногенного загрязнения: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.27. Почвоведение. МГУ им. М.В. Ломоносова, М., 1990. - 32 с.
9. *Даденко Е.В.* Методические аспекты применения показателей ферментативной активности в биодиагностике и биомониторинге почв: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 – Экология. РГУ, Ростов-на-Дону, 24 с., 2004.
10. *Даденко Е.В., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И.* Оценка применимости показателей ферментативной активности в биодиагностике и мониторинге почв. Поволжский экологический журнал. № 4, 385-393, 2013.
11. *Евизарян Л.Т.* Возможность использования активности ферментов для выявления однородности плодородия почв: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.093. Биологическая химия / ЕГУ, Ереван, 24 с., 1970.
12. *Егорова Е.В., Егоров В.С., Арзамасова А.В.* Экологическая роль агрохимических фонов в ферментативной активности почвы, загрязненной цинком и медью. Вестник. Сер. 17, Почвоведение. № 1, 42-45, 2003.
13. *Звягинцев Д.Г.* Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей. Почвоведение. № 6, 48-54, 1978.
14. *Краснова Н.М.* Ферментативная активность как биоиндикатор загрязнения почв тяжелыми металлами: Автореф. дис. ... канд. с.х. наук: 06.01.03 Почвоведение. Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, М., 25 с., 1982.
15. *Кузьмич П.К., Клименко Н.А., Веремеенко С.И.* Об определении биологической активности почвы. Почвоведение. № 6, 131-134, 1990.
16. *Лебедева Л.А., Лебедев С.Н., Едемская Н.Л.* Влияние тяжелых металлов и извести на активность уреазы в дерново-подзолистой почве. Вестник. Сер. 17, Почвоведение, № 2, 68-71, 1995.
17. *Маштаков С.М., Кулаковская Т.Н., Гольдина С.М.* Активность ферментов и интенсивность дыхания как показатель биологической активности почв. Докл. АН. СССР, 98, 1, 141-144, 1954.
18. *Радюкина Н.Л., Софьян А.В., Кудрявцева Н.Н., Карпачевский Л.О., Зубкова Т.А., Романов В.И.* Современные представления о биохимических процессах в почве. Вестник. Сер. 17, Почвоведение. № 2, 13-19, 2001.
19. *Ростовщикова И.Н., Корнеева Г.А., Степанов А.А.* Ферментативная деструкция веществ гумусовой природы. Вестник. Сер. 17, Почвоведение, № 4, 22-27, 1998.

20. *Титова В.И., Дабахова Е.В., Дабахов М.В.* Практикум по агроэкологии: Учебн. пособие. Н. Новгород, 137 с., 2005.
21. *Узбек И.Х.* Особенности ферментативной активности рекультивированных почв. Почвоведение. № 3, 91-96, 1991.
22. *Хазиев Ф.Х., Гулько А.Е.* Ферментативная активность почв агроценозов и перспективы ее изучения. Почвоведение, № 8, 88-103, 1991.
23. *Хачатрян Г.Э.* Влияние совместного применения природных мелиорантов и органических удобрений на биологическую активность техногенно загрязненных почв /Материалы межд. научной конференции “Охрана и использование водных ресурсов южно-кавказского региона”, ГАУА, Ереванстр., 191-195, 2009.
24. *Alkorta I., Aizpurua A., Riga P., Albizu I., Amézaga I., Garbisu C.* Soil enzyme activities as biological indicators of soil health. Reviews on Environmental Health, 18, 65-73, 2003.
25. *Burns R.G.* Soil enzymology. Sci. Progr. Oxf., 64, 254, 354-361, 1977.
26. *Crosby D.G.* Environmental chemistry: An overview. Environ. Toxicol. Chem. 1-18, 1982.
27. *Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S., Khachatryan H.E., Ghazaryan N.P.* Geochemistry of Potentially Toxic Trace Elements in Soils of Mining Area: A Case Study from Zangezur Copper and Molybdenum Combine, Armenia. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 101, 732-737, 2018.
28. *Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S., Khachatryan H.E., Leah T.G., Zhamharyan H.G.* The impact of Zangezur Copper and Molybdenum Combine activities on pollution of agricultural lands and crops by toxic elements. Proceedings of the Yerevan State University: Chemistry and Biology, 53, 2, p. 119-125, 2019.
29. *Giusquiani P.L., Gigliotti G., Businelli D.* Long-term effects of heavy metals from composted municipal waste on some enzyme activities in a cultivated soil. Biol. Fertil. Soils., 17, 257-262, 1994.
30. *Margesin R., Schinner F.* Phosphomonoesterase, phosphodiesterase, phosphotriesterase and inorganic pyrophosphatase activities in forest soils in an alpine area: effect of pH on enzyme activity and extractability. Biol. Fertil. Soils. 18, 320-326, 1994.
31. *Micuți M., Bădulescu L., Israel-Roming F.* A review on the enzymatic indicators for monitoring soil quality. Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies, Bucharest, Romania. 21, 223-228, 2017.

Ստացվել է 05.07.2020