

Povećanje otpornosti vinograda: dobra praksa za očuvanje tla i skladištenje ugljika

Agrotehnički postupci važni su za ublažavanje klimatskih promjena, osobito u ranjivoj mediteranskoj regiji u kojoj degradacija tla predstavlja velik problem. Djelotvorne strategije očuvanja tla obuhvaćaju suzbijanje erozije, održavanje plodnosti i očuvanje organske tvari, fizičkih svojstava i hranjivih tvari. Visokokvalitetno tlo povećava održivost jer smanjuje rizik od poplava i pridonosi obnovi zaliha podzemne vode. Ključan aspekt ublažavanja klimatskih promjena optimizacija je skladištenja ugljika putem gospodarenja ugljikom („uzgoja ugljika“ ili „ugljične poljoprivrede“). Budući da na poljoprivredno-prehrambeni sustav otpada otprilike 30 % globalnih antropogenih emisija, povećanje udjela ugljika u tlu putem praksi koje pogoduju sekvestraciji predstavlja održiv pristup za kompenzaciju tih emisija i promicanje održive poljoprivrede.

Poljoprivrednici prilagođavaju svoju praksu tim promjenama, no mnoga rješenja i dalje su ograničena na određene regije ili poljoprivredne sektore. Projektom [CLIMED-FRUIT](#) [1] koji financira EU nastoji se riješiti taj problem prikupljanjem i razmjenom inovativne klimatski prilagodljive prakse iz raznih europskih poljoprivrednih skupina kako bi se povećala otpornost i promicala djelotvorna prilagodba klimatskim promjenama i njihovo ublažavanje. Ovaj članak predstavlja dio rezultata pokusa iz projekata provedenih diljem Europe, prikupljenih u okviru projekta CLIMED-FRUIT.

Recikliranje organskog otpada i ostataka s poljoprivrednoga gospodarstva: besprijekoran ciklus u očuvanju tla

Kompostiranje na poljoprivrednom gospodarstvu

Recikliranje organskog otpada i ostataka kompostiranjem na poljoprivrednom gospodarstvu održiv je način proizvodnje gnojiva za uporabu na poljoprivrednom gospodarstvu. U tom kontekstu [Operativna skupina \(OG\) OLTREBIO](#) [2] oporavlja otpad s poljoprivrednoga gospodarstva procesom kompostiranja. Prva faza procesa uključivala je pripremu kompostne hrpe nakon drobljenja i miješanja sirovina (slika 1), tj. ostataka usjeva pomiješanih s pokošenom travom. Zatim je kompostna hrpa prekrivena folijom i osiguran je unos kisika sustavom prozračivanja koji se aktivirao u pravilnim razmacima (na deset minuta svaka dva sata u prva dva tjedna). Kontinuirano je mjerena temperatura (do 50 – 70 °C), dok je vlažnost provjeravana jednom tjedno (40 % – 70 %). Kako bi se omogućila homogenizacija i fermentacija materijala, kompostna hrpa okretana je dva puta tjedno u prva dva tjedna, a zatim još jednom prije kraja procesa.



Slika 1: Kompostiranje na eksperimentalnoj farmi talijanske istraživačke organizacije CREA-AA: 1. prikupljanje poljoprivrednog otpada; 2. usitnjavanje i miješanje; 3. priprema kompostne hrpe i unos kisika; 4. provjera temperature i vlažnosti; 5. skladištenje zrelog komposta; 6. primjena na terenu [3]

Zreli kompost primjenjivan je tri godine kao gnojivo u organskim nasadima stolnoga grožđa u dozama od 2,1 tone po hektaru, čime je smanjena potreba za ulaznim resursima i gorivom za 70 % odnosno 10 %.

Upotreba ostataka od rezidbe

Operativna skupina [OG Carbocert](#) [4] ocijenila je koristi od upotrebe ostataka od rezidbe u vinogradima njihovim prostiranjem po površini tla u međurednom prostoru. Isjeckani ili usitnjeni ostaci moraju biti dovoljno mali da se spriječi nastanak gruda u kojima se mogu gnijezditi štetnici, da se ne ometaju drugi postupci u vinogradu (obrađa, sjetva itd.) i da se olakša razgradnja ostataka. Spora razgradnja znači da se ugljik uvodi postupno i tijekom duljeg razdoblja, što može povećati sadržaj organskog ugljika u površinskim slojevima tla za 60 %. Kada se ti postupci kombiniraju s malčiranjem, povećanje doseže 73 %.

Usporedba različitih sredstava za kondicioniranje s obzirom na skladištenje ugljika u tlu

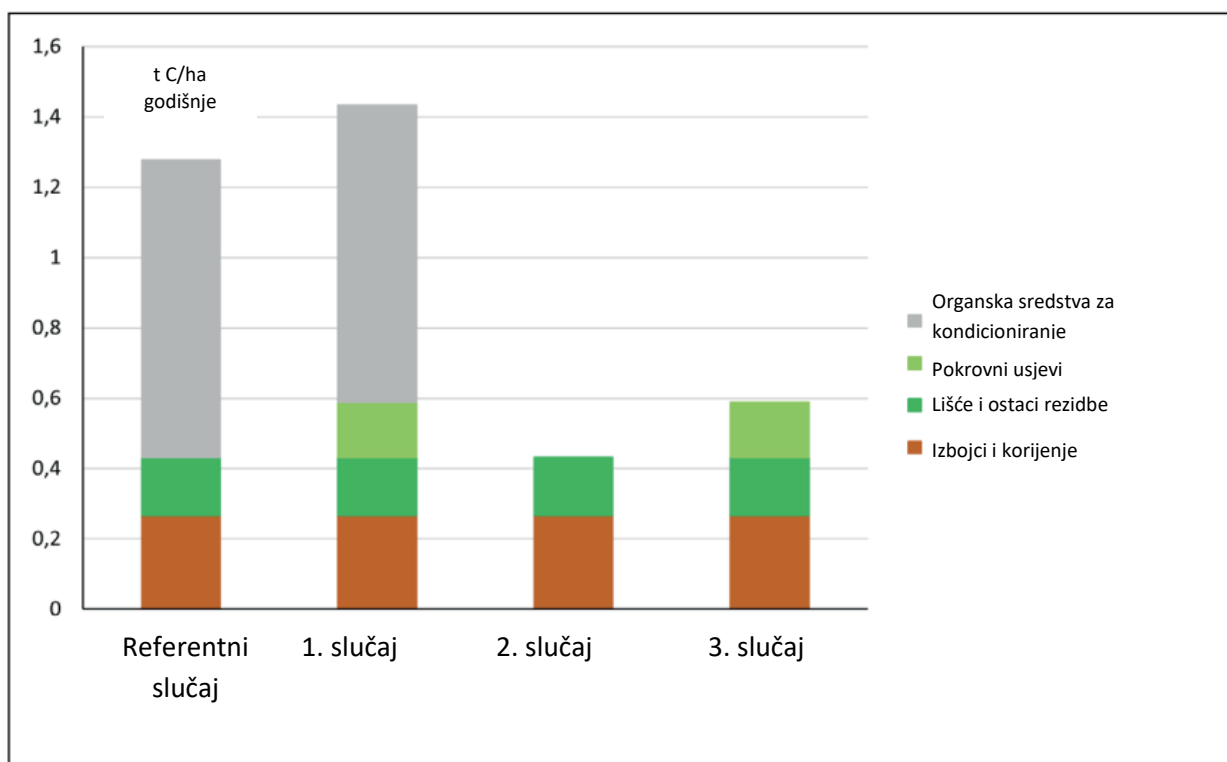
U [projektu OAD MO](#) [5] provedeni su pokusi u vezi s primjenom organskih tvari na vinogradarskim tlima, uključujući kompost od zelenog otpada, komercijalni kompost, kompost od komine i pokrovne usjeve. Rezultati pokazuju da se organskim tvarima povećava udio ugljika i organskih tvari u tlu, iako postoje znatne razlike među različitim vrstama ispitanih organskih tvari zbog sporog razvoja razina ugljika u tlu i heterogenosti raspodjele ugljika.

Podaci su upotrijebljeni za određivanje parametara i validaciju [modela AMG za vinogradarstvo](#) kojim se izračunavaju promjene zaliha organskog ugljika kroz dulje vrijeme.

Razvijen je prototip alata za simulaciju kako bi se uzgajivačima osigurao alat za potporu pri donošenju odluka. Analizirana su tri slučaja vinograda Languedoc s kamenitim aluvijalnim tlom tipičnim za Costières de Nîmes:

- Referentni slučaj: mehaničko plijevljenje svih međurednih prostora i unos komposta zelenog otpada (25 tona svake četiri godine, 36 % organske tvari, indeks stabilnosti organske tvari 60)
- 1. slučaj: privremeni pokrovni usjev u svim međurednim prostorima, primjena 25 tona komposta od zelenog otpada svake četiri godine (36 % organske tvari, indeks stabilnosti organske tvari 65) i ostavljanje ostataka od rezidbe na tlu
- 2. slučaj: mehaničko plijevljenje i ostaci od rezidbe
- 3. slučaj: ostaci od rezidbe i privremeni pokrovni usjevi u svakoj traci.

Ta je simulacija pokazala da je sadržaj ugljika u tlu dobiven dodavanjem organskih tvari za kondicioniranje (kompost zelenog otpada) mnogo veći od sadržaja dobivenog travnatim pokrovom (oko pet puta veći) (slika 2). Model AMG predviđao je povećanje zaliha ugljika u tlu od 2 t/ha nakon otprilike 15 godina primjene privremenog travnatog pokrova. Osim toga, primjena organskih tvari za kondicioniranje mogla bi znatno povećati zalihe ugljika u tlu za 10 i 15 t C/ha do 2050. godine.



Slika 2: Rezultati simulacije s upotrebom OAD MO (alat za potporu odlučivanju o organskim tvarima) u vinogradu Languedoc [6]

Pokrovni usjevi: saveznik u borbi protiv erozije i promicanju skladištenja ugljika

Pokrivači tla

Upotreba pokrivača tla (prirodnih ili zasijanih) preporučena je praksa u održivom vinogradarstvu, osobito na strmim padinama, namijenjena borbi protiv erozije tla.

Operativna skupina [OG IOCONCIV](#) [7] proučavala je u Toskani, u Italiji, uporabu pokrovnog usjeva koji se sam rasijava, ispod trsa (slika 3). Kao trajni pokrov odabran je *Trifolium subterraneum ssp. brachycalycinum* zbog sposobnosti samorasijavanja koja omogućuje različite cikluse tijekom 3 – 4 godine. Podvrsta *brachycalycinum* razvila se tako da podnosi suha tla i prikladnija je za subalkalna, praškasta ilovasta tla. Biomasa djeteline služi kao živi malč u jesen, zimu i proljeće i pretvara se u neživi malč ljeti, smanjujući natjecanje s vinovom lozom za vodu i hranjive tvari te stres zbog suše zahvaljujući pokrivenosti tla tijekom ljeta. Krajem ljeta spontano klijanje sjemena djeteline pokreće novi biološki ciklus unutar reda, nudeći prednosti kao što su suzbijanje izbijanja korova i poboljšanje plodnosti tla.



Slika 3: Fotografije A i B prikazuju podzemnu djetelinu na vrhuncu vegetativne faze, a fotografija C nakon što uvene, nastavljajući pokrivanje tla kao neživi malč [8]

Zelena gnojidba

Zelena gnojidba biljni je pokrov koji proizvodi biomasu i vraća se u tlo poboljšavajući njegovu plodnost i strukturu ako se natjecanje za vodu i hranjive tvari drži pod kontrolom. Za pravilnu primjenu ove prakse važno je vrijeme i način uklanjanja tih usjeva te izbor biljnih vrsta. Zelena gnojidba može utjecati na opskrbu usjeva dušikom, čime se ograničava upotreba ulaznih resursa[9].

Tijekom pokusa provedenog u jednom vinogradu u Francuskoj izmjereno je da je oko 62 % ugljika u biomasi uklonjenog zelenog gnojiva mineralizirano, dok je ostatak klasificiran kao „stabilan“ ugljik, označen indeksom stabilnosti organske tvari (OMSI)[10]. Ako je vrijednost OMSI bliža 100 %, to pokazuje da će ugljik iz zelenoga gnojiva ostati u tlu tijekom duljeg razdoblja. Provedeni su izračuni kako bi se odredio teorijski kapacitet skladištenja ugljika u zelenim gnojivima. Na primjer, zelena gnojidba s 4 tone suhe tvari/ha (zasijane u svim međurednim prostorima) predstavlja 1600 kg C/ha, tj. 608 kg stabilnog ugljika po hektaru (OMSI 38 %). U slučaju zelenoga gnojiva zasijanog u svakom drugom redu, potencijalno skladištenje ugljika iznosi 200 kg/ha, tj. 50 kg C/t suhe tvari. To skladištenje ugljika vrlo malo varira, ovisno o vrsti zelenoga gnojiva jer sve imaju isti indeks stabilnosti organske tvari [10].

U mediteranskim uvjetima što ranijom sjetvom usjeva za zelenu gnojidbu krajem ljeta (krajem kolovoza i početkom rujna) osigurat će se da sadnice budu dobro razvijene do obilnih kiša u jesen kako bi se smanjila erozija te spriječilo da lišće vinove loze bude otpuhnuo (ono je izvor prehrane tla). U mediteranskim uvjetima preporučljiva je gusta sjetva (za sve vrste) i odabir dobro diversificirane mješavine (mahunarke, trave, kupusnjače) kako bi se osigurala održivost pokrova s rotacijom dominantnih vrsta.

Agrošumarstvo i živice: stvaranje rezervoara ugljika na parcelama i oko njih

Drveće i živice imaju ključnu ulogu u oblikovanju plodnosti tla i skladištenja ugljika jer djeluju kao spremnik ugljika, apsorbirajući atmosferski CO₂ fotosintezom i pohranjujući ga u svojoj biomasi (drvo, korijenje, lišće) i tlu kroz korijenske sustave i organske tvari. Živice od stabala i grmlja ujedno mogu smanjiti otjecanje, a time i gubitak organske tvari zbog erozije tla. Na temelju pregleda literature [11] živice od stabala i grmlja pridonose dodatnom skladištenju ugljika od 750 kg C/ha po živici godišnje. Međutim, zbog nedostatka prostora i natjecanja za vodu i hranjive tvari, općenito je teško uspostaviti takvu živicu ako je već zasađen vinograd. U takvim se slučajevima preporučuje sadnja manjih živica od grmlja duž granica parcele. Skladištenje ugljika povezano sa sadnjom živica od grmlja oko parcela s vinovom lozom može se procijeniti pomoću kalkulatora ugljičnog otiska, [aplikacije GES&VIT](#) [12] koju je razvio IFV.

Gospodarenje ugljikom: maksimalno skladištenje ugljika u svim fazama uzgoja

Gospodarenje ugljikom („uzgoj ugljika“ ili „ugljična poljoprivreda“) proces je promjene poljoprivredne prakse kako bi se povećala količina ugljika pohranjenog u tlu. Skladištenje ugljika u tlu moglo bi postati moćan alat u borbi protiv klimatskih promjena jer uklanjanje velike količine ugljika iz atmosfere i kompenzira buduće emisije iz poljoprivrede. Europska unija aktivno promiče praksu gospodarenja ugljikom kako bi se financiranim projektima povećala sekvestracija ugljika u tlu i suzbijale klimatske promjene. [Katalog projekata gospodarenja ugljikom](#) [13] smjernica je u kojoj su navedene uspješne prakse gospodarenja ugljikom u poljoprivredi iz projekata financiranih u okviru raznih europskih programa.

Cilj je projekta [Carbon Farming Med – Euroregion](#) [14] pomoći poljoprivrednicima da razviju održiv i otporan mediteranski poljoprivredni sustav uz istodobno poticanje njihova ulaska na tržište ugljika kako bi ostvarili drugi izvor prihoda. Taj će se cilj postići optimizacijom obnovljivih poljoprivrednih praksi u mediteranskom kontekstu i osiguravanjem potrebnih alata za olakšavanje prihvaćanja ugljičnih kredita, tj. bonusa ugljikovih jedinica na tržištu. Projektom [Carbon Farming – CE project](#) [15] standardizira se praćenje sekvestracije ugljika u poljoprivredi s naglaskom na mjerenje poboljšanja organskog ugljika u tlu (SOC) raznim metodama uzgoja. Partnerstvo prilagođava i ispituje razne tehnike i poslovne modele te razvija alat za praćenje transnacionalne, standardizirane sekvestracije ugljika. [LIFE VitiCaSe](#) [16] projekt je posvećen gospodarenju ugljikom u vinogradarstvu za koji je

karakterističan niz poljoprivrednih i agrotehničkih postupaka radi povećanja kapaciteta vinogradarskog ekosustava za hvatanje i zadržavanje atmosferskog ugljika.

Zaključak

Usvajanje praksi očuvanja tla ključno je za povećanje otpornosti vinograda i ublažavanje posljedica klimatskih promjena, osobito u mediteranskoj regiji. Strategijama kao što su primjena komposta, kompostiranje na poljoprivrednom gospodarstvu, upotreba kompostne juhe, primjena ostataka od rezidbe, pokrovni usjevi i agrošumarstvo znatno se poboljšava zdravlje tla, povećava sekvestracija ugljika i smanjuje ovisnost o vanjskim ulaznim resursima. Te prakse ne samo da podupiru održivo vinogradarstvo već imaju i ključnu ulogu u održavanju plodnosti tla, sprječavanju erozije i poticanju dugoročnih koristi za okoliš.

Bibliografija i izvori

- [1] CLIMED FRUIT project, <https://climed-fruit.eu/>
- [2] OG OLTREBIO <https://climed-fruit.eu/wp-content/uploads/2024/06/5.-EPA-OLTREBIO-COMPOST-TEA.pdf>
- [3] <https://feder.bio/wp-content/uploads/2017/07/Compost-ed-estratti-per-la-sostenibilita-dei-sistemi-agricoli.pdf>
- [4] OG CARBOCERT <https://www.en.une.org/cooperacion/carbocert>
- [5] OAD MO <https://www.vignevin.com/wp-content/uploads/2023/05/3-stockage-du-carbone.pdf>
- [6] https://www.vignevin.com/wp-content/uploads/2024/09/Le-projet-OAD-MO.pdf?_rt=MXwxfGNvbXBvc3R8MTczMjUyOTMwNA&_rt_nonce=ebfbe202b4
- [7] OG IOCONCIV https://www.youtube.com/watch?v=VHEc0l_WJEM&list=PLqU_4ysqg2QmO7plsRi5r5C_M4mMFuVwW&index=6&t=3s&ab_channel=CLIMED-FRUIT
- [8] https://vignevin.sharepoint.com/:w:/r/sites/climedfruit/Documents%20partages/General/Work%20packages/WP4%20Summarising%20info/Task%204.3.%20Writing%20practice%20abstracts%20and%20extended%20practice%20abstracts%20for%20EIP%20AGRI%20community/EPA%207s%20Open%20Contest%20Winners/FV%20EPAs%20OC%20Winners/Lorenzo%20Gabriele%20Tramacere%20-%20cover%20crops%20autoriseminanti/EPA_part1%262_OG%20presentation_Tramacere.docx?d=w5a1b931bcfcd473795e5c9818a7fe5da&csf=1&web=1&e=GZdJHC
- [9] <https://www.vignevin-occitanie.com/wp-content/uploads/2018/10/8-engrais-vert-viticulture.pdf>
- [10] https://www.vignevin.com/wp-content/uploads/2023/05/2-Engrais_verts_pratiques_performances.pdf
- [11] https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/etude-4-pour-1000-resume-en-francais-pdf-1_0.pdf
- [12] GES&VIT https://www.youtube.com/watch?v=qbH_yIY_uGM&list=PLqU_4ysqg2QmO7plsRi5r5C_M4mMFuVwW&index=25&t=1s&ab_channel=CLIMED-FRUIT
- [13] Carbon Farming projects Catalogue <https://acrobat.adobe.com/id/urn:aaid:sc:EU:116d525d-5e14-4064-a9b8-68a33cf36c7b>
- [14] Carbon Farming Med – Euroregion <https://euroregio.eu/en/european-projects/carbon-farming-med-2>

[15] Carbon Farming CE project <https://www.interreg-central.eu/projects/carbon-farming-ce/?tab=home>, <https://www.interreg-central.eu/projects/carbon-farming-ce/?tab=outputs>

[16] LIFE VitiCaSe <https://www.life-viticas.eu/en>

