

Garagumu■ günorta böleginde toprak duzla■masy: sebäpler we çözümler

VOL.4, ISSUE 8

2026

VOL.4, ISSUE 7

2026



UDC 631.445.1:574.4(575.4)

GARAGUM GÜNORTA BÖLEGİNDE TOPRAK DUZLAŞMASY: SEBÄPLER WE ÇÖZGÜTLER

G. Myradowa · B. Ataýew

Türkmenistanyň Ylymlar Akademiasynyň Botanika instituty, Ashgabat, Türkmenistan

ABSTRACT

Toprak duzlaşmasy Garagumu günorta böleginde oba hojalygyna we ekologiýa agyr zyýan ýetirýän giňden ýaýran meseledir. Bu iş Türkmenistanyň günorta çöl zolagynda toprak duzlaşmasynyň ýaýraýýany, ertlendiriji sebäpleri we mümkin bolan çözümlerini seljermek maksady bilen geçirildi. Ylmy gözlegler 2022–2024-nji ýyllar aralygynda 120 sany örnekleýi meýdançasyny geçirilen döwürleýin ýer gözleglerini, uzak aralyklardan duýgur seriýdeler arkaly alnan maglumatlary we laboratoriya derňewlerini öz içine alýar. Alnan netijeler sürüm ýerleriniň 54%-inde orta we güýçli duzlaşma alamatlarynyň bardygyny görkezdi. Esasy sebäpler hökmünde aňa suwary, drenaj ulgamynyň ýeterlik işlemezligi we klimat üýtgemesi bilen baglanyşykly ýokary bugarmak görkezildi. Çäre hökmünde fitomeliorasiýa, damjalaýyn suwary we topraga organiki goşundylary goşmak usullary teklip edildi.

Açar sözler: toprak duzlaşmasy, Garagum, suwary ulgamy, çölleşme, fitomeliorasiýa, Türkmenistan, ekologiýa baha, drenaj, duz toprak, oba hojalygy

1. GİRİŞ

Toprak duzlaşmasy – mineral duzlaryny toprakda bikanun mukdarda toplanmasy netijesinde onuň hasyllylygyny we biologiki işjeiligini ýitirmegi aňladýan çynlakaý ekologiki meseläniň biridir. Dünýäde takmynan 1 milliard gektar sürüm ýeriniň duzlaşan hasaplanýandygy, onuň 10%-iniň bolsa doly ýüzüni ýitiren ýagdaýdadygy baradaky maglumatlar meseläniň ählumumy ähmiýetini aýdýanlaýdyr (FAO, 2021).

Türkmenistanda sürüm ýerleri umumy çäkini takmynan 4%-ini tutýar, ýöne bu ýerleriň uly bölegi Garagum sähraşynda ýerleşýän bolup, tebigy şertler boýunça suwary bilen bagly oba hojalygyna örän çylşyrymly ýerlerdir. Ýurduň günorta böleginde, hususan-da Ahal welaýatynyň çäklerinde Garagumu günorta bölegini topraklary esasan çäge we çäge-lilli düzüme eýe bolup, duz toplanmak hadysasyna örän ýokary duýgurlyk görkezýär.

Garagumu günortasynda ýerleşýän sürüm ýerleri köp asyryk suwary tejribesini miwesi bolsa-da, häzirki döwürde çalt ösýän oba hojalygy talaplary bu ýerlerde suwary suwuny amatsyz ulanylmagyna, drenaj ulgamyny talabalaýyk işledilmezligine we netijede toprakdaky duz konsentrasiýasynyň gijýänden-gijä artmaklygyna eltdi. Merkezi Aziýanyň çäklerinde alnyp barlan giňişleýin barlaglary netijeleri Amu Derýanyň aňak akymy we Garagum kanalynyň boýlaryndaky ýerleriň köpüsini toprak duzlaşmasyndan ejir çekýändigini görkezdi (Abuduwaili et al., 2021).

Bu barlagda Garagumu günorta bölegi boýunça toprak duzlaşmasynyň giňişleýin ekologiki bahasy geçirildi. İş esasy maksatlary ulardan ybaratdyr: (1) duzlaşan meýdanlaryň giňişlik ýaýraýýany kesgitlemek; (2) duzlaşmanyň ýüze çykmagyny esasy sebäplerini seljermek; (3) oba hojalygy we ekosistema üçin töwekgelçilikleri bahalandyrmak; (4) duzlaşmany azaltmak we topragy dikeltmek boýunça esasy çäreleri teklip etmek.

Sebitiň çöllük şertleri we aňa ýokary bugarmak ýagdaýlary toprak duzlaşmasynyň özüne mahsus bolan tizlendirilme nusgasyny döredýär. Ýörite aýdanylanda, gurak klimatyň täsiri bilen suwary suwunyň düzümindäki mineral duzlar toprakda konsentrat bolmak bilen çyglylygy ýitip gitmesine garamazdan

saklanyp galýar. Sowet döwrüniň giň gerimli suwaryň taslamalary sebitdäki ýerleri suwarymly hojalygyň obýektine öwürän hem bolsa, döredilen infrastrukturanyň esasy kemçiligi – ony tehniki taýdan saklamagy we döwrebaplaşdyrmagy talap edýän drenaj ulgamynyň nädogry taslamalandygydyr.

Duzlaşmanyň meselesini boýunça öň geçirilen barlaglar ýa giň milli we sebit derejesinde geçirildi, ýa-da ýeke-täk görkeziji (meselem, diňe elektrohimiýa ýa-da diňe ösümlik örtügi) esasynda beýan edildi. Bu iň welin dürli usullary birleşdirip, köp sany meýdança boýunça yzygiderli barlag geçirip, sebitiň duzlaşma dinamikasyny öňkülerden has giňişleýin seljermesi.

2. GÖZLEG ÇÄGI

Gözleg Garagumuň günorta bölegi bilen Köpetdagyň etekleriniň arasyndaky geçiň zolagynyň öz içine alýar. Bu çäk administratiw taýdan Ahal welaýatynyň birnäçe etrabyňy – Bäherden, Gökdepe, Kaka we Tejen etraplarynyň käbir bölekleriniň öz içine alýar. Gözleg meýdany takmynan 1,4 million gektar bolup, onuň aglabasy suwarymly oba hojalygynyň peýdalanylýar.

Sebitiň orografik gurluşy ýönekeý sazlaşykly düzlük bilen beýnikli çäge gatnakly çöl ýerleriniň utgaşmasyňyň özünde jemleýär. Deňiz derejesinden belentligi günortadan demirgazyga tarap 120–450 m aralygynyňyň üýtgeýär. Ýyllyk ortaça ýagyň mukdary günortadaky eteklik zolagynda 200–280 mm bolsa, demirgazyk çäge ýerlerinde 80 mm-den aňak düýýär. Tomsuna temperaturalar +42–46°C-a ýetip, bugarmak intensiwligi ýagyn möçberinden 10–12 esse artykdyr.

Sebit topragynyň gurluşy çylşyrymly bolup, açyk-goňur çöl topraklary, soloňes we takyr görnüşliler agdyklyk edýär. Topraklaryň organik madda derejesi örän pesdir (0,3–0,8%), düzümdäki natriý ionlarynyň paýy bolsa suwaryň arkaly ýyllar geçdigiçe artyp gelýär. Garagum kanalynyň gurulmagy (1954) bilen sebitde suwarylyp ekilen ýerleriň meýdany tas 4 esse artdy, ýöne şol bir wagtyň özünde drenaj infrastrukturasynda çynlakaý kemçilikler ýüze çykdy.

Sebitiň ösümlik örtügi çölleşme we suwaryň şertleriniň kombinasiýasynyň görkezýär. Suwarymly meýdanlarda bugdaý, gowaça, gawun we ýonça ekilýär; tabşyrmak ýerlerinde bolsa dropseed ot (*Stipagrostis* spp.), saksawul we gandymlar ýaly çöl ösümlikleri agdyklyk edýär. Yolbars sazak (*Haloxylon persicum*) aýratyn meýdançalarda ösüp, çägelere durnuklaşdyrýar.

Sebitiň oba hojalyk taryhy sowet döwründe başlanan iri suwaryň taslamalaryna daýanýar. 1960–80-nji ýyllarda Garagum kanalynyň boýuna iri pagtaçylyk hojalyklary döredildi. Garaşsyzlyk ýyllarynda bu hojalyklardan birnäçesi özüni alyp barşyny üýtgetse-de, könelenmedik suwaryň we drenaj ulgamlary şol döwürüň mirasy bolmagynda galýar.

3. USULLAR

3.1 Uzak aralyklardan duýgur serişdeler we GIS seljermesi

2000–2024-nji ýyllar aralygynyň öz içine alýan köp wagtyňyň hemra suratlary Landsat-8/9 (30 m çözgütlük) we Sentinel-2 (10 m çözgütlük) ulgamlaryndan alyndy. Toprak duzlaşmasyňyň bahalandyrmak üçin aňakdaky görkezijiler hasaplandy: Normallaşdyrylan Toprak Duz Indeksi (Salinity Index, SI), Modifisirlenen Normallaşdyrylan Ösümlik Indeksi (MNDVI), şeýle hem topragyň spektral öňle dolanmasy görkezijileri (Band Ratio 4/2 we Band 6/7). Ähli işlemler Google Earth Engine platformasynda we QGIS 3.28 programmasynda geçirildi.

Duzlaşmanyň wagtlaýyn üýtgemesini seljermegiň ýagdaýynda Landsat-dan alnan wagtyň hatary arkaly monitoringe alyndy. Toprak duzlaşmasyňyň kartasy üçin Random Forest klassifikator algoritmi ulanyldy. Model 85 meýdançadan alnan tassyklaýjy nokatlar esasynda tälim berildi we 87% umumy takyklyk (kappa

= 0,84) gazanyldy. Duzlaňmanyň giňişlik ýaýraýyny görkezmek üçin ArcGIS Pro programmasynda detallaňdyrylan interaktiw kartalar taýýarlanyldy.

3.2 Meýdan gözlegleri we laboratorýa derňewleri

Ulgamlaýyn meýdan gözlegleri 2022 we 2024-nji ýyllaryň ýaz we gýüz möwsümlerinde geçirildi. Jemi 120 örnekleýi meýdançasýy belenip, olaryň her birinde 0–30 sm, 30–60 sm we 60–100 sm çuňluklarda toprak nusgalary alyndy. Örnekleýi meýdançalarynyň ýerleşilişi stratifikasiýaly tötänleýin dizaýn boýunça kesgitlendi, hemra bilen öňünden alnan duzlaňma klassifikasiýasyna esaslanyldy.

Laboratorýa derňewleri şulary öz içine aldy: elektrik geçirijilik (ECe, dS/m); pH; natriý, kaliý, magniy we kalsiy ionlarynyň konsentrasiýasy; hlorid, sulfat we bikarbonat anionlary; Sodium Adsorption Ratio (SAR); organik uglerodnyň derejesi. Derňewler Türkmenistanyň Ylymlar Akademiýasynyň Toprak we Agrohimiýa institutynda ISO/GOST standartlary boýunça geçirildi.

Ýerasty suw derejesini ölçemek üçin barlag çägi boýunça 45 sany gözegçilik guýusy gazyldy. Guýularda her 2 aýdan bir gezek ölçeme geçirildi. Şeýle-de, meýdan gözlegleri wagtynda ösümlik örtüginí duzlaňma görkezijileri hem hasaba alyndy: halofitleriň paýy, toprak üsti örtügiň ýagdaýy (duz ertemasy, gips ertema, takyr döreyiň alamatlary) we ösümlik saglyk görkezijileri bellige alyndy.

3.3 Duzlaňma derejesi klassifikasiýasy

FAO/UNESCO standartlary esasynda bäh derejeli duzlaňma klassifikasiýa ulgamy iňlenildi: I synp – duzlaňma ýok (ECe < 2 dS/m); II synp – ýeňil duzlaňma (ECe 2–4 dS/m); III synp – orta duzlaňma (ECe 4–8 dS/m); IV synp – güýçli duzlaňma (ECe 8–16 dS/m); V synp – örän güýçli duzlaňma (ECe > 16 dS/m). Bu klassifikasiýa hemra maglumatlary bilen birleşdirilip, sebitiň giňişlik kartasy döredildi. Klassifikasiýanyň takyklygy meýdandan alnan 120 örnekleýi nokaty bilen tassyklanyldy.

4. NETIJELER

4.1 Duzlaňmanyň giňişlik ýaýraýy

Duzlaňma kartalaňdyrma netijeleri Garagumuň günorta böleginde suwarymly ýerleriň uly bölegi dürli derejede duzlaňma bilen gurňalandygyny görkezdi. Aňakdaky tablisada gözleg çägi boýunça bäh derejedäki duzlaňmanyň meýdan paýlanyşy görkezilýär.

Duzlaňma synpy	ECe görkezijisi	Meýdan (ga)	Jemden %
I synp – Ýok	< 2 dS/m	420 000	30,0%
II synp – Ýeňil	2–4 dS/m	224 000	16,0%
III synp – Orta	4–8 dS/m	350 000	25,0%
IV synp – Güýçli	8–16 dS/m	280 000	20,0%
V synp – Örän güýçli	> 16 dS/m	126 000	9,0%

Tablisa 1. Garagumuň günorta böleginde toprak duzlaňmasynyň derejesi boýunça meýdan paýlanyşy.
Çeňme: Awtorlaryň klassifikasiýasy, hemra we meýdan barlag maglumatlary esasynda, 2024.

Netijeler sürüm ýerleriniň takmynan 54%-ini (III–V synp) orta we güýçli duzlaňmadan ejir çekýändigini görkezdi – bu bolsa umumy meýdanyň takmynan 756 000 gektaryna deňdir. Diňe 30%-i (I synp) düýpli duzlaňma alamatlary görkezmeýär. Giňişlik taýdan iň güýçli duzlaňma Tejen we Murgap akymynyň boýundaky öňki pagtaçylyk meýdanlarynda, şeýle hem Garagum kanalyňyň golaýyndaky filtrasiýa

howdanlaryny eteginde jemlenendir.

Wagt taýdan seljermede 2000-nji ýyldan 2024-nji ýyla çenli V synp (örän güýçli duzlaşma) meýdanlaryny meýdany 62% artdy. Bu sürüm ýerlerini duzlaşmasyny yzygiderli ösýändigini görkezýär. I çalt duzlaşma görkezijisi Garagum kanaly 3–8 km aralygyny içindäki ýerlerde belenildi.

4.2 Toprak himiýasy görkezijileri

Laboratoriýa derňewleri dürli duzlaşma synplaryndaky toprak gurluşynda düýpli tapawutlary bardygyny tassyklady. I synpdaky (duzlaşmadyk) topraklarda 0–30 sm çuňlukda ECe ortaça $1,4 \pm 0,4$ dS/m bolsa, V synpdaky (örän güýçli duzlaşan) topraklarda bu görkeziji $21,3 \pm 5,7$ dS/m derejesinde hasaba alyndy.

Ionlar düzümini seljermesi V synp meýdanlarda natriý (Na^+) we hlorid (Cl^-) ionlaryny agdyklyk edýändigini görkezdi, bu bolsa gidromorf duzlaşma (groundwater-driven salinization) mehanizmine mahsusdyr. Sulfat duzlaryny paýy (gips, mirabilit) II–III synp meýdanlarda has ýokary bolup, esasan öňki hek we gipsy ýer gatlaklaryny çözündisi arkaly ýokarky toprak gatlagyna aňakdan göterilen suwlary täsirini görkezýär.

Sodium Adsorption Ratio (SAR) güýçli duzlaşan meýdanlarda $18,4 \pm 4,2$ derejesine ýetip, bu ýerlerde topragy gurluşy düýpli bozulandygyny we suwy geçirijiligini peselmegini görkezýär. Organik uglerod derejesi duzlaşan topraklarda duzlaşmadyk ýerlere garanda 40–60% azdyr, bu hem mikrobiologlyk iňjeli peselmeginden habar berýär.

Toprakdaky duz konsentrasiýasyny çuňluk boýunça paýlany-da ähmiýetli tapawutlar görkezdi. 0–30 sm çuňlukda natriý kloridi düzümi ýokarydy, bu bolsa ýokarky gatlaklarda bugarmak arkaly duz toplanyny güýçlidigine aýatlyk edýär. Şeýle-de, ikinji gatlakda (30–60 sm) sulfat duzlaryny ýagdaýy ýokarky gatlaklara garanda birneme ýokarydy, bu bolsa erigin göterilmesini iki bölümleýin häsiýetini görkezýär.

4.3 Ösümlik örtüginini üýtgemeleri

Toprak duzlaşmasy ösümlik jemgyýetçiliginde düýpli üýtgemelere getirdi. Duzlaşmadyk I synp meýdanlarda ösümlik örtügi ortaça $52 \pm 11\%$ bolup, galla ekinleri, pagta we ýonça doly ösüp bilýär. IV–V synp meýdanlarda bolsa ösümlik örtügi $8 \pm 4\%$ -e çenli azalyp, diňe duze çydamly halofitler – *Salsola orientalis*, *Halogeton glomeratus*, *Tamarix ramosissima* – ýaýaýlany dowam etdirýär.

Halofitleri täze ekerançylyk ýerlere ýaýramagy duzlaşmany daňarky görkezijisi bolup hyzmat edýär. Uzak aralyklardan duýgur seriňdeleri seljermesi 24 ýyl (2000–2024) üçin NDVI görkezijisinde umumy ösümlik örtüginini azalyjy ugry alyp barýandygyny tassyklady: gözleg meýdanyny 41%-de ýyllyk maksimum NDVI statistiki taýdan anyk peseldigi belenildi (Mann-Kendall, $p < 0,05$). Ortaça NDVI peselmek tizligi ýylda -0,0019 birlik bolup, bu düýpli biomassa ýitirmegini görkezýär.

Ösümlik jemgyýetçiligini hilini pesligi oba hojalygyna göni ykdysady zyýan ýetirýär. IV–V synp meýdanlarda gowaçany ortaça hasyly kadaly meýdanlara garanda 65–75% pesdigi belenildi. Bugdaý hasylyndaky ýitgi 45–55%, gawun hasylynda bolsa 70%-e ýetdi.

4.4 Duzlaşmany suwary ulgamy bilen baglanylygy

Suwary ulgamyny ýagdaýy bilen duzlaşma derejesi arasynda güýçli giňlikleýin baglanylyk tapyldy. Açyk-kanawly suwary ulanylyan meýdanlarda (olary 68%-i henizem açyk ulgamda) duzlaşma derejesi damjalaýyn ulgam ulanylyan meýdanlara garanda 2,3 esse ýokarydyr. Garagum kanaly 2–5 km aralygyny içindäki ýerlerde ýerasty suwu derejesi ortaça 1,2–1,8 m çuňlukda (kritiki derejeden az: <

2,5 m) bellige alyndy.

Drenaj ulgamyny seljermek netijesi iň çäginde 62%-de drenaj infrastrukturasynyň doly ýa-da bölekleyin iňlemeyändigini görkezdi. Drenaj näsazlyklarynyň ýüze çykan ýerlerinde ýerasty suw derejesi iň möwsümi boýunça yzygiderli ýokarlandy we tomusky bugarmak möwsümiň soňunda toprakda duz ertmalygynyň döremegine alyp geldi.

Suvaryň normasynyň ýokarydygy-da aýdyň göründi. Örnekleýiň meýdançalarynyň 73%-de suvaryň normasynyň tawsiye edilýän agrotehniki normadan 30–60% köpdü. Şeýle aňsa suwarmak bilen duzlaşma derejesi arasynda statistiki taýdan anyk korrelasiýa ($r = 0,71$, $p < 0,001$) belenildi.

5. ARA ALNYP MASLAHATLAŞYLMASY

Bu barlaglaryň netijeleri Garagumuň günorta böleginde toprak duzlaşmasynyň häzirkiki oba hojalyk tejribesiniň uzak möhletli durnuklylygy üçin düýpli töwekgelçilik döredýändigini aýdyňlaýdyr. Sürüm ýerleriniň 54%-ini öz içine alýan orta we güýçli duzlaşma holdingi, Merkezi Aziýanyň beýleki suvaryň zolaklary üçin belenen görkezijiler bilen deňeýdirde örän ýokary netijesini görkezýär (Kaplan et al., 2014).

Duzlaşmanyň esasy herekete getiriji mehanizmi köpbaşgançakly bolup durýar. Birinjisi, suvaryň suwy ýer gatlaklarynyň içinden süzülip geçip, ýerasty suwlaryň derejesini ýokarlandyryr. Ikinji ädimde, ýerasty suw kapillar güýçleriň hereketi bilen ýokarky toprak gatlagyna çekilýär. Üçünjisi, ýokary bugarmak döwründe suw özünde eräp gelýän minerallary ýerüstünde galdyryr. Bu tsiklik proses her ýyl toprakdaky duz konsentrasiýasynyň artmagyna alyp gelýär (Dregne & Chou, 1992).

Klimat üýtgemesiniň bu prosese täsiri-de göz önünde tutulmalydyr. 1980-nji ýyllardan bäri sebitde temperaturanyň onýyllyga 0,5–0,7°C artandygy belenildi, bu bolsa bugarmak intensiwligini ep-esli ýokarlandyrdy we gury ýyl döwürlerini uzaltdy. Klimat modelleriniň çaklamalary bilen bir hatarda alanyňda, 2050-nji ýyla çenli bugarmak-çygarlyk ýetmezçiligi häzirkiden 15–20% köpeler diýip çak edilýär (IPCC, 2021).

Toprak duzlaşmasynyň ekosistema hyzmatlaryna täsiri örän köptaraplaýyndyr. Düzümdäki ýokary duz konsentrasiýasy ösümlikleriň osmotik basyşyny bozup, gönüden-göni olaryň ösüşini saklap galýar. Şeýle hem, ol toprak mikrobiologiasyny boýar: sulfat azaldygy bakteriýalarynyň iňjeli azalýar, toprakdaky organik maddalaryň mineralizasiýasy haýallaýar we azot halkasy bozulýar. Bu özara baglanyşykly prosesler toprak hasyllylygyny pese düşürüp, dikelmegi uzak möhletli we çylşyrymly mesele edip goýýar (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Sebitiň duzlaşmasynyň önüni almak we dikeltmek babatynda geçirilen döwlet çäreleriniň netijeliligini seljermek hem barlagymyzyň möhüm tapgyrlaryndan birini düzdi. 2000-nji ýyldan bäri durmuşla geçirilen drenaj ulgamyny täzelemek we kapallary gaýtadan iňlemek taslamalaryna garamazdan, könelen infrastrukturadaky kemçilikler we çäreleriň yzygiderliligindäki doly ýetmezçilik deňeýdirme çäginde duzlaşmanyň ýaýramagyny saklap bilmedi.

Sebitiň ýagdaýy Merkezi Aziýanyň beýleki ýurtlary bilen deňeýdirilende umumy miras bolan sowet döwrüniň suvaryň infrastrukturasyndaky gelip çykýan oklaň kynçylyklaryň bolandygy görünýär (World Bank, 2022). Özbegistanda 2010-njy ýyldan bäri geçirilen drenaj maliýeleýdirme reformalary iň güýçli duzlaşan meýdanlaryň takmynan 30%-inde toprak has gowulaşmagyna mümkinçilik berdi – bu Türkmenistan üçin-de taryhy görde bolup biler.

Barlagymyzy möhüm tapyndylaryndan biri duzlaňmany ykdysady çykdajylarydyr. Ähli synplardaky duzlaňmadan hasyl ýitirmegi bahasyny hasaplanymyzda, ýyllyk oba hojalyk ýitgisi takmynan 180–220 million dollara barabar bolup biler. Bu bolsa düzeltmek çärelerine edilýän maýa goýumyny möhüm milli ykdysady mesele hökmünde özünde jemleýär.

6. ÇÖZGÜTLER WE ÇÄRELER

6.1 Suwary ulgamyny kämilledirmek

Toprak duzlaňmasyny esasy tekiçi bolup durýan aňsa suwaryny azaltmak üçin açyk kanal ulgamyny damjalaýyn ýa-da çykylyan (sprinkler) suwary ulgamyna geçirmek zerurdyr. Damjalaýyn suwaryny sarp edilişini 30–50% azaltmak bilen birlikde, toprakda duz toplamagyny ýaýramasyny-da düýpli çäklendirip biler (Briske et al., 2008).

Suwaryny çygaryllyk normasyny ekologiki taýdan tassyklanan agrogidrohimiýa normatiwlerine laýyk getirilmegine berk gözegçilik edilmelidir. Häzirki wagtda ulanylýan suw normalary köp ýerlerde 1980-nji ýyllardaky milli normatiwlerden ep-esli köpdür. Durmuşa geçirilen suw tygýytlaýjy çäreleri netijesinde bolan suw resurslary ekosistema zerurlygyna gönükdirilmelidir.

6.2 Drenaj ulgamyny täzelemek

Ýerasty suwuny kritiki derejesini (< 2,5 m) yzygiderli kontrol astynda saklamak üçin döwlet derejesinde drenaj infrastrukturasynda düýpli abatlaýyş-gurmak işleri geçirilmelidir. Örtük (tile) drenaj ulgamy açyk drenaj kanallaryna garanda has netijelidir we ýer meýdanyny boň güýmezden saklaýar. Häzirki wagtda işlemeýän drenaj ulgamyny 62%-i ony dikeltmek üçin esasy ileri tutulýan ugur bolup durýar.

Drenaj suwuny gaýtdan işlenmegi we zyýansyzlandyrylmagy hem gyssagly mesele bolup durýar. Häzir köp drenaj suwlary mineral duzlaryny ýokary konsentrasıýasy bilen pes geçirijilikli ýer howdanlaryna akdyrylýar. Bu howdanlaryň bugarmagy bilen ýakyn töwerekdäki ýerlere täzedan duz ýüküni artdyryýar. Drenaj suwlaryny fitomeliorasiýa görnüşinde işlemek we aýlanma suwaryny üçin ulanmak has netijeli alternatiwidir.

6.3 Fitomeliorasiýa çäreleri

Duze çydamly ösümlikleri – halofitleri – ekilmegi duzlaňan ýerleri dikeltmegi biologik ýoly bolup durýar. Sebitiň tebigy florasından alnan Haloxylon ammodendron (gara saksawul), Tamarix ramosissima (gandymlar), Salsola richteri we Kochia prostrata ýaly görnüşler duzly topraklarda gowy ösmek bilen birlikde kök ulgamy arkaly topragyň gurluşynda gowulaşdyryýarlar. Bu ösümlikleri toplaýan organik maddalary toprak mikrobiologıyasyny täzedan dikeltmäge kömek edýär.

Fitomeliorasiýa bilen birlikde gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) goşmak usuly-da duzlaňan topraklarda netijelidir, sebäbi gips natriý ionlaryny kalsiy ionlary bilen çalyşyp, topragyň suwy geçirijiligini dikeltmäge kömek edýär. Barlaglaýyn meýdançalarda geçirilen synaglar gips + halofitler usuly utgaňmasyny ulananyňda, 3 ýyl içinde IV–V synp meýdanlarda ECe görkezijisini ortaça 35–45% pesdirip boljakdygyny görkezdi.

Saksawuly (Haloxylon ammodendron we H. persicum) dikeldilmegine aýratyn üns berilmelidir. Bu görnüşler Türkmenistanyň çöl ekosistemasynda ekosistema inženeriniň roluny ýerine ýetirýär: çäge durnuklaşdyrma, gün şöhesini süzme, toprak organikasyny baýlaşdyrma we kiçi janly-janlılara ýaşaýyş mekany beriş taýdan işiň möhüm ähmiýete eýedir (Thevs et al., 2013).

6.4 Toprak goşundylary we agrotehniki çäreler

Organik maddalary toprak a goňmak duzlaňan topraklarda ep-esli netijelidir. Kompost we mal dökünleri toprak gurluňyny, suwy saklaýan ukybyny we mikrobiologiýany gowulandyýar. Barlaglarymyzda organik goňundylary ulananyňda duzlaňan meýdanlarda hasyl takmynan 22–28% artdy.

Oba hojalygynyň rotasiýa ulgamyna geçmek – esasan duz toplaýan pagta ýerine duz çykarýan ýonça ýa-da arpa bilen nobatlaňdyrmak – toprakdaky duz düzümini tebigy ýollar bilen azaltmaga kömek edýär. Ýonçanyň köki çuň gidip, öz kök bölümlerinde toprak organikasyny gowulaňdyrýarlar.

Çuňdan sürüm (subsoiling) duz toplan aňaky gatlaklary süpürüp, ýokarky gatlagy täzelemegiň fiziki ýoly bolup hyzmat edýär. Şeýle-de, ýalpak toplan örtükli (mulch) usul bilen toprak üstündäki bugarmany azaltmak gün ýaňandan soňra suwarmak bilen utgaňdyrylanda duzlaňma mehanizmini haýalladyp biler. Bu usullaryň hemmesi utgaňykly ulanylsa has güýçli netije berýär.

6.5 Monitoring we maglumat dolandyryş ulgamy

Toprak duzlaňmasynyň netijeli dolandyrylmagy üçin döwürleýin monitoring ulgamyny döretmek zerurdyr. Bu ulgam ýerasty suw derejesini, ECe görkezijisini we ösümlik örtüginini azyndan iki ýylda bir gezek giňişlikleýin kartalaňdyrylmagyny öz içine almalydyr. Hemra suratlarynyň yzygiderli seljermesi bilen utgaňdyrylsa, baňlangyç döwründe duzlaňmanyň ýaýraýyň alýan ýerlerini öňünden duýdurmaga mümkinçilik dörediler.

Maglumatlar dolandyryş ulgamy welaýat oba hojalyk edaralary we milli toprak goragy gullugyny birleňdirmeli. Daýhanlara duzlaňmanyň ilkinji alamatlary we çäre usullary barada yzygiderli ýaýlym (extension service) geçirilse, hökmany durmuşa geçirmek wagty ep-esli gysgar bolar.

7. NETIJE

Bu iş Garagumuň günorta böleginde toprak duzlaňmasynyň 2022–2024-nji ýyllar aralygynda geçirilen iş giňişlikleýin we usullaýyn taýdan bütewi ekologiki bahasyny hödürleýär. 120 meýdança boýunça meýdan barlag, hemra-bilen-alnan wagt hatlary we laboratoriya seljermelerini birleňdirmek arkaly sürüm ýerleriniň 54%-niň orta we güýçli duzlaňmadan ejir çekýändiginiň ylmy esasly kartasy düzüldi.

Esasy tapyndylar şulardan ybaratdyr: birinjiden, duzlaňmanyň esasy herekete getirijisi köp kanawly suwaryň bilen birlikde işlemeýän drenaj infrastrukturasyň utgaňmasydyr; ikinjiden, klimat üýtgemesi ýokary bugarmak arkaly bu prosesi güýçlendirýär; üçünjiden, ösümlik örtügi V synp meýdanlarda 8%-e çenli azalyp, ekosistema işjeňligi düýpli bozuldy.

Ileri tutulýan dikeltmek teklipleri şulardyr: (1) açyk kanaldan damjalaýyn suwaryňa geçmek; (2) işlemeýän drenaj ulgamynyň 62%-ni gaýtadan işlemek; (3) halofitleri ulanmak bilen bilelikde gips goňmagy özünde jemleýän fitomeliorasiýa; (4) organik goňundylar we rotasiýa oba hojalygy; (5) giňişlikleýin döwürleýin monitoring ulgamyny gurmak. Bu çäreleri durmuşa geçirmek döwlet edaralarynyň, oba hojalyk jemgyýetleriniň we halkara ösüş hyzmatdaşlarynyň bilelikdäki maýa goýumlaryny talap edýär.

Duzlaňma bilen göreňmek diňe oba hojalyk önümçiligini goramak üçin däl-de, Garagumuň günorta böleginiň ekologiki durnuklylygyny we biologiki köpdürlüligini saklamak üçin hem möhüm şertdir. Berlen çäreleriň gerekli derejede durmuşa geçirilmegi Türkmenistanyň BMG çöllere garşy göreň Konwensiýasy (UNCCD) çägendäki ýer degradasiýasyndan bitaraplyk maksatlaryny ýerine ýetirmekde esasy ädim bolar.

ÇEŇMELER

1. Abuduwalli, J., et al. (2021). Grassland degradation and restoration in arid Central Asia: A review. *Journal of Arid Environments* 185: 104338.

2. Akiyanova, F., et al. (2023). Pasture degradation assessment in Kazakhstan using multi-temporal Sentinel-2 data. *Remote Sensing* 15(4): 1102.
3. Annaklychewa, J. (2002). *Combating Desertification in Turkmenistan on the Grass Roots Level*. PhD diss., University of Cologne.
4. Berdyev, A., et al. (2024). Desertification Monitoring Using Machine Learning Techniques in Turkmenistan. *Remote Sensing* 16(23): 4525.
5. Briske, D. D., et al. (2008). Rotational grazing on rangelands. *Rangeland Ecology & Management* 61(1): 3–17.
6. Dregne, H. E., & Chou, N. T. (1992). Global desertification dimensions and costs. In *Degradation and Restoration of Arid Lands*. Texas Tech University.
7. Durdiev, A., et al. (2019). Vegetation dynamics and rangeland condition in the Ahal province. *Central Asian Journal of Ecology* 8(2): 45–58.
8. FAO. (2021). *The State of the World's Land and Water Resources: Managing Systems at Risk*. Rome: FAO.
9. Foley, J. A., et al. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478: 337–342.
10. IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.
11. Kaplan, S., et al. (2014). Land-Use Change and Land Degradation in Turkmenistan. *Journal of Arid Environments* 103: 96–106.
12. Lamchin, M., et al. (2019). Mann-Kendall Monotonic Trend Test and Correlation Analysis. *MethodsX* 5: 803–807.
13. Le Hou  rou, H. N. (1996). Climate change, drought and desertification. *Journal of Arid Environments* 34(2): 133–185.
14. Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis*. World Resources Institute.
15. Neff, J. C., et al. (2005). Increasing eolian dust deposition linked to human activity. *Nature Geoscience* 1: 189–195.
16. Thevs, N., Wucherer, W., & Buras, A. (2013). Spatial Distribution and Carbon Stock of Saxaul Vegetation. *Journal of Arid Environments* 97: 1–10.
17. UNCCD. (2023). *The Nexus Between Land Degradation, Climate Change and Migration in Central Asia*. Bonn: UNCCD.
18. Vetter, S. (2005). Rangelands at equilibrium and non-equilibrium. *Journal of Arid Environments* 62(2): 321–341.
19. World Bank. (2022). *Rethinking Landscape Restoration in Central Asia*. World Bank Report.
20. Zdruli, P. (2014). Land resources of the Mediterranean. *Land Degradation & Development* 25(4): 373–384.