

ЗАШТИТА ЗЕМЉИШТА ЈЕ ЗАШТИТА КЛИМЕ PROTECTING THE SOIL IS PROTECTING THE CLIMATE

Позициони рад WASWC и IUSS о међусобним везама земљишта и климатских промена

WASWAC and IUSS position paper on the inter linkages of soil and climate change

Jose L. Rubio¹, Laura B. Reyes-Sanchez², Ning Duihu³, Edoardo A.C. Costantini⁴, Rainer Horn⁵, Miodrag Zlatic⁶

¹ Deputy President WASWAC, Ex-Director of Desertification Research Centre-CIDE, Valencia, Spain

² Immediate Past President IUSS, Agricultural Engineer and Chemistry Departments, National Autonomous University of Mexico, Cuautitl'an Izcalli, Mexico

³ President of WASWAC, International Research and Training Center on Erosion and Sedimentation, Beijing, China

⁴ President IUSS, CNR-IBE - Department of Biology, Agriculture and Food Sciences, Sesto Fiorentino, Italy

⁵ Ex-President IUSS, Institute for Plant Nutrition and Soil Science Christian Albrechts University Kiel, Kiel, Germany

⁶ Past WASWAC President, Belgrade University, Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia

Извод: Овај рад наглашава значај и утицај светских земљишних система као регулатора климе у њиховом још увек неискоришћеном потенцијалу за борбу против климатских промена и тежњу савременог друштва за одрживим коришћењем ресурса и очувањем живота на Земљи.

Овај рад наглашава значај управљања земљиштем и значај очувања земљишта као суштинског алата за дуговечност цивилизација.

Евидентна је блиска веза између климатских фактора и карактеристика земљишта. Осим тога, земљиште активно утиче на климатске параметре, што га чини кључним регулатором климатских услова.

Текст указује на визију која препознаје земљиште као природни систем са социоекономским предностима и еколошким функцијама и наглашава Европски зелени договор и циљеве Уједињених нација у вези иницијативе које се баве питањима тла и земљишта. Такође се наглашава потреба за дубоком и интелигентном радикалном променом еколошких, друштвених и економских приступа у решавању климатских промена. Истиче се одговорност садашње генерације да донесе праве изборе за планету и будуће генерације.

Кључне речи: конзервација земљишта, конзервација вода, дезертификација, земљишни алbedo, отпорност земљишта, регулација климе

Abstract: This position paper elaborates on the significance and implications of the world's soil systems as climate regulators in their still unexploited potential to fight climate change and in the aspiration of modern society aiming at sustainable use of resources and safeguarding of

life on the planet. The paper stresses the importance of Soil Management and Land Conservation as essential tools for the longevity of civilizations. Under the current climate change, there is a close relationship between climate factors and soil performance, but soil influences climate parameters, making it an important climate regulator. The text calls for a vision that recognizes soil as a natural system with socio-economic benefits and ecological functions and mentions the European Green Deal and United Nations Sustainable Development Goals as initiatives addressing soil and land issues. The text emphasizes the need for a profound and intelligent radical change in environmental, social, and economic approaches to address climate change. It highlights the responsibility of the current generation to make the right choices for the planet and future generations.

Keywords: soil conservation, water conservation, desertification, soil albedo, soil resilience, climate regulation

УВОД

Пре око дванаест хиљада година, у Холоцену, стабилизација и побољшање климе омогућило је почетак пољопривреде, а као последицу и изградњу првих градова, цивилизација, науке, технологије и напредак који сада уживамо.

Данас је сав овај људски развој и напредак у опасности од још једне климатске промене, али овога пута не природно, већ изазвано човеком. Актуелне антропоке климатске промене прете дестабилизацијом и колапсом основних производних система и кључних друштвено-економских структура.

Основна последица је хемијска промена атмосфере која подразумева модификацију климатских параметара и њихову повратну спрегу на копнене екосистеме. Садашњи ниво благостања и напретка, барем у неким деловима планете, има своју Ахилову тетиву у последицама огромне тонаже гасова стаклене баште које непрекидно емитујемо у атмосферу више од два века.

То је глобална претња без преседана у људској историји. Највероватније су климатске промене највећи друштвени, економски и еколошки изазов 21. века. У многим аспектима суочавамо се са проблемима још увек непознатих и непредвидивих последица, за чију контролу ће бити потребна научна сазнања, нови одговори и интелигентнији начини односа према природној средини.

Тренутни тренд глобалног загревања има посебан утицај на функционалност земљишта. Климатске промене мењају покретаче природне климатске варијабилности и климатских екстрема, са накнадним утицајем на копнене екосистеме и копнене процесе. Заузврат, физички, физичко-хемијски и биогеохемијски механизми притиска на земљиште и повратне информације утичу на климатски систем.

Према шестом извештају Међувладиног панела Уједињених нација за климатске промене (2021), „температуре ваздуха на површини земље су расле брже од глобалне површинске температуре од 1850-их година, и практично је извесно да ће ово диференцијално загревање трајати и у будућности”. Готово је извесно да су учесталост

и интензитет врућих екстрема и интензитет и трајање топлотних таласа порасли од 1950. године и да ће се даље повећавати у будућности чак и ако се глобално загревање стабилизује на 1,5 °C. Учесталост и интензитет јаких падавина порасли су у већини оних копнених региона са добром осматреном покривеношћу и врло вероватно ће се повећати на већини континентата са додатним глобалним загревањем. Током протеклих пола века, кључни аспекти биосфере су се променили на начин који је у складу са загревањем великих размера: климатске зоне су се помериле ка полу, а дужина вегетације на северној хемисфери сада траје дуже. “Већина земљишних ресурса је искусила смањење расположиве воде током сушних сезона због укупног повећања евапотранспирације. Земљиште погођено све већом учесталошћу и јачином суша прошириће се са повећањем глобалног загревања”.

Као значајна последица, повећање варијабилности климе, екстремни климатски феномени, бујичне кише и поплаве утичу на стабилност земљишта и њихову способност да спрече екстремне климатске појаве и одржавају продуктивност и биолошку разноврсност на земљишту. Насупрот томе, деградација земљишта посебно услед неприлагођеног управљања земљиштем утиче на важне параметре климатске регулације и хемијски састав атмосфере. Између осталог то су: промене у албеду, радијационом утицају, влажности земљишта, храпавости површине, евапотранспирацији, емисији и задржавању гасова стаклене баште (угљен-диоксид, метан, азот-диоксид), промене на површинама кондензације и емисија аеросола и честица прашине.

Вероватно једна од најозбиљнијих последица тренда глобалног загревања је утицај на процесе деградације земљишта, односно дезертификације сувих подручја планете што утиче на стабилност и функционалност природног окружења. Свакако да се доводи у питање безбедност животне средине (Rubio, Recatala, 2006) чији резултат су присилне миграције, недостатак воде, безбедност хране, шумски пожари и важне социоекономске последице након нарушавања заштитне улоге тла које се уочава са екстремним климатским догађајима (суше, топлотни таласи, исушивајући ветрови, бујичне поплаве, клизишта и урушавање обронака). Важност и импликације ових интеракција захтевају светски координисане напоре да се повећају научна сазнања о утицају различитих климатских фактора на различите процесе деградације земљишта, на регулаторни капацитет земљишта суоченог са трендом глобалног загревања и на дизајнирање ефикасних мера, да се хитно примени широм света.

Данас постоји побољшање у перцепцији климатских промена и њихових последица од стране друштва, научних удружења (попут WASWAC или IUSS), администрација и међународних организација у сфери УН. У складу са овим трендом, бројне владе, ЕУ и међународне конвенције УН о заштити животне средине (UNFCCC, UNCBD, UNCCD) најавиле су важне одлуке и мере за деловање на претњу климатских промена (UNFCCC Париске одлуке, споразуми, циљеви одрживог развоја УН и бројни Нови зелени договори и Зелени планови). Смањење емисија гасова стаклене баште ради ублажавања глобалних климатских промена, обезбеђивање сигурности хране одржавањем одрживог и отпорног коришћења земљишта (УН, 2013; УН, 2014), чиста вода за пиће неопходна за живот људи и одржавање копнених и водених екосистема (Laudato, 2015) како би се коначно испунили циљеви одрживог развоја (UN, 2015) су сви циљеви који директно укључују земљиште као један од најважнијих природних ресурса. Стога ће постизање

ових циљева бити могуће само ако сачувамо тло као опште добро човечанства (FAO 2012; UN 2013, SLCS - Латинско-америчко друштво за науку о земљишту, 2012).

Земљиште, као основни саставни део копненог екосистема, услуге које пружа и сама наука о земљишту и заштити земљишта свакако треба да допринесу формулисању и спровођењу ефикасних стратегија и покретању амбициозних приступа борби против климатских промена. Научно и логично, не може се разумети игнорисање било које компоненте копненог екосистема, а још мање земљишта као камена темељца читавог система. Оскудно разматрање земљишта, као што је било до данас, мора се променити. Сада је време да се то учини, а да ове околности не прођу. Треба напоменути да је угљеник у тлу тек први пут разматран у преговорима о климатским променама на Париској конференцији (COP 21, UN 2015)).

Неадекватно разматрање земљишта и његове улоге као регулатора климе је неоправдано, јер може довести до спречавања ефикасности у укупној борби против климатских промена, а такође може и умањити ефикасност иницијатива у другим секторима (енергетика, саобраћај, урбанизам).

Овај радни документ елаборира значај и импликације светских земљишних система као регулатора климе у њиховом још увек неискоришћеном потенцијалу за борбу против климатских промена и у тежњи савременог друштва које има за циљ одрживо коришћење ресурса и очување живота на планети.

Контекст

Први пут у историји човечанство се суочава са планетарном кризом, чије су последице дубоко неизвесне. Хемијска промена атмосфере услед емисије гасова стаклене баште, и последичне климатске промене, поставили су еколошки проблем локалног порекла у глобалну димензију. Без сумње, климатске промене су главни друштвени и еколошки изазов 21. века. Штавише, овај изазов је блиско испреплетен са другим кризама, како директно тако и индиректно. То се тиче демографске експлозије, несигурности хране, nestaшице воде у комбинацији са квалитетом воде, оскудице обрадивог земљишта, деградације земљишта и десертификације, ерозије и заслањавања земљишта, безбедности животне средине и сродних присилних миграција и сукоба, промена у коришћењу земљишта (проширење града, заптивање тла, потрошња земљишта), контаминације земљишта, отпада, губитка биодиверзитета и квалитета пејзажа, истраживање алтернативних извора енергије попут биогорива, континуирано повећање природних катастрофа као што су шумски пожари, поплаве и клизишта.

Све ангажованије и савесније друштво жели да допринесе и промени ток догађаја, али су му потребне информације, смернице и стратегије које подржавају и обезбеђују очекивања напретка, благостања и истински одрживог коришћења природних ресурса. Заинтересовано друштво захтева мобилизацију свих расположивих ресурса и унапређење природних механизма регулације и заштите климе да би се узнемирила климатска ванредна ситуација. Изненађујуће, постоји стратешки и распрострањен природни медиј, а то је земљиште, које остаје готово заборављено. Неочекивано, усред активности које су до сада предузете, потенцијална улога тла у борби против климатских промена остаје упадљиво занемарена. Ово је пропуст који ни човечанство ни планета не могу себи да приуште.

Планета Земља има веома необичан дизајн. Од укупне огромне запремине Планете, земаљски живот је концентрисан у танком, крчком, изложеном површинском слоју. Овај живи организам који обухвата, повезује и даје живот планети назива се земаљште. Остатак целокупне масе планете је инертан и беживотни минерални материјал. Због своје биолошке компоненте земаљште је веома осетљиво на температурне и флукуације воде. Копнени биодиверзитет, производња готово све хране, пејзаж, регулација водних ресурса, амортизација климатских процеса, стабилност и отпорност територије и психолошки утицај људске припадности и обогаћивања, све зависи од те крхке живе мембране причвршћене на Земљу. Међутим, а можда и због свог свакодневног живота, друштво није свесно импликација и значаја живе коже наше планете, кључних функција које она развија или њене рањивости.

Информисање и подизање друштвене свести о улози земаљшних ресурса, је од великог значаја за живот на планети. Јавност треба да открије и ужива у улози тла као система за одржавање живота и његовим међусобним односима, не само са климом већ и са флором, фауном, производњом хране, пејзажом и биодиверзитетом. За јавност уопште, то је нешто мрачно и непознато што се узима здраво за готово.

Информисање и подизање друштвене свести је прва акција, потребна да се преусмери и побољша толико потребна перцепција. Јавност треба да открије и ужива у улози земаљшта као система за одржавање живота и његовим међусобним односима, не само са климом већ и са флором, фауном, производњом хране, пејзажом и биодиверзитетом. Историјски гледано, однос између човека и земаљшта био је присан и дуг. Постоји дуга евиденција успеха, али и потешкоћа. Историја открива да је конзервација земаљшта и вода кључна за постојаност сваке цивилизације. Управљање и конзервација земаљшта обликовали су људску историју. Веома је илустративно и разјашњавајуће анализирати светску историју са становишта човековог односа према продуктивном земаљшту.

Уобичајени образац у почетном развоју култура била је тесна зависност од богате земље. Историјски записи откривају да је након периода процвата, а нажалост у многим случајевима, неразумно управљање земаљшним ресурсима занемаривањем ограничене отпорности тла или климатских промена довело до исцрпљивања земаљшног капитала. То је довело до прогресивног пада пољопривредне продуктивности. Када, у току овог негативног тренда, расположиво знање или импровизирана решења нису били довољни за проналажење решења, недостатак виталних ресурса је лако водио до друштвене нестабилности, друштвених поремећаја, присилних миграција, сукоба, насилних сукоба и ратова.

Иако међу стручњацима нема опште сагласности о разлозима пропадања, урушавања и нестанка бројних цивилизација, постоји консензус у истицању да је лоше управљање земаљштем и водама кључни фактор. Познати су примери Инда из долине Харапа, Месопотамије, Мезоамерике (Олмеци, Маје, Чакуанци, Хуори) као и Северне Африке и Медитерана. Бројни аутори су документовали пропадање цивилизација кроз историју упоредо са уништавањем њиховог тла (Carter и Dale, 1974; Horn, 2021; Lindert, 2000; Lovdermilk, 1999; Montgomeri, 2007).

Сви су они допринели сазнању о историјској улози конзервације земаљшта у људској историји и утицају на успон и пад цивилизација. Климатске промене су у неким

случајевима идентификоване као окидач. Као што је наведено, процват цивилизације од пре око 10.000 до 7.000 година био је зависан од стабилности климатских услова. Египатске, микенске, хетитске, мезопотамске и цивилизације долине Инда, пропале су пре око 4.200 година (рано бронзано доба) због периода тешке суше (Glikson, 2014). У многим случајевима, више од климатских промена, у последњих 10.000 година, неадекватно управљање идентификовано је као главни фактор деградације.

Чини се да је ово судбина многих древних цивилизација које су копале земљиште и убрзавале ерозију земљишта далеко изнад темпа формирања и капацитета земљишта да одржи живот. У неким климатским или друштвено променљивим околностима, немогућност прилагођавања управљања земљиштем променљивим условима или недостатак правовремене реакције били су узрок деградације. Технолошка револуција изазвала је распрострањену сечу шума, уз повећање водне и еолске ерозије, убрзане током сушних периода. Феномен је био толико распрострањен да се еолски седименти још увек могу наћи широм Медитеранског басена (Constantini et al., 2018; Constantini et al., 2009; Ialalon и Ganor, 1973).

Историја нам говори да су управљање и конзервација земљишта одредили животни век цивилизација. Такви проблеми нису само древна историја. Неке недавне велике катастрофе као што су Dust Bowl 1930-их и суша у Sahel-у, 1970-их, показују постојаност грешака и њихових последица у управљању земљишним ресурсима. Такође, у скорије време, дошло је до значајног пораста различитих климатских катастрофа због екстремних климатских појава локалног или регионалног опсега које се дешавају широм планете.

Данас смо суочени са климатским променама, повећаном деградацијом земљишта и смањењем земљишта доступног за производњу хране. У светлу димензија и импликација савремених глобалних криза, историја нас подстиче да будемо свесни и да не понављамо грешке из прошлости, посебно оне које се тичу очувања земљишта и воде. Потребно је да се запитамо шта можемо научити из прошлости и да пронађемо трагове који се могу применити на нашу садашњу ситуацију. У будућности нас чека несрећна перспектива, ако се нађемо у поседу свих чињеница, али останемо предодређени да поново проживимо исте трагичне епизоде прошлости.

ЗЕМЉИШТЕ И КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ

Земљиште као ограничавајући слој копненог екосистема је у сталној интеракцији са атмосфером из које прима влагу и одржава сталну размену гасова и токова енергије. Земљиште као сложени живи систем је у континуираној динамичкој коеволуцији, која тежи да се прилагоди преовлађујућим климатским условима у динамичку равнотежу у којој се развија прилагођавајући се и осцилујући под утицајем климатских фактора и употребе (Hartmann et al., 2012, Horn, 2021). Способност опоравка од ових утицаја представља такозвану отпорност тла. Насупрот томе, процеси и карактеристике земљишта имају значајан утицај на климу.

Систем земљишта представља животну средину са огромном биолошком активношћу и управо због поменутих биолошких импликација, веома је осетљив медијум на доступност воде, гасова и топлоте, као и на варијације климатских параметара.

Органске насlage угљеника у земљишту чине огроман резервоар са глобалним садржајем који се процењује на 2.400 Pg (Batjes, 1996), што је одмах иза океана, са 38.000 Pg, и далеко испред 750 Pg ускладиштених у атмосфери и 500 Pg код биљака. Губитак овог природног ресурса, необновљивог у смислу периода људског живота, значи губитак чисте и свеже воде за пиће; у исто време без плодног земљишта и воде дошло би до смањења вегетације која складишти/усваја угљен-диоксид и ослобађа кисеоник потребан за живот. Губитком земљишта губимо и воду, чиме би се изгубила могућност секвестрације CO₂, а тиме и могућност ублажавања климатских промена (Reies-Sanchez, 2018). Деградација земљишта и ерозија могу лако ослободити у атмосферу велике количине угљен-диоксида који се налази у хумусу, што даље утиче на складиштење доступне воде и кисеоника који су неопходни за биљке.

Према томе, земљиште може значајно да делује као понор или као извор атмосферског угљеника, али то зависи од стратегија управљања земљиштем одређеног подручја. Забрињавајуће је то што ослобађање угљеника из земљишта прети да поткопа скупе напоре у смањењу емисија из индустрије, градова и транспорта (https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-anddata/publications/all-publications/caring-soil-caring-life_en).

Предвиђања тренутних трендова климатских промена указују на земљиште, биодиверзитет копно и производне ресурсе као један од најподложнијих елемената. Климатска прогноза указује на значајно смањење падавина, повећање учесталости екстремних догађаја, повећање евапотранспирације, смањење резерве влаге у земљишту и већи утицај сушних периода. Ови климатски обрасци имплицирају општи тренд аридификације. У земљишту овај тренд доводи до повећања минерализације и губитка органских компоненти земљишта. Процењује се да се губитак хумуса у земљишту повећава од индустријске револуције и тренутно износи око 760 милиона тона годишње (Lal, 2003). Тенденција је пораста услед деградације земљишта и ефеката глобалног загревања. У широком спектру земљишта присутних на Земљи, а посебно међу еродираним, постоје велике могућности не само за складиштење и секвестрање угљеника како би се смањиле емисије CO₂ и гасова стаклене баште, већ и за повећање органске материје у земљишту, са последичним повећањем расположиве влаге за системе усева. У исто време, ово доприноси заостајању утицаја екстремних хидрометеоролошких догађаја, и помаже да се смање стварне последице глади и сиромаштва, расељавања, неједнакости и неправде (Reues-Sanchez, 2012, 2015, 2018). Сушне зоне планете (укључујући хипер-сушне, сушне, полусушне, и суве) карактерише хронични дефицит у доступности влажности животне средине, због тога што имају потенцијал евапотранспирације већи од падавина. Ова ситуација структурног недостатка воде утиче на функционисање, карактеристике и потенцијално коришћење земљишта ових зона и успоставља ситуацију рањивости на утицаје као што су процеси десертификације. У својој почетној фази, ови процеси се одвијају подмукло, без очигледних последица у функцији или стабилности земљишта. Међутим, након континуираних утицаја као што су неповољни климатски догађаји, неадекватно управљање земљиштем које траје годинама, шумски пожари, процеси ерозије или недостатак реституције органских компоненти, земљиште почиње прогресивни губитак биолошког квалитета и производног капацитета. Ако се земљишни ресурси у условима аридности неадекватно користе, тло прогресивно губи способност да се опорави и врати ситуација плодности и почетне равнотеже. У овом осиромашењу земљишта, опадајући

нивои органске материје играју значајну улогу због њиховог утицаја на одржавање адекватне едафске структуре, што је једно од пресудних својстава земљишта. Смањење садржаја хумуса у земљишту мења способност земљишта да одржава резерве влаге. Такође утиче на аерацију, динамику хранљивих материја, плодност и биолошки живот земљишта. Деградација структуре такође утиче на физичка својства тла, смањујући унутрашњи капацитет земљишта да издржи неадекватан начин коришћења, као и ерозионе процесе.

Ако се тренд прогресивне деградације настави, на одређеном прагу или прекретници, систем пролази на ниском нивоу биолошког квалитета, при чему могућности опоравка постају веома тешке или неповратне. Земљишта генерално у свим климатским условима имају дефинисану и ограничену "јачину" која квантификује процесе отпорности док њихово прекорачење доводи до неповратних промена. Ово су околности нелинеарног реаговања које може укључивати неповратна оштећења или екстремне услове дезертификације у којима сав биосферски потенцијал подручја може катастрофално изгубити и биолошку и економску продуктивност. Неке регионалне нагле промене могу имати озбиљне локалне утицаје, као што су екстремне температуре, повећана учесталост суша, шумски пожари, бујичне поплаве. (IPCC, 2021).

Према Конвенцији Уједињених нација за борбу против дезертификације (UNCCD), дезертификација представља претварање угроженог земљишта у отпадну и непродуктивну територију.

Нека постојећа предвиђања за аридна подручја указују да температура расте између 2 и 6,3 °C, при чему се значајно смањују падавине, уз повећање учесталости екстремних догађаја, повећање евапотранспирације, смањење резерве влаге у земљишту, и већи утицај сушних периода. Ове климатске карактеристике подразумевају општи тренд аридикације уз истовремени губитак органских компоненти земљишта. Ова деградација може ослободити огромне количине CO₂ у атмосфери. Такође могу бити у питању и други гасови стаклене баште као што су метан или оксид азота. Процењује се да је једна трећина атмосферског угљен-диоксида антропогеног порекла насталог деградацијом земљишта.

Тренд загревања утиче на одржавање соли у земљишту и његово евентуално издизање на површину смањењем падавина и повећањем процеса евапотранспирације. Овај тренд може значајно погоршати постојеће проблеме салинизације и акумулације натријума, као и квалитет воде за пољопривредну, урбану и индустријску употребу.

Као што је већ поменуто, још један важан аспект везан за функције земљишта је његов капацитет против екстремних временских догађаја. Међу утицајима суша, ту су и ефекти обилних киша. Деградирано земљиште је суштински мање стабилно и лакше се разара и покреће. На његов капацитет инфилтрације утиче повећање релативних вредности отицања услед измењеног пречника пора и континуитета по дубини. У овим околностима се повећавају ефекти поплава, клизишта и лавина. Како се повећава запремина еродираниог земљишта, отицање такође повећава његову деструктивну енергију. Негативни ефекти манифестују се кроз штете у пољопривредној производњи, утицају на насељена подручја и инфраструктуру, замуљивање и смањење капацитета хидроакумулација, оштећења комуникационе инфраструктуре и повећања економских захтева према управи и сектору осигурања због насталих штета.

Услови екстремне деградације земљишта или дезертификације доводе до губитка биолошког потенцијала захваћеног земљишта и са њим његове економске продуктивности. Без земљишта не можемо говорити о биодиверзитету, пољопривредној производњи, стабилизацији и отпорности територије, ефикасном управљању водним ресурсима, омогућавању пејзажа и, једном речју, повољном, продуктивном и оснажујућем окружењу за развој природног живота и најбољег људског развоја.

МЕХАНИЗМИ ПОВРАТНЕ СПРЕГЕ ИЗМЕЂУ ТЛА И КЛИМЕ

Алbedo и равнотежа зрачења

Алbedo је однос зрачења које површина рефлектује у односу на зрачење које пада на њу (изражен у процентима). Површина без рефлектоване светлости би имала алbedo нулте вредности док би површина која рефлектује сво упадно зрачење имала алbedo од 100 %. Просечан алbedo Земље је око 30%. Он зависи од карактеристика Земљине површине и његове вредности се веома разликују. Алbedo тла такође варира у зависности од његових карактеристика (садржај органске материје, боја) као и вегетационог покривача односно од начина коришћења земљишта. Земљишта без вегетације, аридне или полусушне зоне, могу имати алbedo између 15 и 25 % (висока рефлексија), док код густе шуме или површине влажне шуме земљиште може имати алbedo око 8 %. Пустине показују највиши алbedo земље која није покривена ледом или снегом.

Деградирана подручја имају тенденцију да мењају боју у светлије нијансе услед смањења вегетационог покривача, смањења горњег слоја земље или лишћа, губитка органске материје или због карактеристика земљишта, које често може бити иловасто, беличасто-сивкасто. Светлији тонови подразумевају повећање алbedo, односно повећање рефлексије зрачења које утичу на површину тла. Различите вредности алbedo утичу на локалне климатске услове који утичу на развој падавина (Rozanov et al.1990; Rubio, 2007). Међутим, квантификација њихових ефеката на тренд глобалног загревања још увек није адекватно утврђена и тренутно је предмет бројних истраживања. Према Отермановој и Чернеиовој хипотези (Otterman, 1974; Charney, 1975), повећање алbedo индукује нето смањење емисије краткоталасног зрачења. Ово има тенденцију да изазове хлађење површине тла које повећава процесе слегања. Ово, заузврат, узрокује смањење конвекције и формирање облака. Као последица овог смањења атмосферске нестабилности, смањене су могућности падавина у овом подручју.

Супротно се дешава са смањењем алbedo, тј. смањење рефлексије. Ова околност одговара тамнијим бојама на површини тла, као што су ситуације густог вегетационог покривача, присуство обилног површинског органског малча, као и хумуса. Ове карактеристике не одговарају пустињским подручјима јер су сасвим супротне. У овим ситуацијама оскудног алbedo долази до већег загревања површине земљишта које тежи да се повећају процеси конвекције. Ово повећање нестабилности ће повећати шансе за падавине у таквим областима.

Дакле, оно што произилази из Отерман-Чарнеи хипотезе је да ће дезертификована подручја вероватно повећати ризик од дезертификације у већој мери изазивајући услове који умањују шансе за примање падавина које би ублажиле спиралу деградације.

Напротив, већа је вероватноћа да ће стабилна, плодна подручја са добрим вегетационим покривачем повећати нивое резерви воде.

Други ефекти повезани са дезертификацијом били би они који утичу на зрачење (Williams and Balling, 1996). Земљина површина прима континуирани ток сунчеве енергије од 341 W/m^2 . Део ове енергије апсорбује земљина површина и атмосфера, а други део се рефлектује и враћа у свемир. Истовремено, сама Земља и њена атмосфера емитују енергију у свемир. Резултат је равнотежа између примљене енергије и енергије емитавања. Људске активности (емисије, промене у коришћењу земљишта, деградација) могу да промене ову равнотежу изазивајући поремећаје. Радијација изазвана одређеним поремећајем је разлика између енергије долазног и одлазног зрачења у датом климатском систему. Када постоји позитивна радијација, тј. више долазне него одлазне енергије, систем има тенденцију да се загреје. Ако је ефекат радијације негативан (више одлазне него долазне енергије), тенденција је ка хлађењу. Концепт зрачења изазваног неким поремећајем је коришћен у извештајима IPCC у контексту процена које омогућавају откривање промена у радијацијском билансу. Гасови стаклене баште (CO_2 , CH_4 , N_2O), тропосферски озон и смањење албеда и стратосферске водене паре имају позитиван ефекат радијације (хипотетички доприносе загревању). С друге стране, утицај аеросола (пре свега сулфиди) или повећање албеда, имало би ефекат хлађења. Зрачење је један од многих параметара интеракције између процеса дезертификације и система регулације климе. Према IPCC (2007, 2019, 2021): “повратне информације о релацији копно - атмосфера играју важну улогу у модулацији регионалних промена, на пример у временским и климатским екстремима. То може довести до већег загревања и појаву екстремних температура у односу на средњу температуру, а можда и хлађење у неким регионима. Показало се да је повратна информација о влажности и температури земљишта релевантна за прошле и тренутне топлотне таласе на основу посматрања и симулација модела.”

Поред промена у албеду, ефекти зрачења се манифестују и кроз емисије гасова са ефектом стаклене баште, као и кроз механизме интеракција промене земљишта и климе. Неки од њих су: утицај на ниво влаге у земљишту, храпавост површине, евапотранспирација, промене на површинама кондензације и емисија аеросола и честица прашине које делују са различитим степеном интензитета у различитим биомима земље према њиховим специфичне карактеристике. Као и други различити аспекти интеракције између тла и климатских промена, расте интересовање за продубљивање и квантификовање ових двосмерних импликација. Синергије између студија из различитих дисциплина и перспектива су веома потребне у настојању боље процене, предвиђања и свеукупне превенције климатских промена.

ЗАКЉУЧЦИ

Шта је потребно урадити?

Управљање земљиштем и земљишним простором је занемарено у проучавању културне еволуције, али је кључно за опстанак цивилизације.

Генерално, ретко се разматра процена земљишта са аспекта лошег управљања и

исцрпљивања земљишних ресурса у проучавању еволуције и опстанка култура. За постојаност и очување сваке цивилизације кључну улогу су имали земљишни и водни ресурси. Данас се суочавамо са климатским променама, све већом деградацијом земљишта и смањивањем земљишта доступног за производњу хране. С обзиром на димензије и перспективе садашњих светских проблема историја нам говори да не би требало поновити грешке из прошлости, укључујући грешке у управљању земљишним ресурсима.

Повезаност климе и тла

Евидентна је блиска веза између климатских фактора и процеса, перформанси и карактеристика земљишта (Sivakumar и Stefanski, 2007). Земљиште се развија под утицајем климе, а заузврат делује на климу тако што регулише и модификује климатске параметре. Потенцијал тла је важан регулатор климе који није адекватно развијен у борби против климатских промена.

Потребна је нова визија за конзервацију земљишта

У свету се, у брзој транзицији, развијају нове перспективе и визије које захтевају решавање нових и кључних друштвених и еколошких очекивања која су у многим аспектима вођена текућим климатским променама.

Велики је значај адекватне процене земљишта као природног система који пружа многе друштвено-економске користи и важне еколошке функције, укључујући превасходну важност регулисања и ублажавања климатских промена. Ова визија треба да укључује пре свега подизање друштвене свести о конзервацији земљишта и његово одрживо коришћење земљишта кроз саветодавне и едукативне приступе.

У међусобној повезаности земљишта и климе потребно је укључити много делатности и фактора као што су: пољопривреда, шумарство, биодиверзитет, урбано планирање, очување природе, уређење водних ресурса, као и специфичне аспекте земљишта који су најдиректније фокусирани на ублажавање и прилагођавање на климатске промене.

Све већа потражња за земљиштем за урбани развој и инфраструктуру „троши“ најплодније земљиште. Такође, неодговарајуће или неодрживо коришћење земљишта и начин на који се поступа са отпадом утиче на здравље земљишта, што заузврат нарушава капацитет земљишта да обавља виталне услуге. Климатске промене врше додатни притисак на здравље земљишта.

Регионалне и глобалне иницијативе

Из претходних разлога, стање земљишта је у средишту новог Зеленог договора за Европу (Европска комисија, 2020) као и у УН у оквиру циљева одрживог развоја, који имају за циљ смањење губитка и загађења биодиверзитета, борбу против климатских промена уз тежњу ка здравој животној средини и одрживом коришћењу земљишта. Потреба је да се активира механизам за предузимање радњи потребних за испуњење циљева UN SDG, посебно оних који се односе на земљишне ресурсе у оквиру глобалних и заједничких законодавних оквира.

Ризикујући остварење SDG циља сигурност хране, морамо да побољшамо пољопривредну продуктивност, али у исто време, суочавамо се са повећаним еколошким захтевима

земљишта да бисмо одржали или обновили еколошке функције и услуге земљишта. Потребан је нови приступ одрживом управљању земљишним простором (SLM) за побољшање биолошке компоненте земљишта која делује са више опсега, и то од структуре тла до димензије пејзажа. На срећу, SLM и праксе конзервације земљишта и вода све више јачају приступе еколошким функцијама земљишта и пружању услуга агроекосистема. Ово ће представљати побољшање пољопривредне производње у погледу њене ефикасности и њене адаптације на климатске промене, уз технолошка и биотехнолошка побољшања. Земљишни приступи прилагођавању и ублажавању климатских промена нуде могућности за иновативна научна и технолошка достигнућа. Многе стратегије управљања имају повољан ефекат смањења емисија и секвестрације угљеника, као што је употреба покровних усева и садња и заштита дрвећа и других вишегодишњих биљака.

Неопходно је повратити и редефинисати ублажавање климатских промена применом мера заснованих на повећању потенцијала земљишта као складишта за атмосферски угљеник кроз примену пошумљавања, санације земљишта и секвестрације угљеника као што је наведено у последњим IPCC извештајима.

Уопштено говорећи, произвођачи треба да знају које стратегије ће бити најутицајније у њиховим јединственим ситуацијама, али научна сигурност често недостаје о томе колико многе од ових стратегија функционишу у различитим регионима и производним системима услед климе која се мења.

Глобалне промене захтевају промене у људском понашању

Радикална промена еколошких, друштвених и економских приступа је потребна за решавање климатских промена и доношење одговорних избора за будуће генерације. Што се тиче понашања људи, неопходно је увести промене у смернице за исхрану ка здравим производима са мање емисија и начином коришћењем земљишта. Исто тако, потребно је смањити расипање хране, како у ланцу снабдевања, тако и у домаћинствима и поново их користити по принципима циркуларне економије.

Да бисмо задржали а и побољшали постојеће нивое напретка и развоја потребна је радикална промена еколошких, друштвених и економских приступа и ставова. У том смислу потребна су истраживања друштвених иновација, водећи рачуна да се не понављају грешке из прошлости. Секвестрација угљеника и заштита земљишта су у центру поменуте парадигме промена и кључни су фактори у борби против климатских промена. Поред ове велике парадигме, данас постоје три главна глобална питања за одрживо коришћење земљишних ресурса: (1) повећати производњу хране кроз еколошку пољопривредну производњу, специфичну за одређену локацију; (2) омогућавање деловања еколошких функција за очување земљишних ресурса и биодиверзитета и (3) јачање капацитета земљишта за ублажавање климатских промена. Данас смо свеснији вероватних последица наших избора више него било које друштво у историји. Зар не би било збуњујуће ако бисмо наставили да правимо грешке? Како ће нам судити будуће генерације?

Само дубока и интелигентна радикална промена у начину на који се понашамо са планетом која нас издржава омогућиће нам да се суочимо са овим великим глобалним изазовом који смо сами изазвали. Сада је време предузимања акција.

ИЗЈАВА

Аутори изјављују да је овај рад објављен у часопису *Soil Security* 14 (2024) 100124 (www.sciencedirect.com/journal/soil-security) под оригиналним насловом „Protecting the soil is protecting the climate WASWAC and IUSS position paper on the inter linkages of soil and climate change“. Аутори су сагласни да се рад преведе на неколико језика, међу њима и на српски, у циљу наглашавања потенцијала земљишта као климатског регулатора. Радикална промена у начину на који перципирамо и користимо земљишне ресурсе је неопходна да бисмо се борили против климатских промена и сачували повољну будућност за нове генерације.

ЛИТЕРАТУРА

1. Batjes, N.H., 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *Eur. J. Soil Sci.* 47 (2), 151–163. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x>. Carter, V.G., Dale, T., 1974. *Topsoil and Civilization*. University of Oklahoma Press.
2. Charney, J.G., 1975. Dynamics of deserts and drought in the Sahel. *Q. J. R. Meteorolog. Soc.* 101, 193–202. <https://doi.org/10.1002/qj.49710142802>.
3. Costantini, E.A., Carnicelli, S., Sauer, D., Priori, S., Andreetta, A., Kadereit, A., Lorenzetti, R., 2018. Loess in Italy: genesis, characteristics and occurrence. *Catena*, 168, 14–33. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.02.002>.
4. Costantini, E.A.C., Priori, S., Urban, B., Hilgers, A., Sauer, D., Protano, G., Trombino, L., Hülle, D., Nannoni, F., 2009. Multidisciplinary characterization of the middle Holocene eolian deposits of the Elsa River basin (central Italy). *Quat. Int.* 209 (1–2), 107–130.
5. European Commission. 2020. Caring for soil is caring for life – Ensure 75% of soils are healthy by 2030 for healthy food, people, nature, and climate. Interim report of the Mission Board for Soil Health and Food. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/caring-soil-caring-life_en.
6. FAO. 2012. Global soil partnership Mandate. <http://www.fao.org/globalsoilpartnership/es/>.
7. Glikson, A.Y., 2014. *Climate and Holocene civilizations*. Springer Briefs in Earth Sciences Evolution of the Atmosphere, Fire and Anthropocene Climate Even Horizon. Springer.
8. Hartmann, P., Zink, A., Falige, H., Horn, R., 2012. Effect of compaction, tillage and climate change on the soil water balance of Arable Luvisols in Northwest Germany. *Soil Tillage Res.* 124, 211–218.
9. Hydrogeology, Chemical Weathering, and Soil Formation, Chapter 10AWiley&Sons & Horn, R., 2021. ISBN: 978-1-119-56396-9Hyams, E. 1976. Soil and civilization. In: Hunt, A., Egli, M., Faybishenko, B., Hoboken, N.J. (Eds.), *Soils in Agricultural Engineering: Effect of Land-use Management Systems on Mechanical Soil Processes*, Eds. Harper & Row, New York, pp. 187–199. Hydrogeology, Chemical Weathering, and Soil Formation, Chapter 10AWiley&Sons.
10. Lal, R., 2003. Soil erosion and the global carbon budget. *Environ. Int.* 29, 437–450. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(02\)00192-7](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(02)00192-7).
11. Latin-American Society of Soil Science. Declaraci' on de Mar del Plata. 2012. <http://slcs.org.mx/index.php/es/informacion-general/declaraciones/8-mar-del-plata> (Accessed July 25, 2021).

12. Lindert, P.H., 2000. *Shifting Ground: The Changing Agricultural Soils of China and Indonesia*. MIT Press, Cambridge, MA.
13. Lowdermilk, W.C., 1999. *Conquest of the Land Through 7.000 Years*. USDA Agric. Inf. Bull. No. 99. <https://nrcspad.sc.egov.usda.gov/distributioncenter/pdf.aspx?productID=109>.
14. Montgomery, D.R., 2007. *Dirt: The Erosion of Civilizations*. University of California Press.
15. IPCC 2007. 4th Assessment report. Working group II. Chapter 2: Changes in atmospheric constituents and radiative forcing.
16. IPCC 2019. *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*.
17. IPCC, 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change*. Cambridge University Press.
18. Otterman, J., 1974. Baring high-albedo soils by overgrazing: a hypothesized desertification mechanism. *Science* 186, 531–533. <https://doi.org/10.1126/science.186.4163.531>.
19. Reyes-Sanchez, L.B., 2012. Aporte de la química verde a la construcción de una ciencia socialmente responsable. *Educación Química*. 23 (2), 222–229. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30113-1](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30113-1).
20. Reyes Sánchez, L.B., 2015. La educación como política pública de concientización para la preservación del suelo como recurso natural limitante para la existencia de la vida. In: UNAM-CONACYT. *Redescubriendo al suelo y su importancia ecológica*. ISBN: 978-607-02-7468-8 and ISBN: 978-607-02-7467-1.
21. Reyes-Sánchez, L.B. 2018. Edaphological approaches to advancing Sustainable Development Goals: an educational perspective to build a citizen preservation culture, in Lal, R., Horn, R., Kosaki, T. (Eds.), *Soil and Sustainable Development Goals of the U.N. International Union of Soil Sciences (IUSS) Books*. ISBN 978-3-510- 65425-3.
22. Rozanov, B.G., Targulian, V., Orlov, D.S., et al., 1990. Soils, in the Earth as transformed by human action: global and regional changes in the biosphere over the past 300 years. In: Turner, B.L., et al. (Eds.), eds. *Cambridge University Press*.
23. Rubio, J.L., Recatala, L., 2006. The relevance and consequences of Mediterranean desertification including security aspects. In: Valencia, N.A.T.O. (Ed.), *Desertification in the Mediterranean Region: a Security Issue*, Eds. Springer.
24. Rubio, J.L. 2007. Mecanismos de Retroalimentación entre Desertificación y Cambio Climático, in: *Cambio Climático y sus Consecuencias*. S. Grisolia (Ed.), Generalitat Valenciana.
25. Sivakumar, M.V.K., Stefanski, R., 2007. Climate and land degradation overview. In: Sivakumar, M.V.K. (Ed.). *Climate and Land Degradation* Springer.
26. UN. 2013. RESOLUTION 5/2013: International Year of Soils. <http://www.fao.org/soils-2015/about/es/>.
27. UN. 2014. The state of food security and nutrition in the world. www.fao.org/hunger/es/.
28. UN. 2015. Objectives and goals of sustainable development. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.
29. UN. 2015. United nations framework convention on climate change. www.unfccc.int/re_source/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf.

30. Williams, M.A.J. y Balling, R.C. Jr. 1996. Interactions of Desertification and Climate. WMO, UNEP, Arnold London.
31. Yaalon, D.H., Ganor, E., 1973. The influence of dust on soils during the Quaternary. Soil Sci. 116 (3), 146–155.

Preveo sa engleskog
Dr Miodrag Zlatić, red.prof. u penziji

Napomena:

Original ovog rada je objavljen u međunarodnom časopisu “Elsevier”, Soil security 14 (2024)100124 ; journal homepage: www.sciencedirect.com/journal/soil-security

Imajući u vidu značaj problematike koja se obrađuje u radu prvi autor rada Jose L. Rubio je predložio koautorima (među njima je i prof.Zlatić) da se rad po mogućstvu prevede na lokalne jezike i tako objavi, da bi širi auditorijum imao prilike da se upozna sa ovom značajnom problematikom. Mi smo rad sa zadovoljstvom prihvatili i predstavljamo ga našim čitaocima.