



IKER  
GAZTE  
NAZIOARTEKO  
IKERKETA EUSKARAZ

## V. IKERGAZTE

NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2023ko maiatzaren 17, 18 eta 19a  
Donostia, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:  
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)



Aitortu-PartekatuBerdin 3.0

## ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**Onddo mikorriziko arbuskularrak:  
nekazaritza ereduaren eta Arabako  
babarrun barietateen eragina**

*Irati Ijurco-González,  
Estibaliz Sarrionandia Areitio,  
Arantza del Canto  
eta Maite Lacuesta Calvo*

153-160 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.v.05.19>

ANTOLATZAILEA:



BABESLEAK:



LAGUNTZAILEAK:



## Onddo mikorriziko arbuskularrak: nekazaritza ereduaren eta Arabako babarrun barietateen eragina

Irati Ijurco-González<sup>1</sup>, Estibaliz Sarrionandia-Areitio<sup>1</sup>, Arantza del-Canto<sup>1</sup>, Maite Lacuesta<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Farmazia Fakultatea, UPV/EHU.  
irati.ijurco@ehu.eus

### Laburpena

Jendartearen elikadura beharrianak asetze aldera, eta egungo aldaketa globalaren aurrean, agroekosistemen kalitatea eta emankortasuna bermatu nahi badira, lurzoruko mikroorganismoen biodibertsitatea indartzea funtsezkoa da; tartean, landareekin sinbiosi mutualistak eratzen dituzten onddo mikorriziko arbuskularrena. Nekazaritza ereduak baduenez aurreko guztian eragina, eta agrobiodibertsitatearen kontra, oro har, geroz eta labore-barietate gutxiago erabiltzen denez, nekazaritza konbentzionalak eta ekologikoak Arabako lautadan ekoizten diren lau barietateren mikorrizazio mailan duten eragina aztertu da. Nekazaritza ekologikoak dibertsitatea sustatzen duela ikusi da, eta, ondorioz, mikorrizazioa areagotzeaz gain, barietate batzuen mikorrizek egoera funtzional hobea erakutsi dute.

Hitz gakoak: Glomeromycota, dibertsitate fungikoa, sinbiosia, *Phaseolus vulgaris*, nekazaritza ekologikoa.

### Abstract

*Strengthening the biodiversity of soil microorganisms, including arbuscular mycorrhizal fungi (which form mutualistic symbioses with plants), is essential to meet the food needs of society and to ensure the quality and fertility of agroecosystems given the current global change. Since the agricultural model affects all of the above, and contrary to agrobiodiversity, the use of crop varieties, in general, is decreasing, the influence of conventional and organic farming on the degree of mycorrhization of four varieties produced in the Llanada Alavesa has been analysed. Organic agriculture promoted diversity, which not only increased mycorrhization, but also the mycorrhizae of some varieties showed a better functional state.*

*Keywords: Glomeromycota, fungal diversity, symbiosis, Phaseolus vulgaris, organic farming.*

### 1. Sarrera eta motibazioa

Eguno nekazaritzak hainbat erronkari egin behar die aurre: a) populazio gero eta handiagoa elikatzeko elikagaiak modu jasangarrian ekoiztea, baliabideak modu eraginkorragoan erabilita (Moore et al., 2016); b) erabat degradatuta dauden nekazaritza lurren egoera hobetu eta emankortasuna bermatzea; c) aurreikusten ziren (Eusko Jaurlaritza, 2015; IPCC, 2014) eta, dagoeneko, gertatu diren (Toreti et al., 2022) lehortek bezalako muturreko egoera klimatologikoen intzidentzia eta larritasun egoeratan laboreak ekoizti. Bestalde, milaka urtez hautatu eta lekuan lekura egokitu eta landatu diren labore-barietateen %90 galdu da mundu mailan (FAO, 2005), gero eta zabalduago eta unibertsalagoak diren gutxi batzuen mesedetan.

Agrobiodibertsitate kontzeptuak barne hartzen ditu ekoizten diren laboreen aldaera guztiak eta horien hazkundean eta garapenean eragiten duten gainerako organismo guztiak (FAO, 2005). Lurzoruko mikroorganismoek ekosistemen egitura eta funtzioetan eragin zuzena dute (Bardgett eta van der Putten, 2014). Hartara, lurzoruen kalitatea eta emankortasuna hobetu eta ingurumen-aldaketetara landareen egokitzeko gaitasuna areagotzeko, ezinbestekoa da mikroorganismo horien jarduera eta funtzioak sustatzea; funtsean, biodibertsitatea handitzea (Bender et al., 2016; Toju et al., 2018).

Lurzoruan dauden askotariko organismoen artean, Glomeromycota dibisioko onddoek interes handia dute nekazaritzarako (Rillig et al., 2016); mikorritza (Grezieratik *myces*, onddo eta *rhiza*, sustrai) arbuskularrak eratzen dituzte landareekin eta horiei esker landareak ingurune baldintzetara hobeto egokitzen dira, besteak beste, ura eta mantengaiak (batez ere P) eskuratzeko gaitasuna eta estresarekiko tolerantzia hobetzen direlako (Saia et al., 2014; Tahat et al., 2020). Ondorioz, estres egoeretan, mikorritzatutako landareek abantaila dute, euren egoera fisiologikoa hobetu ez ezik, laboreen errendimendua ere hobetzen duela behatu baita (Gholamhoseini et al., 2013; Posta eta Hong Duc, 2020).

Dena den, onddo mikorriziko arbuskular (OMA) espezie guztiek ez dutenez portaera bera erakusten ingurumen-baldintza ezberdinen aurrean (Egerton-Warburton et al., 2005), haien hazkuntza ez ezik, aberastasuna eta aniztasuna ere sustatzea ezinbestekoa da (Manoharan et al., 2017). Azken hamarkadetan emandako nekazaritzaren intentsifikazioak, ordea, lurzorua egitura, emankortasuna eta biodibertsitatea kaltetu ditu (Alguacil et al., 2014; Hakeem et al., 2014). Horren aurrean, nekazaritza ekologikoa mikroorganismoen jardura eta biodibertsitatea sustatzeko estrategia eraginkorra da (Manoharan et al., 2017; Verbruggen et al., 2010).

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Mundu mailako landareen %80k elkarte sinbiotiko mutualistak eratzen ditu Glomeromycota dibisioko onddo espezieekin, tartean, labore gehienak (Brundrett, 2009). Guztira, 200 bat onddo-espeziek osatzen dute dibisioa (Schüßler et al., 2001); gainontzeko onddoetan ez bezala, ez zaie ugalketa sexualik ezagutzen eta derrigorrezko sinbionte mutualistak dira. Landare sustraiek jariatutako kinada kimikoei erantzunez lurzoruan dauden espora asexual erresistente eta handiak hozitu, mizelioa garatu, hifak sustrai barnera sartu eta sinbiosia eratzen da. Horrela, OMAen bereizgarri diren egitura fungikoak garatzen dira: onddo eta landarearen arteko mantenugaien truke-bidea diren arbuskuluak eta intereseko substantziak biltegitzen dituzten besikulak (Giovannetti et al., 2010).

Tradizionalki, esporen morfologia erabili da onddo horiek sailkatu eta euren dibertsitatea aztertzeko (Brundrett et al., 1996), eta egun, lurzoruetako OMAen dibertsitatea aztertzeko teknika molekular berriak erabiltzen badira ere, ikerketa ezberdinak ondorio berdinerantz heldzen dira: ohiko eredu intentsiboak sustatutako praktikek dibertsitatea murriztu eta komunitateak kaltetzen dituzte (Avio et al., 2013; de Graaff et al., 2019), eredu ekologikoak, ordea, dibertsitatea hobetu eta ondorioz, laboreen errendimendua ere hobetzen du (Manoharan et al., 2017; Oehl et al., 2004). Dibertsitatea esporetan oinarrituta aztertzeak espora dentsitatea ere aztertzea ahalbidetzen du, eta adierazle hori garrantzitsua izan daiteke, propagulu kantitateak OMAek landare ostalarien sustraia mikorrizatzeko duten gaitasuna baldintzatu dezakeelako (Oliveira eta Sanders, 1999).

Bestalde, egitura sinbiotiko gehiago agertzen dira eredu ekologikoan landutako laboreen sustraian, eta, beraz, eredu konbentzional intentsiboarekin konparatuta, laboreen kolonizazio mikorrizikoa handiagoa izaten da (Banerjee et al., 2019; Bedini et al., 2013). Horretaz gain, gutxi ikertu bada ere, landatutako barietateek, egoera berdinean, mikorrizazioari desberdin erantzuten diotela ikusi da (Estaún et al., 2010), eta barietatearen eta nekazaritza ereduaren arteko interakzioa ere gerta daitekeela behatu da (de Leon et al., 2020).

Araban, 3500 ha inguru hartzen dute nekazaritza ekologikoan lantzen diren lurrek, eta babarrunak (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae familia) ekoizpen eta kontsumo tradizio handia du Araban, eta baita Euskal Herria osoan ere. Urtean 1200 tona inguru ekoizten dira (Eusko Jaurlaritza, 2018) eta, hainbat barietate ereiten den arren, Euskolabel kalitate-marka propioa duen *Pinta Alavesa* da barietaterik ugariena. Badirudi, dena den, ekoizpen handiko barietate berriagoak onddo mikorrizikoekiko selektiboagoak direla tradiziozko barietateak baino (Parvin et al., 2021).

Erabat ezezaguna da, alde batetik, nolakoa den Arabako nekazaritza lurzoruetako mikroorganismoen biodibertsitatea eta nekazaritza ereduak OMAetan izan dezakeen eragina lurraldean, eta, bestalde, bertako babarrun barietateek inguruko OMAen mikorrizazioari nola erantzuten dieten. Beraz, lan honen helburuak dira nekazaritza ereduak lurzoruko onddo mikorriziko arbuskularren biodibertsitatean duen garrantzia aztertu, eta aniztasun horrek babarrun barietate ezberdinen mikorrizazioan duen eragina zehaztea.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Diseinu esperimental eta laginketak

Nekazaritza ereduak babarrun barietateen mikorrizazioan duen eragina aztertzeko, Neikerrek Arkautin (Araba) dituen lursail ekologiko (E) eta konbentzionaletan (K) lan egin zen. Lursail horietako Glomeromycota onddoen dibertsitatea esporen azterketatik zehaztu zen, eta horretarako, lursail bakoitzeko hainbat lagin jaso, homogenezatu eta hoztuta (4°C) gorde ziren. Nekazaritza eredu bakoitzean Arabako lautadan erabiliak diren *Arabako pinta* (AP) eta *Arabako*

*arroz babarruna* (AA) (Rodriguez Izagirre et al., 2006), gutxiago ezagutzen den, *Verde de Orbiso* (VO) barietate tradizionala eta Araban ez, baina Leonen tradizionala den *Riñon de León* (RL) babarrun barietateak erein eta hazi ziren ausazko blokeen diseinua jarraituta. Abuztuan, hazkuntza-zikloaren erdian, tratamendu bakoitzeko 14 landare ausaz altxatu eta, bakoitzaren sustraiak kontu handiz garbitu ostean, 45°C-tan lehortu ziren, mikorrizazioa aztertu arte kontserbazioa bermatzeko.

### 3.2 Esporen erauzketa eta sailkapena

Ekologikoan eta konbentzionalean kudeatutako lurzoruko lagin bakoitzetik, 50 gramoko hiru erreplika tekniko hartu eta esporak bahetze, dekantazio eta iragazte prozesuak jarraituta erauzi ziren (Daniels eta Skipper, 1982). Horretarako, baheak poro-tamaina handienetik txikienera (850 µm, 250 µm, 100 µm, 32 µm) ordenatuta zutabeen kokatu eta, urarekin lagunduta, lur laginak garbitu ziren. Jarraian, lehen bahean geratutako material handia baztertu eta, besteetan jasotako sedimentua %80ko kontzentrazioko sakarosa disoluzioarekin nahastu eta 4 minutuz 3000 r/min-ko maiztasunean zentrifugatu zen. Behin frakzio minerala dekantatuta, likidoa atera, sakarosa garbitu eta suspentsioan zeuden esporak iragazpaperean jaso ziren. Esporak, lupa (Nikon SMZ1000 modelo) erabilia, banan-banan hartu eta polibinilo alkoholarekin (PVA) portatan finkatu ziren. Azkenik, mikroskopioaz (Nikon Eclipse E600 modelo) baliatuta, ezaugarri morfologikoen arabera morfoespezietan sailkatu ziren (Brundrett et al., 1996). Horrez gain, beste 50 gramo lur pisatu eta lehortu ziren lurraren pisu lehorra estimatzeko.

Lursail eta lagin bakoitzetik hurrengo kalkulatu zen: espora-kopuru totala, morfoespezie kopurua eta bakoitzaren ugaritasun totala eta erlatiboa; eta, azken horretan oinarrituta, morfoespezieak arraro, ohiko, ugari eta dominatzaile gisa sailkatu ziren, hurrengo portzentaien arabera, hurrenez hurren: <%5, %5-15, %15-25 eta >%25. Bestalde, erreplika bakoitzeko espordentsitatea (lurzoru-gramoko) eta Shannon-Weaverren (H') dibertsitate-indizea kalkulatu ziren. Nekazaritza ereduak espezie aberastasunean izandako eragina aztertzeko SPSS Statistics 26.0 (IBM Corporation) erabili zen. Datuen hondakin ez-estandarizatuen normaltasuna eta bariantzaren homozedastizitatea egiaztatuz, Shapiro-Wilk eta Levene testak erabili ziren, hurrenez hurren. Ondoren, aldagai bakoitzarentzat faktore bateko bariantzaren analisia (ANOVA) egin zen, %95eko konfiantzan. Ezberdintasun esanguratsuak asteriskoen bidez adierazi ziren (\* p < 0,05; \*\* p < 0,01; \*\*\* p < 0,001).

### 3.3 Babarrun barietateen mikorrizazio-maila

Mikorrizazioa aztertzeko, sustraiak 24 orduz berridratatu eta Phillips eta Hayman (1970)-en prozedurari jarraiki, sustraiak KOHan argitu eta barruko egitura fungikoak anilina urdinarekin tindatu ziren (Grace eta Stribley, 1991). Ostera, laginak formol: alkohol: azido azetiko (FAA) nahastean murgilduta ontziratu ziren, portatan PVAn finkatu ziren arte. Porta horiek mikroskopioan x40ko handipenarekin aztertu ziren eta ebaketa handituen metodoaren bidez ondo egituren presentzia zehaztu zen lagin bakoitzeko 100 puntutan (McGonigle et al., 1990), mikorrizazioa aztertzeko behatzailearekiko mendekotasun txikiena duelako (Füzy et al., 2015).

Hifa (HK), arbuskulu (AK) eta besikulen (BK) kolonizazioa ehunekotan adierazi eta datuak SPSS Statistics 26.0 (IBM Corporation) erabiliz aztertu ziren. Datuen hondakin ez-estandarizatuen normaltasuna eta bariantzaren homozedastizitatea egiaztatu eta, nekazaritza ereduak (NE) eta babarrun barietateek (B) mikorrizazioaren parametroetan izandako eragina aztertzeko, aurreko biak faktore nagusi gisa eta erreplikak ausazko efektu gisa kontsideratuta, bi norabideko bariantzaren analisia (ANOVA) egin zen. Faktoreen arteko interakzioa esanguratsua izan zenean, *post-hoc* proba egin zen (Tukey datu parametrikotarako edo Kruskal Wallis ez-parametrikotarako). Interakziorik egon ezean, maneiak barietate bakoitzean izandako efektua aztertzeko, datu parametrikoen kasuan faktore bateko bariantzaren analisia (ANOVA) egin zen, eta datu ez-parametrikoen kasuan Mann-Whitney-ren bi lagin independenterentzako U testa. Ezberdintasun esanguratsuak asteriskoen bidez adierazi ziren (\* p < 0,05; \*\* p < 0,01; \*\*\* p < 0,001).

### 3.4 Nekazaritza ereduaren eragina onddo mikorriziko arbuskularren dibertsitatean

Arkautiko lursailetan, guztira 22 morfoespezie identifikatu eta 7549 espora zenbatu ziren: 21 morfoespezie eta 4866 espora lursail ekologikoan, eta 17 morfoespezie eta 2683 konbentzionalean; horietatik 16 (%72,7) amankomunekoak izan ziren, 1 (%4,5) konbentzionalean soilik eta 5 (%22,8) ekologikoan soilik aurkitu ziren. Ekologikoan landutako sailean konbentzionalean landutakoan baino morfoespezie-aberastasun handiagoa aurkitu zen ( $p = 0,031$  \*) eta bat dator aurretiaz beste lanetan behatutakoarekin (Säle et al., 2015; Verbruggen et al., 2010). Hala ere, gure emaitzetan ekologikoan eta konbentzionalean landutako lursailen arteko alde handia ikusten den arren, eta, aurretiaz nekazaritza ereduak espora aberastasunean eragina duela behatu bada ere (Bedini et al., 2013; Gosling et al., 2010), ez zen alde esanguratsurik antzeman, ez espora-ugaritasunean ( $E 1622 \pm 555$ ;  $K 894 \pm 80$ ;  $p = 0,088$ ) ezta dentsitatean ere ( $E 39,16 \pm 14,02$  espora/g lur;  $K 20,44 \pm 2,83$ ;  $p = 0,086$ ).

Onddo komunitateen ezaugarria da espezie gutxi batzuk ugariak diren bitartean gehienak oso urriak izatea, eta OMAen joera orokorra ere izaten da (Ares et al., 2021; Säle et al., 2015); egoera muturrekoagoa da konbentzionalean landutako lursailen: arraroak ez diren bi morfoespezieren aurrean, 5 dira lursail ekologikoan. Hartara, komunitate dibertsoagoa izatearekin lotuta egon daiteke, lehendik behatu den moduan (Bedini et al., 2013; Säle et al., 2015), Shannon-Weaver indizearen arabera, lursail ekologikoan konbentzionalean baino OMA dibertsitate handiagoa baitago ( $p = 0,030$  \*).

### 3.5 Nekazaritza ereduaren eragina babarrun bariatateen mikorrizazioan

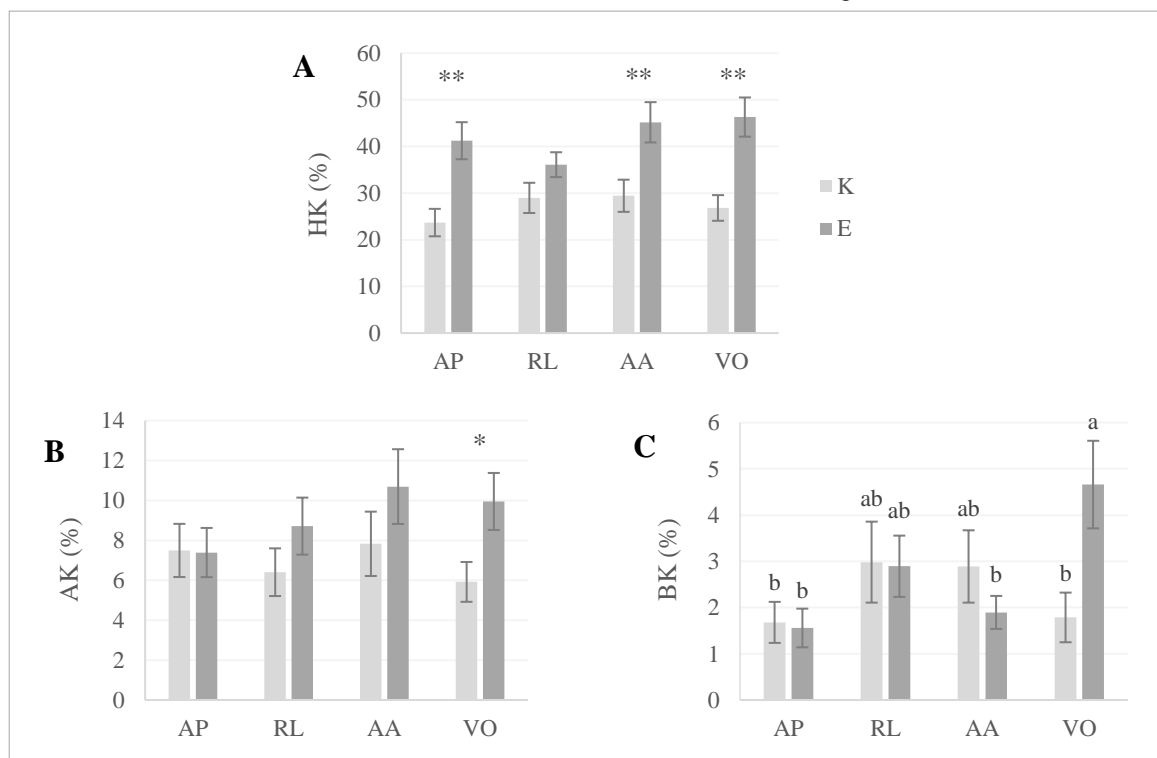
Nekazaritza ereduak zenbait onddo egituratan eragina izan zuen bariatate guztiak bateratuta aztertu zirenean. Ekologikoan hazitako babarrunen hifa kolonizazioa ( $42,2 \pm 1,9$ ) konbentzionalean ( $27,3 \pm 1,5$ ) baino altuagoa izan zen, baita arbuskulu kolonizazioa ere ( $E 9,2 \pm 0,7$ ;  $K 6,9 \pm 0,6$ ); bien kasuan, ez zenez babarrun bariatateen efektu esangarririk ezta bi faktoreen arteko interakziorik eman ere, nekazaritza ereduak bariatate bakoitzaren mikorrizazioan izandako eragina aztertu zen. Bariatate guztiek ez zioten mikorrizazioari berdin erantzun nekazaritza eredu aldaturaz gero. Hifen kolonizazioaren portzentaiak esanguratsuki handiagoak izan ziren lursail ekologikoan hazitako Arabako lautadako bariatateetan: AP, AA eta VO; ez ordea RLen kasuan (**1.irudia, A**). Dena den, bariatate guztiek lursail ekologikoan mikorrizazio balio altuagoak izateari, lursail ekologikoan OMAen dibertsitatea handiagoa izan zela gehituz gero, lursail ekologikoan hazitako landareek aukera hobea dute mikorrizatu eta horren ondoriozko onurak jasotzeko, ura eta elikagaiak eskuratzeko, besteak beste.

Nekazaritza ereduaren eragina bestelako laboreetan ere antzeman bada ere (Banerjee et al., 2019; Bedini et al., 2013; Schneider et al., 2017), mikorrizazio-maila aztertzerakoan ez da onddo egitura bakoitza bereiztu analisiak egiteko. Mikorrizazio-egoera funtzionala aztertzeko, ordea, arbuskuluak eta besikulak bezalako egitura fungikoak aparte kuantifikatzea garrantzitsua izaten da (Füzy et al., 2015). Kasu horretan, bariatate bakarrak erakutsi zuen arbuskuluen kolonizazio-maila esangarriki handiagoa lursail ekologikoan, hain zuzen ere VO bariatateak (**1.irudia, B**). RL eta AA bariatateen kasuan ekologikoan arbuskulu gehiago izan baziren ere, aldea ez zen esanguratsua izan. Besikulen kasuan, nekazaritza ereduaren eta bariatateen arteko interakzioa behatu zen ( $p = 0,022$  \*), hortaz, bariatateak ez ziren independenteki aztertu, baizik eta tratamendu guztiekiko. Hala ere, emaitza arbuskuletan behatutakoarekin bat dator: nekazaritza ereduak VO bariatatearen besikuletan soilik izan zuen eragin esangarria (**1.irudia, D**). VO bariatatearen ekoizpena ez da AP eta AA beste bultzatu, eta, mikorrizazioaren ikuspegitik bere egoera funtzionala besteena baino hobea izan zela ikusita, gerta daiteke onddo mikorrizatioekiko espezifikotasun gutxiago erakustea, tradiziozko beste espezie batzuetan ikusi bezala (Parvin et al., 2021).

Sustrai mikorrizatuak tindaketa metodoaren bidez aztertuta ezinezkoa da jakitea zein edo zeintzuk onddo espezie dauden sinbiosian landare bakoitzarekin. Dena den, onddo espezie bakarrarekin egindako kontrolpeko inokulazioaren aurrean babarrun bariatateek desberdin erantzuten dutela behatu da (Ibijbijen et al., 1996). Horrez gain, OMA espezie guztiek ez dituztenez besikulak eratzen, ondoriozta daiteke, gutxienez, lursail ekologikoan sinbiosia ezartzen duten onddo espezieen komunitatea desberdina izan daitekeela, eta horrelakorik antzeman da lurzoruko onddo mikorrizatioen aberastasuna teknika molekularrak erabilita aztertu

denean (Banerjee et al., 2019; Toljander et al., 2008). Bestalde, kontuan izan behar da lan honetan ez zela landareen egoera fisiologikoa aztertu eta onddo espezie guztiek ingurumen-baldintza ezberdinetan ez dituztenez onura berdinak eskaintzen (Egerton-Warburton et al., 2005), baliteke mikorrizazio portzentaietan ezberdintasunik behatu ez izan arren, harreman sinbiotiko horiek landareentzat onuragarriagoak izatea.

**1. irudia. Babarrun barietateen kolonizazio ehunekoak.** (A) Hifa kolonizazioa (HK) eta efektuak: nekazaritza eredu (NE): \*\*\*; barietatea (B): ns; interakzioa (NE\*B): ns. (B) Arbuskula kolonizazioa (AK) eta efektuak: NE: \*; B: ns; NE\*B: ns. (C) Besikula kolonizazioa (BK) eta efektuak: NE: ns; B: ns; NE\*B: \*. Esangura-mailak: ns ( $p > 0,05$ ), \* ( $p < 0,05$ ), \*\* ( $p < 0,01$ ), \*\*\* ( $p < 0,001$ ). Era berean, (A) eta (B) grafikoetan barietate bakoitzarentzat NE-ren esangura-maila \*, \*\*, \*\*\* erabili da; (C) grafikoan, ordea, a eta b letrak erabili dira aztertutako taldeen arteko ezberdintasunen esangura adierazteko.



#### 4. Ondorioak

Lan honetan, nekazaritza ereduak Neikerreko lurzoruetako OMAen dibertsitatean duen eragina ebaluatu da, baita horrek babarrun barietate desberdinen mikorrizazioan izan dezakeen eragina ere. Esporen azterketaren emaitzak ikusita, argi geratzen da lursail ekologikoak konbentzionalak baino komunitate dibertoagoa duela eta, beraz, nekazaritza ekologikoa onddo mikorriziko arbuskularren dibertsitatea sustatzeko estrategia eraginkorra izan daitekeela. Gainera, nekazaritza ekologikoak babarrunen mikorrizazioa hobetu zuen eta, barietate guztiek antzeko balioak izan zituzten arren, batzuen mikorrizek ekologikoan egoera funtzional hobea izan zutela baieztatu zen, batez ere *Verde de Orbiso* barietateak. Dena den, kontuan izan behar da lursail esperimentalak soilik aztertuta lagin tamaina mugatua izan zela eta, emaitzak orokortu ahal izateko nekazaritza sail gehiago aztertzea komenigarria izango litzateke.

#### 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Arabian nekazaritza sail ugari daude eta sail esperimental gutxi batzuetan lortutako datuak ez dira guztientzako adierazgarriak; beraz, nekazarien lursailetan esperimentu gehiago egin beharko liriateke, bertako komunitate fungikoak eta bertan hazitako landareen mikorrizazioa aztertu ahal izateko. Bestalde, urrats berri bat ematea eta landareen sustraien mikorrizazioan parte hartzen duten espezieak identifikatzea ezinbestekoa izango da onddo mikorriziko arbuskularrek nekazaritzan izan ditzaketen onurak ulertzeko.

## 6. Erreferentziak

- Alguacil, M. M., Torrecillas, E., García-Orenes, F., eta Roldán, A. (2014). Changes in the composition and diversity of AMF communities mediated by management practices in a Mediterranean soil are related with increases in soil biological activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 76, 34–44. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.05.002>
- Ares, A., Costa, J., Joaquim, C., Pintado, D., Santos, D., Messmer, M. M., eta Mendes-Moreira, P. M. (2021). Effect of Low-Input Organic and Conventional Farming Systems on Maize Rhizosphere in Two Portuguese Open-Pollinated Varieties (OPV), “Pigarro” (Improved Landrace) and “SinPre” (a Composite Cross Population). *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.636009>
- Avio, L., Castaldini, M., Fabiani, A., Bedini, S., Sbrana, C., Turrini, A., eta Giovannetti, M. (2013). Impact of nitrogen fertilization and soil tillage on arbuscular mycorrhizal fungal communities in a Mediterranean agroecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, 67, 285–294. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.09.005>
- Banerjee, S., Walder, F., Büchi, L., Meyer, M., Held, A. Y., Gatterger, A., Keller, T., Charles, R., eta van der Heijden, M. G. A. (2019). Agricultural intensification reduces microbial network complexity and the abundance of keystone taxa in roots. *ISME Journal*, 13(7), 1722–1736. <https://doi.org/10.1038/s41396-019-0383-2>
- Bardgett, R. D., eta van der Putten, W. H. (2014). Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*, 515(7528), 505–511. <https://doi.org/10.1038/nature13855>
- Bedini, S., Avio, L., Sbrana, C., Turrini, A., Migliorini, P., Vazzana, C., eta Giovannetti, M. (2013). Mycorrhizal activity and diversity in a long-term organic Mediterranean agroecosystem. *Biology and Fertility of Soils*, 49(7), 781–790. <https://doi.org/10.1007/s00374-012-0770-6>
- Bender, S. F., Wagg, C., eta van der Heijden, M. G. A. (2016). An Underground Revolution: Biodiversity and Soil Ecological Engineering for Agricultural Sustainability. *Trends in Ecology and Evolution*, 31(6), 440–452. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.02.016>
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., eta Malajczuk, N. (1996). *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. June 1982, 374 pp.
- Brundrett, M. C. (2009). Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: Understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant and Soil*, 320(1–2), 37–77. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9877-9>
- Daniels, B. A., eta Skipper, H. D. (1982). Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. In N. C. Schenck (Arg.), *The American Phytopathological Society* (or. 29–36).
- de Graaff, M.-A., Hornslein, N., Throop, H. L., Kardol, P., eta van Diepen, L. T. A. (2019). Effects of agricultural intensification on soil biodiversity and implications for ecosystem functioning: A meta-analysis. In *Advances in Agronomy* (Libk. 155, or. 1–44). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.01.001>
- de Leon, D. G., Vahter, T., Zobel, M., Koppel, M., Edesi, L., Davison, J., Al-Quraishy, S., Hozzein, W. N., Moora, M., Oja, J., Vasar, M., eta Opik, M. (2020). Different wheat cultivars exhibit variable responses to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi from organic and conventional farms. *PLoS ONE*, 15(5), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233878>
- Egerton-Warburton, L. M., Querejeta, J. I., Allen, M. F., eta Finkelman, S. L. (2005). MYCORRHIZAL FUNGI. In *Encyclopedia of Soils in the Environment* (1 (2), Libk. 4, or. 533–542). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00455-0>
- Estaún, V., Calvet, C., eta Camprubí, A. (2010). Effect of Differences Among Crop Species and Cultivars on the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. In H. Koltai eta Y. Kapulnik (Arg.), *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-9489-6>
- Eusko Jaurlaritza. (2015). *Klima Aldaketaren aurkako 2050erako Euskal Estrategia*.
- Eusko Jaurlaritza. (2018). *Nekazaritza zabalera, ekoizpena eta etekinak 2017*. <https://www.euskadi.eus/airearen-kalitatea/-/estatistika/nekazaritza-zabalera-ekoizpena-eta-etekinak-2017/>
- Füzy, A., Biró, I., Kovács, R., eta Takács, T. (2015). Estimation of am fungal colonization - Comparability and reliability of classical methods. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 62(4), 435–451. <https://doi.org/10.1556/030.62.2015.4.8>
- Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Dolatabadian, A., Jamshidi, E., eta Khodaei-Joghan, A. (2013). Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress. *Agricultural Water Management*, 117, 106–114. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.11.007>
- Giovannetti, M., Avio, L., eta Sbrana, C. (2010). Fungal spore germination and pre-symbiotic mycelial growth - Physiological and genetic aspects. In *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function* (or. 3–32). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-9489-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-90-481-9489-6_1)
- Gosling, P., Ozaki, A., Jones, J., Turner, M., Rayns, F., eta Bending, G. D. (2010). Organic management of tilled agricultural soils results in a rapid increase in colonisation potential and spore populations of arbuscular

- mycorrhizal fungi. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139(1–2), 273–279. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.08.013>
- Grace, C., eta Stribley, D. P. (1991). A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological Research*, 95(10), 1160–1162. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)80005-1](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80005-1)
- Hakeem, K., Sabir, M., Ozturk, M., eta Mermut, A. R. (2014). *Soil Remediation and Plants: Prospects and Challenges*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-799937-1.00019-X>
- Ibijbijen, J., Urquiaga, S., Ismaili, M., Alves, B. J. R., eta Boddey, R. M. (1996). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, mineral nutrition and nitrogen fixation of three varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *New Phytologist*, 134(2), 353–360. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1996.tb04640.x>
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014 Synthesis Report*.
- Manoharan, L., Rosenstock, N. P., Williams, A., eta Hedlund, K. (2017). Agricultural management practices influence AMF diversity and community composition with cascading effects on plant productivity. *Applied Soil Ecology*, 115, 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.03.012>
- McGonigle, T. P., Miller, M. H., Evans, D. G., Fairchild, G. L., eta Swan, J. A. (1990). A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular—arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 115(3), 495–501. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1990.tb00476.x>
- Moore, K., Swisher, M., Rodriguez, J., Blevins, M., Hogan, M., Hunter, L., Kelly-Begazo, C., Komar, S., Mills-Wasniak, S., eta Redhage, D. (2016). Principles Guiding Practice: A Case Study Analysis of the Principles of Sustainable Agriculture for Diverse Farms. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 6(3), 61–89. <https://doi.org/10.5304/jafscd.2016.063.008>
- Oehl, F., Sieverding, E., Mäder, P., Dubois, D., Ineichen, K., Boller, T., eta Wiemken, A. (2004). Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia*, 138(4), 574–583. <https://doi.org/10.1007/s00442-003-1458-2>
- Oliveira, A. A. R., eta Sanders, F. E. (1999). Effect of management practices on mycorrhizal infection, growth and dry matter partitioning in field-grown bean. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34(7), 1247–1254. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000700018>
- Phillips, J. M., eta Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55(1), 158-IN18. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)
- Posta, K., eta Hong Duc, N. (2020). Benefits of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Application to Crop Production under Water Scarcity. In *Drought - Detection and Solutions: Libk. i* (Zenbakia 10, or. 1–13). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86595>
- Rillig, M. C., Sosa-Hernández, M. A., Roy, J., Aguilar-Trigueros, C. A., Vályi, K., eta Lehmann, A. (2016). Towards an integrated mycorrhizal technology: Harnessing mycorrhiza for sustainable intensification in agriculture. In *Frontiers in Plant Science* (Libk. 7, Zenbakia OCTOBER2016). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01625>
- Rodriguez Izagirre, D., Ortiz De Urbina, J., Groome, H., Sauca, E., eta Santiago, M. (2006). *Euskal Autonomia Erkidegoan galtzeko zorian dauden nekazaritza baliagaien prospekzioa eta haien egoeraren ebaluazioa*.
- Saia, S., Amato, G., Frenda, A. S., Giambalvo, D., eta Ruisi, P. (2014). Influence of arbuscular mycorrhizae on biomass production and nitrogen fixation of berseem clover plants subjected to water stress. *PLoS ONE*, 9(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090738>
- Säle, V., Aguilera, P., Laczko, E., Mäder, P., Berner, A., Zihlmann, U., van der Heijden, M. G. A., eta Oehl, F. (2015). Impact of conservation tillage and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry*, 84, 38–52. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.02.005>
- Schneider, K. D., Lynch, D. H., Bünemann, E. K., eta Voroney, R. P. (2017). Vegetative composition, arbuscular mycorrhizal fungi root colonization, and biological nitrogen fixation distinguish organic and conventional perennial forage systems. *Agronomy Journal*, 109(4), 1697–1706. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.12.0700>
- Schüßler, A., Schwarzott, D., eta Walker, C. (2001). A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research*, 105(12), 1413–1421. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0953756208620262>
- Tahat, M. M., Alananbeh, K. M., Othman, Y. A., eta Leskovar, D. I. (2020). Soil Health and Sustainable Agriculture. *Sustainability*, 12(12), 4859. <https://doi.org/10.3390/su12124859>
- Toju, H., Peay, K. G., Yamamichi, M., Narisawa, K., Hiruma, K., Naito, K., Fukuda, S., Ushio, M., Nakaoka, S., Onoda, Y., Yoshida, K., Schlaeppli, K., Bai, Y., Sugiura, R., Ichihashi, Y., Minamisawa, K., eta Kiers, E. T. (2018). Core microbiomes for sustainable agroecosystems. In *Nature Plants* (Libk. 4, Zenbakia 5, or. 247–257). Palgrave Macmillan Ltd. <https://doi.org/10.1038/s41477-018-0139-4>
- Toljander, J. F., Santos-González, J. C., Tehler, A., eta Finlay, R. D. (2008). Community analysis of arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria in the maize mycorrhizosphere in a long-term fertilization trial. *FEMS Microbiology Ecology*, 65(2), 323–338. <https://doi.org/10.1111/J.1574-6941.2008.00512.X>



- Toreti, A., Bavera, D., Acosta Navarro, J., Cammalleri, C., de Jager, A., di Ciollo, C., Hrast Essenfelder, A., Maetens, W., Magni, D., Masante, D., Mazzeschi, M., Niemeyer, S., eta Spinoni, J. (2022). *Drought in Europe August 2022*. <https://doi.org/10.2760/264241>
- Verbruggen, E., Rölting, W. F. M., Gamper, H. A., Kowalchuk, G. A., Verhoef, H. A., eta van der Heijden, M. G. A. (2010). Positive effects of organic farming on below-ground mutualists: Large-scale comparison of mycorrhizal fungal communities in agricultural soils. *New Phytologist*, 186(4), 968–979. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03230.x>

## 7. Eskerrak eta oharrak

Eskerrak eman nahi dizkiogu Eusko Jaurlaritzari ikerketa talde bateratu gisa (AgroSosT - *Impacto del cambio climático en los agroecosistemas: estrategias de producción bajo premisas de sostenibilidad, seguridad alimentaria y conservación de la biodiversidad*, IT1682-22) ikerketarako diru laguntza eman digulako. Bestalde, Irati Ijurco-Gonzalezek UPV/EHU eskertu nahi du doktorego aurreko laguntza emateagatik (PIF21/095).