

Az „Alsóban az élet” című hazai talajállapotot célzó közösségi tudomány program első tapasztalatai és eredményei

^{1*}ÁRVAI Máttyás, ^{1,2}TAKÁTS Tünde, ^{1,3}KOVÁCS Zsófia Adrienn, ¹TAKÁCS Katalin,
¹BALOG Kitti, ¹LÁSZLÓ Péter, ¹IMRÉNÉ TAKÁCS Tünde, ¹MÉSZÁROS János,
¹PÁSZTOR László

¹Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani Intézet, Budapest, Magyarország;

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország;

³Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Környezettudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország

(Beérkezett: 2022.10.04.; Elfogadva: 2022.12.09.)

(Online megjelent: 2023.01.11.)

Eredeti közlemény

© Szerző(k) 2022



Összefoglalás

A közösségi tudomány – citizen science – már évtizedek óta működő kutatási forma, ahol egy-egy kutatás a lakosság segítségével valósul meg. Az „Alsóban az élet” kampány az érdeklődők bevonásával 2021 tavaszán indult hazánkban. A kutatásban résztvevők kézhez kaptak egy pamut alsóneműt, amelyet kb. 20 cm-es mélységben kellett elásniuk, ezzel „táplálékot” szolgáltatva a talajlakó élőlények számára. Több mint két hónap elteltével az alsónemű kiásása után megfigyelhetők a bomlási jelek, amelyek mint indikátor jelzik a talajélet aktivitását, közvetett módon a talaj egészségi állapotát. A visszamaradt alsóneműk digitális fotójának elemzésével becsülhető a talajlakó élőlények munkája az alsónadrágok bomlásának százalékos aránya alapján.

A közösségi médiában megjelent felhívások és célzott csoport hirdetések segítségével mintegy 1193-an jelentkeztek a programra összesen 1966 helyszínnel, ezzel országos lefedettséget biztosítva a kutatás részére. Az adatok elemzése alapján a gondozott konyhakertekben elásott pamut alsók mutatták a legnagyobb átlagos bomlási értékeket (27,67%). Talajtypust tekintve a réti talajok és a közép- és délkelet-európai barna erdő-, valamint a csernozjom-, és a váztalajok (köztük nagyrészt a humuszos homoktalajok) esetén tapasztaltuk a legmagasabb, közel azonos, 25,47%; 25,43%; 24,22%; 24,21%-os bomlási értéket. A programban résztvevő helyszínek közül a legnagyobb mértékű bomlás (93%) konyhakert hasznosítású (mulcsozott veteményes és polikultúra ágyás) váztalajon (homoktalajon) volt megfigyelhető. Az országos átlagos bomlási érték 24,57% volt. A bomlási adatok alapján eredménytérképet szerkesztettünk Magyarország teljes területére, melyet

*Levelező szerző: ÁRVAI MÁTYÁS, Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
E-mail: arvai.matyas@atk.hu

nyilvánossá tettünk, s a résztvevőknek a visszaküldött fotó feldolgozása alapján rövid, a saját talajának biológiai aktivitását minősítő válaszlevelet küldtünk.

Kulcsszavak: közösségi tudomány, talaj mikrobiológiai aktivitása, pamut alsónadrág bomlás, talajegészség, alsóban az élet

Bevezetés

Az utóbbi évek tapasztalatai alapján a tudományos kutatások szempontjából is fontos adatnyerési lehetőséget kínálnak az ún. „közösségi tudomány” (citizen science) programok. A lakosság – mint adatforrás – megfigyeléseinek és tapasztalatainak kiaknázása viszonylag rövid idő alatt nagy mennyiségű tudományosan is értékelhető információt szolgáltathat, így számos tematikus kutatás sikerességéhez vezethet. A programhoz csatlakozó érdeklődők az ország különböző területeiről, szigorúan rögzített módszertant alkalmazva adatot gyűjtenek és szolgáltatnak egy online felületen, melyet megfelelő minőségi szűrést követően a kutatók felhasználhatnak, így kisebb idő- és energia befektetéssel nagyobb mennyiségű, akár térben nagy lefedettségű adathalmazt nyernek.

A közösségi tudomány több szinten értelmezhető kutatási forma. Egyfelől a kutatási folyamat különböző részeihez tudnak csatlakozni az állampolgárok úgy, mint például adatgyűjtés, adatelemzés, tapasztalataik alapján következtetések levonása stb. (LAND-ZANDSTRA et al., 2021). Más megközelítésből a legalacsonyabb szintnél a bevont résztvevők a „szenzor” szerepét látják el. Ez esetben az adatközlők a saját megfigyeléseiket osztják meg és így generálnak adatot. A magasabb szinteknél egyre több feladat hárul a résztvevőkre, míg a legmagasabb szinten már értelmezést is végeznek, ezek eredménye szolgáltatja az elemezhető adatot. Az egyes közösségi tudomány szintek fontos jellemvonása, hogy a magasabb szinteken a bevonható emberek köre csökken, valamint a költség is egyre nagyobb lesz a szükséges eszközkészlet biztosítása miatt (BUCKINGHAM et al., 2012; HAKLAY, 2013).

Az utóbbi évtizedben kialakult és elterjedt közösségi tudomány számos természettudományos vizsgálatban bizonyított. A teljesség igénye nélkül vadon élő állatok megfigyelése (VÁCZI et al., 2012), hidrológiai kutatások (KOCH & STISEN, 2017; BRINTRUP et al., 2019) vagy akár felszínborítási vizsgálatok (BAKER et al., 2018) valósultak meg a lakosság segítségével. Hazánkban a növény- és állatvilág (URL1), illetve invazív ízeltlábú megfigyelési programok (URL2) már évek óta sikerrel működnek. Nagyszámú önkéntes bevonásával járó talajtani kutatásokban ez idáig nem indult közösségi tudomány program.

Az elmúlt tíz év során a talajtani vizsgálatokra fókuszálva is megvalósult több tematikus közösségi tudomány program, amelyekben változatos talajjellemzők vizsgálatába vonták be az állampolgárokat (földigiliszta előfordulási sűrűség (IANNONE et al., 2012); a feltalaj kémiai jellemzői és talajtextúra (DELLA CHIESA et al., 2019); földigiliszta, valamint ízeltlábú monitoring mezőgazdasági területeken (BILLAUD et al., 2020)). A közösségi tudomány által gyűjtött adatok felhasználásának lehetősége a digitális talajterképezésben is megjelent (ROSSITER et al., 2015).

A talajtan témájú közösségi tudomány programokban mindezek mellett egyre nagyobb figyelmet kap a talaj mikrobiális közösségének vizsgálata. A talajok mikrobiális közössége a szemmel láthatatlan élőlények sokasága. Alapvető fontossággal bír az elemek biogeokémiai ciklusainak működésében, építő, lebontó anyagcsere folyamatokban és táplálék hálózatokban minden magasabb trofikus életforma számára (CAVICCHIOLI et al., 2019). A talaj mikroorganizmusok aktivitásának vizsgálatára számos becslő módszer létezik. Ezek közül az egyik legelterjedtebb a filteres tea alapú (DUDDIGAN et al., 2020) vizsgálati módszer. A kanadai Agrárminisztérium mintegy 5 évvel ezelőtt hívta életre a „Soil Your Undies” programot (URL3), amely egy másik vizsgálati módszerre alapozva széles körben hívta fel a figyelmet a talajok egészségi állapotának fontosságára. A módszer lényege, hogy egy talajban elásott pamut alsónadrág bomlási eredményeivel szemlélteti a talajok biológiai aktivitásának mértékét. Az elmúlt években számos amerikai állam (Oregon, URL4; Pennsylvania, URL5; Maryland, URL6) és sok európai ország is (Svájc, URL7; Észtország, Lettország, Lengyelország, URL8) átvette ezt a kezdeményezést, melynek során gazdálkodók tesztelheték talajaik állapotát egy egyszerű vizsgálat segítségével. A kutatásban az önkéntes „kutatók” egy pamut alsóneműt ástak el kb. 15–20 cm-es mélységben, ezzel „táplálékot” jelentő cellulózt szolgáltatva a talajlakó élőlények számára. Úttörő hazai például szolgálhat KIBIRIGE & DOBOS (2020) tanulmánya, ahol több tucat gazdálkodó végzett műszeres talajnedvesség méréseket és az így kapott adatok is hozzájárultak a tudományos elemzésekhez.

Az első hazai, széles körben meghirdetett, talajállapot felmérést célzó közösségi tudomány programot a Talajtani Intézetben indítottuk el 2021-ben (ÁRVAI et al., 2021a,b; TAKÁTS et al., 2022). Az „Alsóban az élet” program a fentebb említett „Soil Your Undies” magyar adaptációja. A kezdeményezés egyik mozgatórugója az elérhető talajtani adatforrások térbeli lefedettségének a lakosság bevonásával való kibővítése volt. A program keretein belül célként határoztuk meg a hazai talajok egészségi állapotát jellemző indikátornak, a talaj mikrobiológiai aktivitásának országos lefedettségű felmérését a lakosság segítségével. Indikátorként a felhasznált pamut anyag (NACHIMUTHU et al., 2007; URL9), esetünkben egy standard alsónemű 60 nap alatt, a talajlakó élőlények által történő lebontásának mértékét definiáltuk, a lebontás százalékos arányában megadva. Minél nagyobb hányada bomlott el az alsónadrágnak, annál aktívabb a talajélet, amit a talajegészség fokmérőjének tekintettünk.

Mint a legtöbb közösségi tudomány program, így az „Alsóban az élet” is kettős céllal indult. Egyrészt az érdeklődő lakosság, gazdálkodók tapasztalatainak és megfigyeléseinek tudományos felhasználási lehetőségeit vizsgálja, másrészt felhívja a figyelmet a talajra, annak fontosságára és arra, hogy a talaj egy élettel teli közeg, melyben lejátszódó láthatatlan bomlási folyamatok szemmel látható eredménnyel járnak. A minőségi ellenőrzésen átesett adatok területi elemzések elvégzését teszik lehetővé, illetve azok alapján az adott évre jellemző, tematikus mikrobiológiai aktivitás térkép készíthető.

A közösségi tudomány programot széles körben hirdettük meg, konkrét célcsoport megkeresése nélkül. A program szakmai részét jól artikulált

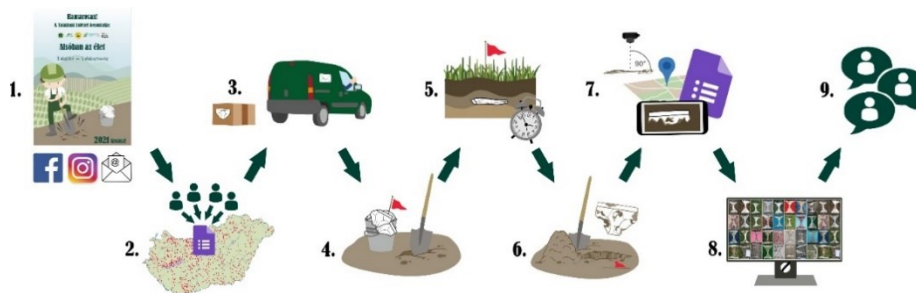
médiakampányban, mind az írott, mind az online sajtóban megjelenítettük, melyeknek eredményeként országosan közel 2000 helyszínen történtek vizsgálatok.

Anyag és módszer

Adatgyűjtés és a kísérleti textilanyag

A legismertebb közösségi média felületeken (a Talajtani Intézet Facebook és Instagram oldalán), időzített, rögzített és folyamatos kampánnyal igyekeztünk minél több potenciális érdeklődőt elérni. Az online, nem célzott kampány jellegű megkeresések esetében, alacsony a tervezhetőségi szintje a programnak, hiszen a téma újdonsága miatt igazából megbecsülni sem tudtuk, hogy több száz vagy több ezer érdeklődő vonható-e be a programba. A felhívás lezárultával összesen 1193 résztvevő 1966 helyszínnel jelentkezett lényegében országos területi lefedettséggel.

A megfelelő adatminőség érdekében pontos leírást adtunk a vizsgálat elvégzéséhez (1. ábra), valamint egységes, standardizált 95% pamut alsóneműt küldtünk ki a jelentkezőknek (ami azonos anyagból, azonos cérnával és derékgumírozással készült) a későbbi összevethetőség érdekében. A külön erre a célra gyártott kísérleti textilanyag pamut anyaga szolgáltatta a bomlási vizsgálatot, míg a derékgumírozás, a műszálalás cérna és az 5% elasztán anyag pedig biztosította, hogy a pamut akár teljes elbomlása esetén is legyen visszamaradt anyag. Ez egyrészt hozzájárult a kiásáskor a textilanyag sikeres megtalálásához, másrészt pedig megmaradt az alsónadrág formája, ami a képek elemzésénél segítette az összevethetőséget.



1. ábra

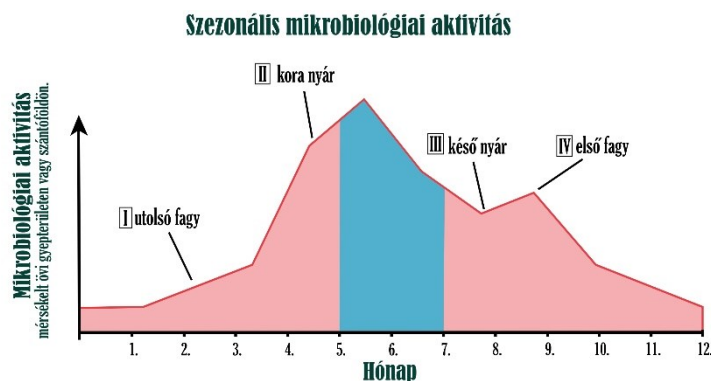
Az „Alsóban az élet” program megvalósításának lépései

1. Médiafelhívás; 2. Jelentkezések; 3. Alsók postázása; 4. Alsók elásása; 5. Mikrobiológiai lebomlás a talajban; 6. Alsók kiásása; 7. Adatok és fotó feltöltése az online felületre; 8. Adattisztítás és feldolgozás; 9. Kiértékelő válasz küldése a programban résztvevőknek

Terepi módszer

GARCIA-ÁLVAREZ és IBANEZ (1994), majd YAO és munkatársai (2011) is kimutatták, hogy a talaj biológiai aktivitása természetes vegetációval fedett és mezőgazdasági hasznosítás alatt álló területen egyaránt szezonálisitást mutat a mérsékelt övben. A biológiai aktivitás tavasszal a legmagasabb, ősszel/télen pedig a

legalacsonyabb. Ezért a minták, azaz az alsók elásását a tavaszi időszakra terveztük, ezen belül májusra, mikor a talaj hő- és nedvességviszonyai a legkedvezőbbek a talaj lebontó mikroorganizmusai számára (INGHAM et al., 2000) (2. ábra).



2. ábra

A talaj mikrobiológiai aktivitásának szezonális alakulása egy éves perióduson belül, kiemelve az aktivitási maximumot

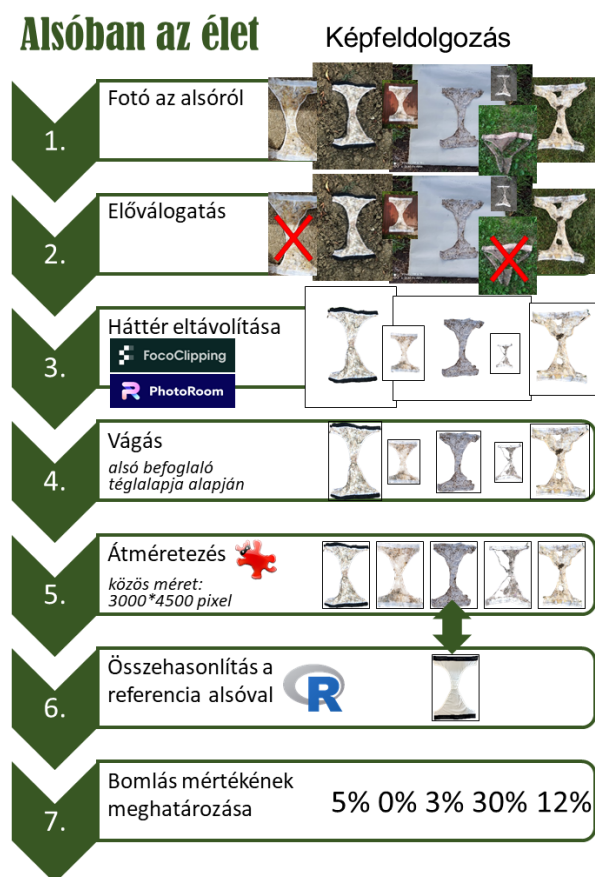
A kiposztázott vizsgálati pamut ruhaneművel együtt küldött útmutató alapján a résztvevők 20–25 cm mélységben ásták el az alsónadrágot 2021. május 3–9. között, majd pedig 60 nap elteltével július 12–18. között ásták ki. Ez idő alatt a pamut alsóneműn megfigyelhetők lettek a (cellulóz) bomlás jelei, a talajok biológiai aktivitásának függvényében a talajegészség indikátoraként alkalmazva (ALLEN et al., 2011; LEHMANN et al., 2020; GUO, 2021). Az alsónemű elbomlott hányada alapján, egy relatív skálán becsülhetővé vált a talajlakó élőlények aktivitása. A vizsgálatban résztvevők a kiásott alsónadrágról digitális fotókat készítettek, amelyet online felületen keresztül (Google Forms) juttattak el a Talajtani Intézetbe elemzésre.

Adatelemzés

A digitális fotók képfeldolgozása (korrekció, adattisztítás) és elemzése a következő lépésekben valósult meg:

- Rendszereztek a képeket, a további feldolgozásból kikerültek azok a felvételek, amelyeken nem volt látható teljes egészében az alsónadrág (pl. kilóg a képről, nincs kettévágva stb.); 3. ábra 2. lépés).
- A képekről eltávolítottuk a vizsgálatot zavaró részeket, úgymint: a háttér, felirat, méretarányként használt tárgyak, ezek után egységes vágótéglalappal egységesítettük a fotókat. A művelethez kettő nyílt forráskódú szoftvert, a *FocoClipping*-et és *PhotoRoom*-ot kombinálva használtunk (URL10, URL11; 3. ábra 3. lépés), annak érdekében, hogy maximalizáljuk az elbomlott pamutanyag miatti lyukaknak, illetve átlátszó területeknek a detektálhatóságát a textilyagyon.

- A változatos felbontással és képmérettel bíró fotókat az összevethetőség érdekében egy közös raszter méretre és felbontásra konvertáltuk át (3. ábra 5. lépés).
- Az uniformizált digitális fotókat az ugyanakkora felbontású és méretű referencia alsóneműről készült fotóval hasonlítottuk össze (3. ábra 6. lépés). Az R program *raster package*-dzel (URL12) végzett összehasonlító elemzéssel megkaptuk, hogy ez egyes fotókon az alsók hány százaléka (pixelben kifejezve) hiányzik, így következtetve a lebomlás mértékére (3. ábra 7. lépés).



3. ábra

A beérkezett digitális fotókon végzett képfeldolgozás és elemzés lépései

A lebomlási érték alapján sorba rendezett fotókat három különböző osztályozás kategóriái szerint értékeltük, úgymint: (i) földrajzi lokalizáció (megye); (ii) földhasználat (beküldő által megadva); illetve (iii) talajfőtípus (JASSÓ, 1989). A mintahelyszínek talajtani besorolása a beküldött koordináta, vagy cím alapján a DOSoReMI (URL13) genetikus talajtípus térképén történt lekérdezésből származtattuk. PÁSZTOR et al. (2017) alapján a homoktalajokat talajtérképezési

módszerspecifikus okok miatt külön kezeltük, így a jelen tanulmány elemzéseiben további információ állt rendelkezésünkre erről a talajtípusról. A megfelelő adatmennyiség miatt azonban a klasszikus főtípus besorolás szerint összevontuk a váztalajokkal.

A sorba rendezett bomlási értékeket mindhárom osztályozás kategóriái szerint négy-négy egyenlő darabszámú halmazba, kvartilisba (Q) osztottuk. A Q1 kategóriába a kapott bomlási érték felső 25%-a, azaz a legjobban lebomlott alsók tartoznak, a Q4 pedig a legalacsonyabb bomlási értékek 25%-át, azaz a legkevésbé lebomlottak halmazát foglalja magába. Végül minden egyes résztvevő esetén meghatároztuk azon Q értékét, amely a három osztályozás (megye, földhasználat, talajfőtípus) szerint a legjobbnak bizonyult. A közösségi tudomány programok jellegzetessége, hogy az abban résztvevő állampolgárok minden esetben kaptak visszajelzést, hogy a munkájukkal hogyan járultak hozzá a kutatáshoz, így az „Alsóban az élet” programban résztvevők is kaptak visszacsatolást. A személyre szabott, kiküldött értékelő válaszlevélben a fentebb felsorolt kategóriákat jelenítettük meg.

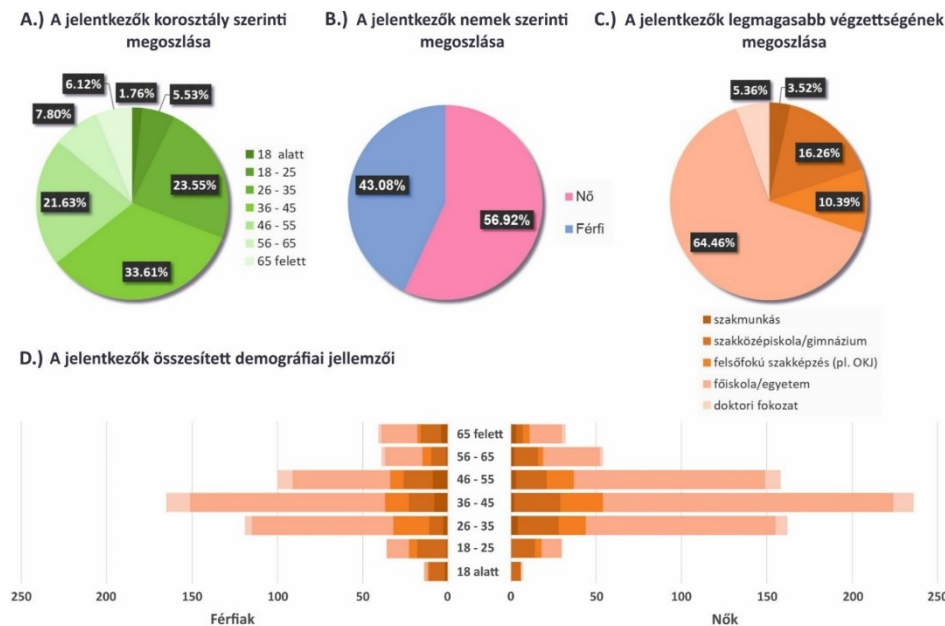
Eredmények

Az országos kampányként meghirdetett programra 1193-an, 1966 db helyszínnel jelentkeztek. A résztvevők eltérő földhasználatú területeken (erdő, szántó, gyümölcsös, szőlő, konyhakert, udvar) ásták el a kiküldött alsóneműt, így országosan nem csak térben, hanem hazánk jellemző földhasználati típusaiban is a vizsgálathoz megfelelő lefedettséget biztosítottak. A vizsgált területek közel kétharmada kiskert (udvar, konyhakert hasznosítású), egyharmada szántó, szőlő vagy gyümölcsös, valamint szórványosan erdőterület volt.

A résztvevők demográfiai háttere

A bemutatott közösségi tudomány programunk nem célzott megkereséssel zajlott, ezáltal sem végzettségi, sem korosztályos megkötés nem történt, ezzel is biztosítva a jelentkezők nagy számát. A felhívásra jelentkezettek demográfiai adatait a 4. ábra foglalja össze.

A közösségi felmérés során kismértékben nagyobb volt a női jelentkezők aránya (57%), mint a férfiaké (43%) (4. ábra B). A 36–45 éves korosztály részvétele felülreprezentált volt a programban (34%), míg a kutatásban közel azonos arányban vettek részt a 26–35 (23,5%) és a 46–55 évesek (22%) (4. ábra A). Legkevésbé érdeklődő korosztály a 18 év alatti (2%) volt, ahol egyénileg kevesen vettek részt a programban. Ezt a korosztályt külön az óvodákra, iskolákra, középiskolákra célzott alprogramunkkal („Alsóban az élet – nem csak alsósoknak”) csoportosan értük el. Iskolai végzettség tekintetében a jelentkezők kétharmadát tették ki a főiskolát, illetve egyetemet végzett személyek (64%), míg a legkisebb hányadát (3,5%) a szakmunkások képezték (4. ábra C).



4. ábra

A közösségi tudomány programra jelentkezettek demográfiai adatai

A. korosztály szerinti megoszlás; B. nem szerinti megoszlás; C. iskolai végzettség szerinti megoszlás; D. a jelentkezők összesített demográfiai adatai (y tengely: életkori kategória, x tengely: jelentkezők darabszáma)

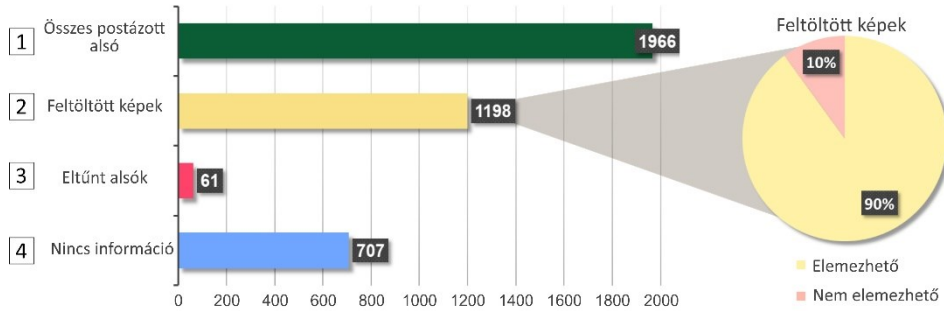
A jelentkezők között a 36–45 éves, felsőfokú végzettséggel rendelkező nők voltak a legtöbben, ugyanezen korosztály diplomás férfi tagjai is hasonló arányban vettek részt a közösségi kutatásban (4. ábra D). A férfiak körében nagyobb volt a szakmunkások részvétele, mint a nők esetében. A 65 év feletti férfiak és a 18 év alatti fiúk nagyobb számban jelentkeztek, mint női társaik. Ezzel szemben a nők esetében felülreprezentált volt a diplomás résztvevők aránya.

Statisztikai adataink azt mutatták, hogy a programban legnagyobb arányban résztvevő 36–45 éves korosztályt az online média csatornák közül a Facebook-kal, a 18–25 év közöttieket az Instagrammal lehetett elérni, ahol a felhívásokat és a programhoz kapcsolódó információkat tettük közzé.

A beérkező adatok mennyiségi és minőségi jellemzői

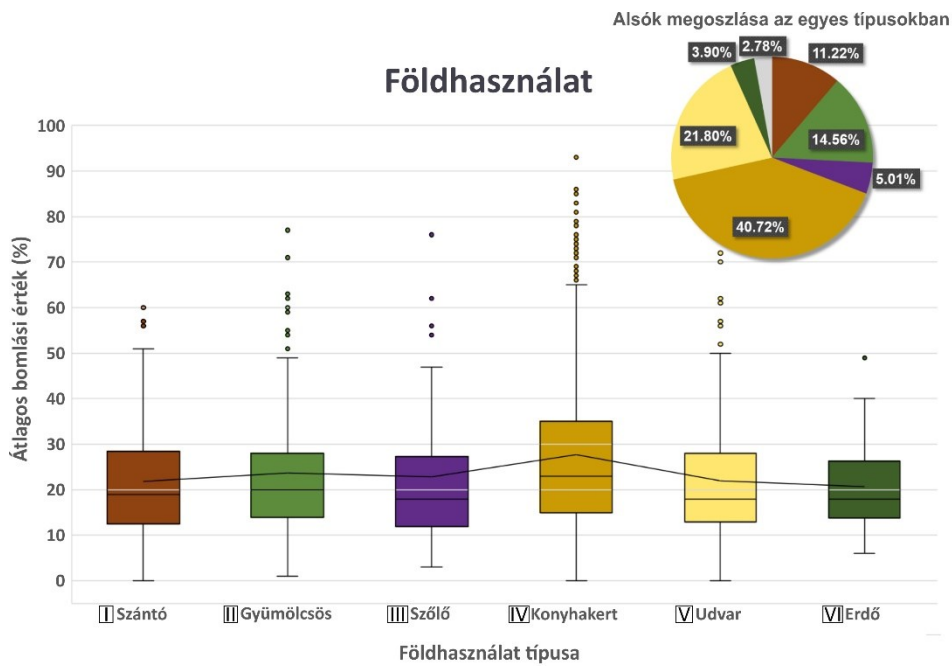
A kampány során 1966 db alsóneműt postáztunk a jelentkezőknek. Ezek közül 1198 db-ról küldtek vissza fotót a résztvevők, melynek 90%-a volt elemezhető. 10%-ot sajnos nem lehetett az elemzésbe bevonni, mert nem a kiküldött protokoll alapján készültek (pl. nem volt szétvágva és kiterítve az alsónadrág). Az alsók közül a terepi jelölés hiányosságai miatt 61 db nem került elő. 707 db alsóról egyáltalán nem érkezett vissza információ (5. ábra). A fentebb említett körülmények ellenére a

kiküldött alsók 54,83%-áról született releváns, szűrt adatunk, melyet fel tudunk használni az eredménytérképhez.



5. ábra

A programban részt vett alsók eredményeinek értékelhetőségi grafikonjai

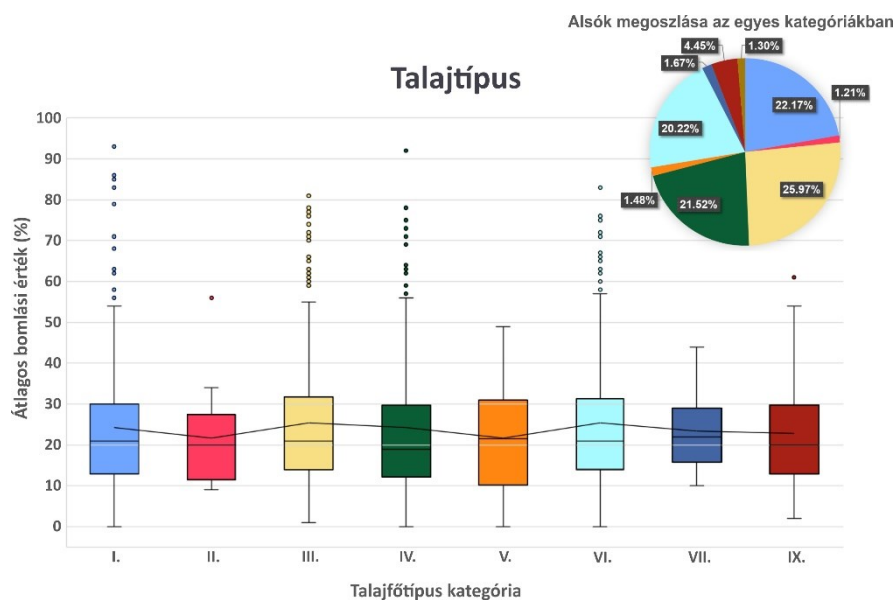


6. ábra

Az alsók bomlási értékeinek Box–Whisker diagramja a földhasználat típusától függően, mediánérték (fekete folytonos vonal) és kiugró értékek (teli pontok) megjelenítésével; Jobb felső sarokban az elásott alsók számának megoszlása az egyes földhasználati típusok szerint (az alsónadrágok 2,78%-a nem rendelkezett földhasználati adattal)

Elemzések eredményei

A visszakapott kiértékelhető digitális fotók alapján elvégeztük a talajok biológiai aktivitásának értékelését a földhasználat és talajtípusok tükrében. Az elemzésben szereplő alsónadrágok több mint 60%-a udvar vagy konyhakert földhasználati típusból származik. Mintegy ötödét tették ki a gyümölcsös és szőlő hasznosítású területek, míg a mintaterületek nagyjából 15%-a szántó vagy erdő besorolású volt. A gondozott konyhakertekben elásott pamut alsó mutatta a legmagasabb bomlási értékeket (átlagosan 27,67%), de szignifikáns különbség nem volt kimutatható a földhasználati típusok közt. Ez az eredmény egybecseng a szintén 2021-ben indított svájci „Proof by Underpants” program eredményével, miszerint a konyhakertekben a magasabb humusztartalom miatt magasabb biológiai aktivitása van a talajoknak (URL14). A szürkeszínű körcikkek esetén a fénykép visszaérkezett elemzésre, a bomlási % kiszámításra került, azonban magáról a földhasználati típusról nem állt rendelkezésre információ (6. ábra).



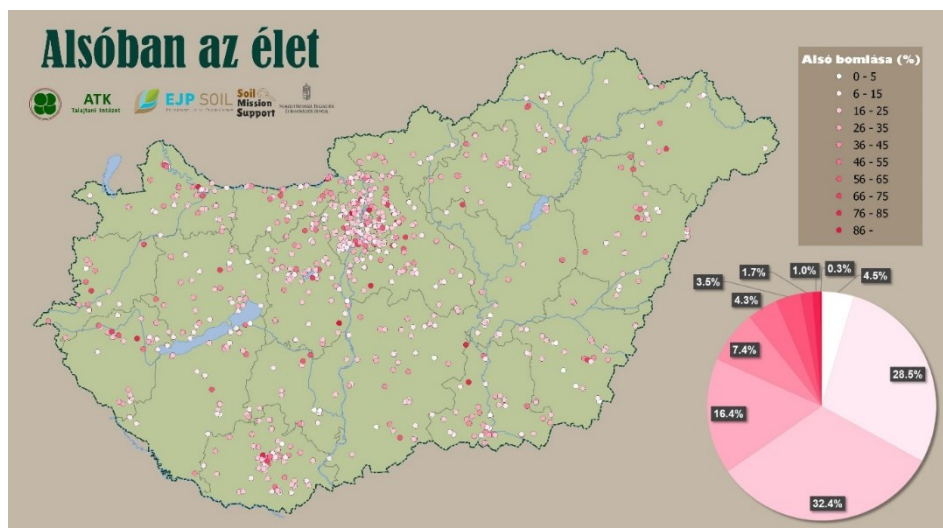
7. ábra

Az alsónadrágok bomlási értékeinek Box–Whisker diagramja a talaj típusától függően, mediánérték (fekete folytonos vonal) és kiugró értékek (teli pontok) megjelenítésével; Jobb felső sarokban az elásott alsók számának megoszlása talajtípusok szerint. (az alsónadrágok 1,3%-a nem rendelkezett koordinátákkal, így talajtípus besorolást nem kapott)
 Jelmagyarázat: I. Váztalajok, II. Közethatású talajok, III. Közép- és délkelet-európai barna erdőtalajok, IV. Csernozjom talajok, V. Szikes talajok, VI. Réti talajok, VII. Láptalajok, IX. Folyóvizek, tavak üledékeinek és lejtők hordalékainak talajai. (JASSÓ, 1989)

A földhasználati kategóriákhoz hasonlóan a talajtípusok közt sem volt szignifikáns különbség az átlagos bomlási értékekben (21,69–25,47%), ahogyan a

földhasználat tekintetében sem. Az elásott alsóknál alulreprezentáltak voltak a közethatású, a szikes és láptalajok, valamint a folyóvizek, tavak üledékeinek és lejtők hordalékainak talajai (1,21–4,45% részarányal). Legmagasabb átlagos bomlási százalékokat a réti talajok (25,47%) és a közép- és délkelet-európai barna erdő- (25,43%), valamint a váz- (köztük nagyrészt a humuszos homoktalajok), és a csernozjom talajok esetén tapasztaltunk (24,22%; 24,21%) (7. ábra).

Az eredménytérképen megfigyelhető a változó sűrűségű, de országos lefedettségű, 1078 helyszín elhelyezkedése (8. ábra). A központi régió, valamint a megyeszékhelyek környezetének felülreprezentáltsága szembevetendő, azonban megyei szinten nem jelentkezett adathiányos terület. A pamut alsónadrágok közel harmada 16–25%-os bomlási kategóriába esett, míg az 50%-os vagy afeletti kategóriákba nagyjából az alsók 12%-a tartozik. A programban résztvevők eredményei alapján Magyarországon az alsónadrágok átlagos bomlási értéke 24,57%. A legnagyobb bomlási érték 93% volt, mely Isaszeg település közelében, váztalaj főtípuson volt azonosítható; a területen mulcsozott veteményes és polikultúra ágyás volt található.



8. ábra

Az „Alsóban az élet” program eredményeiből létrehozott, bomlási százalékból származtatott, talaj mikrobiológiai aktivitás eredménytérkép a 2021-es év tavaszi és nyári időszakára vonatkozólag

Az eredmények értékelése

A pamutanyag bomlási becslésére kifejlesztett módszer képes megbecsülni a 2021 késő tavaszi/kora nyári időszakában a talaj biológiai aktivitását. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy ezzel az egyetlen paraméterrel nem lehet egyértelműen jellemezni a talaj állapotát, hiszen azt számos más talajparaméter, többek között a pH, talajnedvesség és -hőmérséklet, szervesanyag-tartalom, tápanyag-ellátottság

(SANYAL et al., 2021) és levegőzöttség is meghatározza. Ezen állítás hangsúlyozása elengedhetetlen volt a közösségi tudomány program résztvevői számára kiküldött visszajelzésben. Mindemellett, meg kell említeni, hogy az alacsony bomlási kategóriába tartozó mintaterületek talajélet tekintetében javíthatók, hiszen a mikroorganizmusok aktívan reagálnak a környezeti változásokra (SZILI-KOVÁCS & TAKÁCS, 2011). Ezáltal a programban alkalmazott módszerrel meghatározott biológiai aktivitás a talajok egészségét jellemző fontos indikátor. 2022-ben a University of Idaho új „Soiling their undies” kutatásában (SCHOTT, 2022) már szervesetlen és szerves trágya bekeverés – mint a mikrobiális aktivitást növelő tényező – hatását is vizsgálták az elásott alsóneműk bomlásának indikálásával. Azt találták, hogy a szerves trágyával kezelt területen 18%, a műtrágyával kezelt területen 9%, a kontroll kezeletlen területen pedig 4% volt az átlagos bomlási ráta. Az eredmények feltehetően arra utalnak, hogy míg a műtrágya tápanyagként segítheti a mikrobák aktivitásának serkentését, addig a szerves trágya emellett új mikroba kolóniákat is juttat a talajba, nagyban növelve a lebontó mikrobiális tevékenységet.

Hipotézisünk szerint a talaj biológiai aktivitását meghatározó paraméterek alapján – melyek LADD és munkatársai (1996) szerint a víztartó képesség, beszívárgási kapacitás, aggregátum stabilitás, kérgesedés, erodálhatóság, tömörödési hajlam, tápanyagszolgáltató-képesség és megfelelő tápanyagkörforgás, felvehető N mennyisége és a talaj szerves anyagtartalma – a talajfőtípusok közül a csernozjom és a közép- és délkelet-európai barna erdőtalajok aktivitása lenne a legnagyobb. A közép- és délkelet-európai barna erdőtalajok esetén többlettényező a rhizoszféra nagyobb mennyisége, mely a biológiai aktivitás „hot spot”-jának számít (LADD et al., 1996); a kedvező pH érték (enzimaktivitás csúcsok penészgombák és baktériumok-sugárgombák esetén: pH 5 és pH 6; (SZABÓ, 1955)) és a dekompozíciót tápláló szerves anyagok nagyobb mértéke, illetve folyamatos utánpótlása (avaranyag). A csernozjom talajok esetében a kedvező aggregátum stabilitás, a nagy szervesanyag tartalom, illetve jó pufferképesség együttese miatti magas reziliencia, ezen felül a kedvező hő- és nedvességháztartás, valamint tápanyagszolgáltató-képesség okán számítottunk a legnagyobb mértékű biológiai aktivitásra.

Meglepő volt ezzel ellentétben a vázталajokban tapasztalható magas átlagos bomlási érték, hiszen a köves, kavicsos, homokos talajmátrix nem teremt kedvező hátteret a mikrobák működésének, továbbá az időjárási faktorok (pl. nagyobb csapadékesemények, vagy hosszabb szárazság) nagyobb hatást gyakorolnak a talajmikrobákra ezen kevésbé reziliens talajokban.

Nemzetközi kitekintésben az elmúlt években indított talajtani vizsgálatra fókuszált közösségi tudomány programok más-más módszertannal dolgoztak, így más-más következtetésekre jutottak az eredmények alapján. Az Egyesült Államokban, Oregonban 2018-ban indult USDA (Natural Resources Conservation Service) által indított „Soil Your Undies Challenge” program végén ajánlásokat is megfogalmaztak a talaj biológiai aktivitásának javítása és magas szinten tartása érdekében (talajbolygatás csökkentése, talajtakarás élő növényekkel vagy növényi maradványokkal, többféle növény egyidejű termesztése és állatállomány integrálása, az élő gyökerek számának maximalizálása egész évben (URL4)).

A svájci Zürichi Egyetem 2021-ben indított „Proof by Underpants” citizen science programjában a résztvevő fiatalok 2 napig saját maguk végeztek kísérleteket a kiásott alsónadrágjaikon és a talajmintáikon az egyetemi laborban, felkeltve érdeklődésüket a talajbiológia és talajkémiai kutatások iránt (PETER et al., 2021; URL7). Mindemellett a kiegészítő labor vizsgálatok megmutatták, hogy a mezőgazdasági területektől magasabb humusztartalommal bíró konyhakertek mutatták a legnagyobb biológiai aktivitást (URL14).

Az ausztráliai New England Egyetem 2021-ben indult, óvodásoknak és kisiskolásoknak hirdetett „Soil Your Undies Challenge” programjában a résztvevők között kisorsoltak nyereségmentesen egy egész napos ingyenes látogatást az UNE Discovery Voyagerre, ami a tudományon alapuló interaktív, tantervhez igazodó tevékenységekkel érkező mobil labor (URL15; URL16).

A hazai program célja nemcsak az volt, hogy egy egyszerű módszer segítségével megbecsüljük a talajok mikrobiológiai aktivitásának mértékét, hanem az is, hogy a talajok, a talajok egészségének jelentőségét népszerűsítsük és közelebb hozzuk az embereket a tudományos gondolkodáshoz. Mint sok más sikeres közösségi tudomány programban, a résztvevők itt is visszajelzést kaptak saját talajaik állapotáról, online felületen elérhették az eredménytérképet, melynek létrejöttéhez maguk is hozzájárultak. A programban résztvevők megismerkedhettek a talajlakó élőlényekkel, a talajjal, mint élő közeggel.

Az „Alsóban az Élet” és hozzá hasonló programok nem csak az érdeklődő felnőttek figyelmét hívják fel egy olyan fontos környezeti elemre, mint a talaj, hanem hosszútávon akár a talajtani kutatók utánpótlásának képzését is megalapozhatják.

Következtetések

Amennyiben egy adott célcsoport megkeresésével terveznénk a jövőben közösségi tudomány programot indítani, a demográfiai adatok segítik a megfelelő célközönség kiválasztását. Jelen kampányban a 36–45 éves életkorú, nő nemű és felsőfokú iskolázottságú egyének voltak a legaktívabbak.

A mikrobiológiailag legaktívabb talajok az alsónadrágok bomlása alapján a réti talajok és a közép- és délkelet-európai barna erdő-, valamint a csernozjom-, és a váztalajok (köztük nagyrészt a humuszos homoktalajok) (25,47%; 25,43%; 24,22%; 24,21% átlagos bomlásértékekkel).

Az eredeti hipotézisünk a tipikus talajfőtípusokra vonatkozott, tekintet nélkül az alkalmazott agrotechnikai, növénytermesztési műveletekre. Azonban a biológiai aktivitást nagyban meghatározza az agrotechnológia és az esetleges szennyezések is, amelyek megváltoztatják a talaj eredeti mikrobaközösségének összetételét, az egyes mikrobák egyedszámát, s így közvetetten hatással vannak a talajegészségre is. A programunkban szereplő talajok között a legnagyobb biológiai aktivitást egy olyan váztalaj (homoktalaj) érte el, melyen gazdája a talajélet serkentését elősegítő művelést végzett (mulcsozás, polikultúra). Ez is mutatja, milyen jelentőséggel bír talajaink megőrzésében és a biológiai aktivitás növelésében a talajművelés, mely jól megválasztva és alkalmazva a talajt a nála kedvezőbb alapadottságú talajoknál is

aktívabbá teheti, míg egy rosszul megválasztott, hibás művelés vagy szennyezés egy kedvező adottságú talaj biológiai aktivitását is gátolhatja.

Köszönetnyilvánítás

A programot támogatta az NKFIH K-131820 számú OTKA projekt, valamint az NKFIH Tudományos Mecenatúra Pályázat MEC N-140646 számú, „A talajok jelentőségének bemutatása közösségi médiakampánnyal” című pályázat.

Összeférhetetlenségi nyilatkozat

A kilencedik szerző, PÁSZTOR LÁSZLÓ a szerkesztőbizottság tagja. A kéziratot a bizottság egy másik tagja kezelte, ő a bírálat folyamatában semmilyen formában nem vett részt.

Irodalom

- ALLEN, D.E., SINGH, B.P., DALAL, R.C., 2011. Soil health indicators under climate change: a review of current knowledge. In: SINGH, B., COWIE, A., CHAN, K. (eds.) Soil health and climate change: soil biology. Springer, Berlin.
- ÁRVAI M., LÁSZLÓ P., TAKÁTS T., KOVÁCS Z. A., PÁSZTOR L., 2021. „Alsóban az élet” – a hazai talajok egészségi állapotát jellemző mikrobiológiai aktivitást feltérképező közösségi tudomány program előzetes eredményei országos szinten. In: X. Magyar Földrajzi Konferencia = 10th Hungarian Geographical Conference: absztraktkötet. A Földgömb az Expedíciós Kutatásért Alapítvány, Budapest.
- ÁRVAI M., TAKÁTS, T., FLÓRIÁN N., IMRÉNÉ TAKÁCS, T., KOVÁCS, Zs. A., LÁSZLÓ, P., 2021. Az ELKH ATK Talajtani Intézete közösségi tudomány programot indított "Alsóban az élet" címmel. Mezőhír: Országos Agrárinformációs Szaklap. **25.** (4) 68–70.
- BAKER, F., SMITH, C. L., & CAVAN, G., 2018. A combined approach to classifying land surface cover of urban domestic gardens using citizen science data and high resolution image analysis. *Remote Sensing*. **10.** (4) 537.
- BILLAUD, O., VERMEERSCH, R. L., & PORCHER, E., 2020. Citizen science involving farmers as a means to document temporal trends in farmland biodiversity and relate them to agricultural practices. *Journal of Applied Ecology*. **58.** (2) 261–273.
- BRINTRUP, K., AMIGO, C., FERNÁNDEZ, J., HERNÁNDEZ, A., PÉREZ, F., FÉLEZ-BERNAL, J., BUTTURINI, A., SAEZ-CARRILLO, K., YEVENES, M. A., FIGUEROA, R., 2019. Comparison of organic matter in intermittent and perennial rivers of Mediterranean Chile with the support of citizen science. *Revista chilena de historia natural*. **92.** (3) 1–10.

- BUCKINGHAM SHUM, S., ABERER, K., SCHMIDT, A., BISHOP, S., LUKOWICZ, P., ANDERSON, S., CHARALABIDIS, Y., DOMINGUE, D., DE FREITAS, S., DUNWELL, I., EDMONDS, B., GREY, F., HAKLAY, M., JELASITY, M., KARPIŠTŠENKO, A., KOHLHAMMER, J., LEWIS, J., PITT, J., SUMNER, R., HELBING, D., 2012. Towards a global participatory platform: democratising open data, complexity science and collective intelligence. *European Physical Journal Special Topics*. **214**. (1) 109–152.
- CAVICCHIOLI, R., RIPPLE, W. J., TIMMIS, K. N., AZAM, F., BAKKEN, L. R., BAYLIS, M., BEHRENFELD, M. J., BOETIUS, A., BOYD, P. W., CLASSEN, A. T., CROWTHER, T. W., DANOVARO, R., FOREMAN, C. M., HUISMAN, J., HUTCHINS, D. A., JANSSON, J. K., KARL, D. M., KOSKELLA, B., WELCH, D. B. M., MARTINY, J. B. H., MORAN, M. A., ORPHAN, V. J., REAY, D. S., REMAIS, J. V., RICH, V. I., SINGH, B. K., STEIN, L. Y., STEWART, F. J., SULLIVAN, M. B., VAN OPPEN, M. J. H., WEAVER, S. C., WEBB, E. A., WEBSTER, N. S., 2019. Scientists' warning to humanity: microorganisms and climate change. *Nature Reviews Microbiology*. **17**. (9) 569–586.
- DELLA CHIESA, S., LA CECILIA, D., GENOVA, G., BALOTTI, A., THALHEIMER, M., TAPPEINER, U., NIEDRIST, G., 2019. Farmers as data sources: cooperative framework for mapping soil properties for permanent crops in South Tyrol (Northern Italy). *Geoderma*. **342**. 93–105.
- DUDDIGAN, S., ALEXANDER, P. D., SHAW, L. J., SANDÉN, T., COLLINS, C. D., 2020. The Tea Bag Index—UK: using citizen/community science to investigate organic matter decomposition rates in domestic gardens. *Sustainability*. **12**. (17) 6895.
- GARCIA-ALVAREZ A., IBANEZ J. J., 1994. Seasonal fluctuations and crop influence on microbiota and enzyme activity in fully developed soils of central Spain. *Arid Soil Research and Rehabilitation*. **8**. (2) 161–178.
- GUO M., 2021. Soil health assessment and management: recent development in science and practices. *Soil Systems*. **5**. (4) 61.
- HAKLAY, M., 2013. Citizen science and volunteered geographic information: Overview and typology of participation. In: D. SUI, S. ELWOOD, & M. GOODCHILD (Eds.): *Crowdsourcing geographic knowledge: volunteered geographic information (VGI) in theory and practice*. Springer, Cham. pp. 105–122.
- IANNONE, B. V., UMEK, L. G., WISE, D. H., HENEGHAN, L., 2012. A simple, safe, and effective sampling technique for investigating earthworm communities in woodland soils: implications for citizen science. *Natural Areas Journal*. **32**. (3) 283–292.
- INGHAM, E. R., MOLDENKE, ANDREW R., EDWARDS, C. A., 2000. *The soil biology primer*. USDA, Natural Resources Conservation Service.
- JASSÓ F., 1989. Útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. *Agroinform*, Budapest.
- KIBIRIGE, D., & DOBOS, E., 2020. Soil moisture estimation using citizen observatory data, microwave satellite imagery, and environmental covariates. *Water*. **12**. 1260.

- KOCH, J., & STISEN, S., 2017. Citizen science: a new perspective to advance spatial pattern evaluation in hydrology. *PLoS One*. **12**. (5) e0178165.
- LADD, J.N., FOSTER, R. C., NANNIPIERI, P., OADES, J. M., 1996. Soil structure and biological activity. In: STOTZKY, G. és BOLLAG J. M. (eds.): *Soil Biochemistry*. Marcel Dekker, New York. pp. 23–78.
- LAND-ZANDSTRA, A., AGNELLO, G., GÜLTEKIN, Y. S., 2021. Participants in Citizen Science – In: VOHLAND, K., LAND-ZANDSTRA, A., CECCARONI, L., LEMMENS, R., PERELLÓ, J., PONTI, M., SAMSON, R., WAGENKNECHT, K. (eds.): *The Science of Citizen Science*. Springer, Cham. 243–259.
- LEHMANN J., BOSSIO D. A., KÖGEL-KNABNER I., RILLIG M. C., 2020. The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*. **1**. (10) 544–553.
- NACHIMUTHU, G., KING, K., KRISTIANSEN, P., LOCKWOOD, P., GUPPY, C., 2007. Comparison of methods for measuring soil microbial activity using cotton strips and a respirometer. *Journal of Microbiological Methods*. **69**. (2) 322–329.
- PÁSZTOR L., LABORCZI A., BAKACSI Z., SZABÓ J., ILLÉS G., 2017. Compilation of a national soil-type map for Hungary by sequential classification methods, *Geoderma*. **311**. (1) 93–108.
- PETER, N., VIVIANI, P., BENDER, S. F., VAN DER HEIJDEN, M. G., 2021. A nationwide assesment of soil health using citizen science. Eurosoil Conference 2021. Poster presentation nr. PO101
- ROSSITER, D. G., LIU, J., CARLISLE, S., ZHU, A. X., 2015. Can citizen science assist digital soil mapping? *Geoderma*. **259**. 71–80.
- SANYAL, D., RAHHAL, A., WOLTHUIZEN, J., BLY, A., 2021. Identifying diversity and activities of soil microbes using pigmentation patterns on buried cotton strips: a novel approach. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. **52**. (17) 2074–2087.
- SCHOTT, L., 2022 Engaging growers in soil health by 'Soiling their Undies', University of Idaho, Soil and Water System Department. 22nd World Congress of Soil Science, Glasgow, UK, 31.07. – 05.08.2022. poster
- SZABÓ I., 1955. A talajenzimológia eredményeinek kritikai összefoglalása. *Agrokémia és Talajtan*. **4**. (2). 183–191.
- SZILI-KOVÁCS T., TAKÁCS T., 2011. Mikrobiológiai indikátorok alkalmazása a talajminőség értékelésében. 1. Módszerek. *Agrokémia és Talajtan*. **60**. (1) 273–286.
- TAKÁCS T., ÁRVAI M., KOVÁCS Zs. A., MÉSZÁROS J., TAKÁCS K., LÁSZLÓ P., 2022. Az „Alsóban az élet” című közösségi tudomány program első eredményei. *Mezőhír: Országos Agrárinformációs Szaklap*. **26**. (2) 60–62.
- YAO H. , BOWMAN D., SHI W., 2011. Seasonal variations of soil microbial biomass and activity in warm- and cool-season turfgrass systems. *Soil Biology and Biochemistry*. **43**. (7) 1536–1543.
- VÁCZI O., BAKÓ B., BATA K., KOCZKA K., SASHALMI É., VARGA I., VOZÁR Á., 2012. Szemelvények a Vadonleső, önkéntesek munkáján alapuló természet-megfigyelő program első két évének eredményeiből. *Természetvédelmi Közlemények*. **18**. 506–516.

Internetes hivatkozások

- URL1: AM, TERMÉSZETMEGŐRZÉSI FŐOSZTÁLY. Vadonleső program <https://vadonleso.hu> (2022.09.28.)
- URL2: ÖKOLÓGIAI KUTATÓKÖZPONT. Szúnyogmonitor: az inváziós szúnyogok elterjedése Magyarországon. <https://szunygmonitor.hu> (2022.09.28.)
- URL3: SOIL CONSERVATION COUNCIL OF CANADA, Soil Your Undies. <https://soilcc.ca/when-was-the-last-time-you-soiled-your-undies/> (2022.09.29.)
- URL4: USDA, Natural Resources Conservation Service, 2018. Soil Your Undies challenge. Oregon, USA, <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/or/soils/health/?cid=nrcseprd1470410> (2022.09.28.)
- URL5: PENNSYLVANIA SOIL HEALTH COALITION. Soil Your Undies. <https://www.pasoilhealth.org/soilyourundies> (2022.09.28.)
- URL6: IZAAK WALTON LEAGUE OF AMERICA. Soil Your Undies. Maryland, USA. <https://www.iwla.org/soils-agriculture/soil-your-undies> (2022.09.28.)
- URL7: UNIVERSITY OF ZÜRICH. Proof by Underpants. https://www.botinst.uzh.ch/en/research/agroecology/current-projects/proof_by_underpants.html (2022.09.28.)
- URL8: EAGRONOM. Soil Your Undies 2021: driving Baltic soil health by soiling pants. <https://eagronom.com/en/blog/soil-your-undies-baltics-2021/> (2022.09.28.)
- URL9: SANYAL, D., WOLTHUIZEN, W., & BLY, A., 2020. Cotton strip soil test: Rapid assessment of soil microbial activity and diversity in the field. South Dakota State University Extension. <https://extension.sdstate.edu/cotton-strip-soil-test-rapid-assessment-soil-microbial-activity-and-diversity-field> (2022.09.28.)
- URL10: FOCOCLIPPING. <https://www.fococlipping.com/> (2022.09.28.)
- URL11: PHOTOROOM. <https://www.photoroom.com/> (2022.09.28.)
- URL12: R CORE TEAM, 2019. R: a language and environment for statistical R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/> (2022.03.30.)
- URL13: PÁSZTOR L, LABORCZI A, SZATMÁRI G, TAKÁCS K, 2017. DOSoReMI országos digitális talajtulajdonság és általánosabb értelemben vett talajtérképek: strukturált webes térképi szolgáltatás. www.dosoremi.hu (2022.09.28.)
- URL14: BENDER, S. F. VAN DER HEIJDEN. M. Buried underwear shows that humus promotes soil life and protects against drought https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/en/home/news/newsroom/2022/09-27_beweisstueck-unterhose.html (2022.09.27.)
- URL15: UNIVERSITY OF NEW ENGLAND, Soil your undies challenge 2021 <https://www.unediscoveryvoyager.org.au/soilyourundies/> (2022.09.27.)
- URL16: COTTONINFO. Soil your undies. Australia. <https://www.cottoninfo.com.au/soilyourundies> (2022.09.27.)

The First experiences and results of the Hungarian citizen science program ('Life in Undies') aimed at soil properties

^{1*}Mátyás ÁRVAI, ^{1,2}Tünde TAKÁTS, ^{1,3}Zsófia Adrienn KOVÁCS, ¹Katalin TAKÁCS, ¹Kitti BALOG, ¹Péter LÁSZLÓ, ¹Tünde IMRÉNÉ TAKÁCS, ¹János MÉSZÁROS, ¹László PÁSZTOR

¹Institute for Soil Sciences, Centre for Agricultural Research, Budapest, Hungary;

²Doctoral School of Earth Sciences, Faculty of Science, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary;

³Doctoral School of Environmental Sciences, Faculty of Science, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary

Summary

In 2021, the Institute for Soil Sciences, Centre for Agricultural Research launched Hungary's first citizen science project with the aim to obtain information on the biological activity of soils using a simple estimation procedure. With the help of social media, the reactions on the call for applications were received from nearly 2000 locations.

In the Hungarian version of the international "Soil your Undies" program, standardized cotton underwear was posted to the participants with a precise step-by-step tutorial, to bury their underwear for about 60 days, from mid-May until mid-July in 2021, at a depth of about 20–25 cm. After the excavation, the participants took one digital image of the underwear and recorded the geographical coordinates, which were uploaded to a GoogleForms interface joint with several basic information related to the location and the user (type of cultivation, demographic data, etc.).

By analysing digital photos of the excavated undies made by volunteers, we obtained information on the level to which cotton material had decomposed in certain areas and under different types of cultivation. Around 40% of the participants buried the underwear in garden, 21% in grassland, 15% in orchard, 12% in arable land, 5% in vineyard and 4% in forest (for 3% no land use data was provided).

The images were first processed using Fococlipping and Photoroom softwares for background removing and the percentage of cotton material remaining was estimated based on the pixels by using R 'raster package'.

The countrywide collected biological activity data from nearly 1200 sites were statistically evaluated by spatially aggregating the data both for physiographical and administrative units.

The national average decomposition rate was 24.57%, while the maximum decomposition rate reached 93% in a mulched and polyculture utilized garden in sandy soil.

Keywords: citizen science, decomposition of cotton underwear, soil your undies, soil health, biological activity, soil microbes

Figures

Figure 1. Steps for the implementation of the 'Soil Your Undies' (Hungary) program
1. Media call; 2. Applications; 3. Posting Undies for the applicants; 4. Burying undies; 5. Microbiological degradation in soil; 6. Digging out undies; 7. Uploading data and photos to online interface; 8. Data cleaning and processing; 9. Sending an evaluation response to the program participants

Figure 2. Temporal changes of seasonal microbiological activity within a 1-year period, highlighting the activity maximum; I. last frost; II. early summer; III. late summer; IV. first frost

Figure 3. Steps of image processing on photos received from the program participant;
1. Photo of the underwear; 2. Pre-selection; 3. Remove background; 4. Image processing – cutting; 5. Image processing – common resize; 6. Comparison with the reference underwear; 7. Determination of the degree of decomposition

Figure 4. Demographic data of the citizen science program applicants. A. distribution by age group; B. distribution by gender; C. distribution by educational level; D. aggregated demographic data of the applicants (y-axis: age group, x-axis: number of applicants)

Figure 5. Evaluability graphs of the results of undies participated in the citizen science program. 1. All posted underwears; 2. Uploaded photos; 3. Missing underwears; 4. N/A

Figure 6. Average decomposition percentages of the undies depending on the land use type (in the right corner the distribution of the buried undies number according to different land use types can be seen); I. Arable land; II. Orchard; III. Vineyard; IV. Garden; V. Grassland; VI. Forest

Figure 7. The average decomposition percentages of the undies depending on the soil type (in the right corner the distribution of the buried undies number according to different soil types can be seen.) Legend: I. Skeletal Soils; II. Rocky Soils; III. Central and Southeast European Brown Forest Soils; IV. Chernozem Soils; V. Saline and Sodic Soils; VI. Meadow Soils; VII. Marshy Soils; IX. Sedimentary Soils (JASSÓ, 1989)

Figure 8. Result map of soil microbiological activity based on the degree of the decomposition, created from the results of the completed 'Life in Undies (Hungary)' citizen science program

Open Access nyilatkozat: A cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje és az esetlegesen végrehajtott módosítások feltüntetésre kerülnek. (SID_1)
