

36. OTDK Biológia Szekció

Háztartási mosószeres és a zero waste mosás környezeti hatásának vizsgálata

Horváthné Dani Brigitta Roxána

Negyedéves kémia (természettudományi gyakorlatok); természetismeret-
környezettan tanár szakos hallgató

Eötvös Lóránd Tudományegyetem Savaria Egyetemi Központ

Témavezető: Dr. habil Skribanek Anna

Tartalomjegyzék

1. Összefoglaló (rezümé)
2. Irodalmi áttekintés
 - 2.1 Felületaktív anyagok és hatásaik
 - 2.2 Öblítők
 - 2.3 Mosószeresek növényekre gyakorolt hatásai
 - 2.4 Hipotézisek
3. Kutatás módszertana
 - 3.1 Vizsgált anyagok
 - 3.2 Tesztalanyok
 - 3.3 Alkalmazott koncentrációk
 - 3.4 Módszerek
 - 3.5 Értékelés
4. Eredmények
 - 4.1 Előkísérlet
 - 4.2 Mosószeresek hatása a *Triticum aestivum* növényekre
 - 4.3 Öblítők hatása a *Triticum aestivum* növényekre
 - 4.4 Összegzés
5. Felhasznált irodalom

1. Összefoglaló (rezümé)

A manapság újra előtérbe kerülő környezetbarát mosási lehetőségekkel rengeteg cikk és blog foglalkozik. Célunk a kereskedelmi forgalomban kapható komplex mosószerek és öblítők, valamint egy környezetbarát alternatíva a mosószappanból készített mosóoldat és ecet, mint öblítő ökotoxicitásának összehasonlítása.

Hatóanyagaik ökoszisztémára gyakorolt hatásával sok kutatás foglalkozik, azonban ebben a munkában az összetevők együttes hatását vizsgáljuk a kereskedelmi forgalomban kapható komplex mosószerek és öblítők esetén.

Kutatásunk során a mosószer-, illetve öblítő oldatok adagolási útmutató szerinti, illetve annál töményebb koncentrációiban vizsgáltuk a *Triticum aestivum* egyedek csírázását, növekedését, karotin- és klorofilltartalmát, peroxidáz enzimaktivitását és a II. fotorendszer maximális kvantumhozamát.

A mosószerek és öblítők csírázásgátlása csak nagy töménységű oldatoknál volt megfigyelhető. Méretbeli különbségek már a legkisebb vizsgált koncentrációban is jelentkeztek. A gyökök mérete intenzívebben csökkent, mint a hajtásoké. A fotoszintetikus pigmentek mennyisége a szappan esetében nem csökkent szignifikánsan, a komplex mosószerek esetében viszont már kis (5 ml/l-es) koncentrációnál is szignifikánsan csökkent.

Hipotéziseinket a vizsgálataink igazolják, miszerint a szappanoldat kevésbé gátolja a növények csírázását, növekedését és fiziológiai tulajdonságait, mint a kereskedelmi forgalomban kapható komplex mosószerek, emiatt jó környezetbarát alternatívája lehet a szintetikus mosószerekkel való mosásnak, az ecet pedig jó környezetbarát megoldást jelenthet az öblítőszer használata helyett.

2. Irodalmi áttekintés

„A háztartási mosószerek a mindennapi élet folyamán nagy mennyiségben használt anyagok. Európában 9 millió tonna mosó- és tisztítószerrel használnak fel évente (Madsen és mtsai. 2001). Összetevőik között viszont bőven akadnak olyan anyagok, amelyek az élővizekbe jutva káros hatásúak lehetnek. Ilyenek például az anionos és a nemionos felületaktív anyagok (Horváthné Dani, 2022).”

2.1 Felületaktív anyagok és hatásaik

Szerkezetük szerint hidrofil és hidrofób részből állnak. Emulgeáló, diszpergáló, habosító és nedvesítő tulajdonságaik miatt kedveltek. Mosószerekben előszeretettel használják, mivel csökkentik a víz felületi feszültségét és az olyan zsíros szennyeződések is leoldják a felületekről emulziót képezve, amit csupán vízzel nem lehetne.

„A legnagyobb probléma velük az, hogy az élővizekben a szennyvíztisztítás ellenére kimutathatóak maradványaik (Minareci és mtsai., 2009; Horváthné Dani, 2022).” Kutatások megerősítették, hogy ezen anyagok nagy része aerob folyamatok során képes lebomlani, de anaerob körülmények között nem, vagy a keletkező anyagok toxicitása miatt kerülendő az anaerob lebontásuk (Mousavi és Khodadost, 2019). Az élővizekbe jutva azok habzását, eutrofizációt és egyéb paraméterek megváltozását okozhatják. Továbbá a fent említett anyagok károsan hatnak a vízi környezetben élő növények fotoszintetikus aktivitására és megzavarhatják a fehérjeszintézist (Azizullah és mtsai., 2012).

A felületaktív anyagok koncentrációjának növekedése a talajszerkezet romlását és a pH változását eredményezhetik. A talaj megfelelő pH értékének növekedése vagy épp csökkenése befolyásolja annak biológiai aktivitását és kimosódhatnak a talajból az ott lévő szerves anyagok, amelyek a későbbiekben hiányozni fognak a mikroorganizmusok számára (Anwar, 2011a, b). A talajélet és a pH változása, veszélyezteti a szárazföldi populációk létét/egyensúlyát (Khan, 2022). A magas mosószertartalom növeli a vezetőképességet, amely hatására növekszik a talaj sótartalma is (Pinto és mtsai., 2010; Sawadogo és mtsai., 2014). A magas elektromos vezetőképességű talaj pedig fogékonyabb a további szennyeződések befogadására (Anwar, 2011a; Sawadogo és mtsai., 2014; Peng és mtsai., 2017), valamint a felületaktív anyagok egy része képes mozgósítani a már megkötött szennyezőanyagokat (pl. triazinokat) is (Ying és mtsai., 2005).

A felületaktív anyagokat kiindulási anyagaik alapján két csoportba sorolhatjuk: természetes és szintetikus felületaktív anyagok. A természetes felületaktív anyagok, azok a szappanok, amelyekhez a felhasznált anyagok is természetes eredetűek, tehát növényi olajokból és /vagy állati zsírokból készülnek, mivel természetes eredetűek biológiailag le is bonthatóak. A szintetikus felületaktív anyagok és szappanok fő alkotói kőolajszármazékok, ennek köszönhető a nagyobb toxicitásuk és az, hogy biológiailag nem bonthatóak (Chirani és mtsai., 2021).

Kémiai oldalról megközelítve a szappanok zsírnak vagy olajnak lúggal vagy szerves bázissal képzett sói. Már az ókori Babilóniában készítettek különböző szappanokat (Levey, 1954). Egy nagyjából időszámításunk előtt 2200-ból származó sumér dokumentumban is olvashatunk

arról, hogy zsiradékokat vegyítettek lúggal, és szappanszerű anyagot készítettek orvosi alkalmazásra (Konkol és Rasmussen, 2015).

Valószínűsíthetően az a tény, hogy a szappan kemény vízben kevésbé habzik, azaz a vízkeménységet okozó Ca^{2+} és Mg^{2+} ionokkal ülepszik, hívta életre a szintetikus úton kőolajszármazékokból előállított mosószeralapanyagokat, amelyek szerkezetüket tekintve, a szappanhoz hasonlítanak, de kémiai sajátágaik eltérőek és kemény vízben is habzanak (Myers, 1992).

A molekulaszerkezet alapján a felületaktív anyagok a következő csoportokba sorolhatók (1. táblázat):

- Anionos felületaktív anyagok: vízben való oldásuk során negatív töltésű anion képződik.
- Kationos felületaktív anyagok: pozitív töltésű kation keletkezik.
- Nemionos felületaktív anyagok: mivel nincs töltés, így nem befolyásolja hatását a vízkeménység.
- Amfoter felületaktív anyagok: anionos és kationos funkciós csoporttal is rendelkeznek (Hanif és mtsai., 2012).

Ezek közül a leggyakrabban az anionos felületaktív anyagokat használják, amelyek 60%-át teszik ki a világ termelésének (Karray és mtsai., 2016).

Type	Structure	Formula	References
Anionic surfactants			
Alkyl benzene sulfonate		$C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$	(Negin et al. 2017)
Alcohol ethoxysulfates		$C_{12}H_{26}Na_2O_5S$	(Negin et al. 2017)
Sodium alkyl sulfate		$C_nH_{2n+1}OSO_2O Na$	(Negin et al. 2017)
Soap	-	$RCOONa$	(Imandel et al. 1978)
Cationic surfactants			
Quaternary ammonium			(Hirata et al. 1995; Jaeger et al. 2010)
Nonionic surfactants			
Ethoxylates alcohol			(Negin et al. 2017)
Amphoteric surfactants			
Imidazolines		$C_3H_8N_2$	(Ishihara and Togo 2006)
Betaines		$C_5H_{11}NO_2$	(Belsito et al. 2013)
Alkyl imino dipropionate (Sodium Lauriminoipropionate)			(Madsen et al. 2001)

1. táblázat: A legszélesebb körben használt anionos, nem ionos, kationos és amfoter felületaktív anyagok (Lee és mtsai., 2013).

A szintetikus mosószerek gyártásának kezdetén a leggyakrabban használt felületaktív anyag az elágazó láncú anionos alkil-benzol-szulfonát (ABS) volt, amely azonban biológiailag nem lebomló, így az általa okozott szennyezés hosszú távon fennmarad (Chio és mtsai., 1992). 1965-ben az ABS által okozott környezeti problémákat tapasztalva, megkezdődött az elágazó láncú vegyületek használatának visszaszorítása (Kogawa és mtsai., 2017). Biológiailag lebomló alternatívája a lineáris alkil-benzol-szulfonát (LAS) lett. Mousavi és Khodadost 2019-es cikke ezt írja róla: „Ez az anionos felületaktív anyag, amelyik négyszer mérgezőbb, mint az ABS, biológiailag lebontható.” Az 1998-as globális fogyasztása 2,8 millió tonna volt (Verge és mtsai.,

2001). Az anionos felületaktív anyagok közül a LAS vegyületek (lineáris alkil-benzol-szulfonátok) továbbra is a kedveltek a mosószergyártók körében (Ying, 2005). Megállapították, hogy *Daphnia magna* fajra gyakorolt toxicitása a szénatomszám, illetve a vízkeménység növekedésével is nő (Verge és mtsai., 2001). Igazolták, hogy a LAS vegyületeket aerob körülmények között a folyóvizek természetes flórája 99%-ban képesek lebontani (Perales és mtsai., 1999). McEvoy és Giger (1985) pedig az anaerob lebonthatóságot vizsgálták, a szennyvíziszapban a koncentrációja anaerob kezelés előtt és után mérve nem mutatott számottevő csökkenést, azaz a LAS vegyületek csak aerob körülmények között bonthatók le, anaerob körülmények között nem. A LAS toxicitásának következményeképp a vízi növényvilág biomasszája, fehérjetartalma és klorofilltartalma is csökken (Chawla és mtsai., 1989). A fitotoxikus dózis a *Lemna minor* és a *Spirodela polyrhiza* esetében 8,15 %, de például a *Salvinia molesta* esetében már 0,005 %-os koncentrációja is fitotoxikus (Chawla és mtsai., 1989).

A nátrium-dodecil-benzol-szulfonát (SDBS) az anionos szintetikus mosószerhatóanyagok közül a legelterjedtebb, amelyet biológiailag lebomló hatóanyagként tartanak számon (Kemmeri és mtsai., 2007). Az *Azolla pinnata* 1-10 ppm SDBS koncentrációjában még növekedést mutat a kontrollmintához képest, azonban e fölött már a gátló hatás mutatkozik, de a klorofilltartalom minden töménységben csökken (Pandey és Gopal, 2010). A nátrium-dodecil-szulfát (SDS) toxikus hatással bír a *Thalassiosira pseudonana* kovaalgára is (Aizdaicher és Reunova, 2002). Nátrium-lauril-szulfát (SLS) esetében Pandey és Gopal (2010) azt tapasztalták, hogy bár az SLS a 2-15 ppm koncentrációtartományban növelte a *Azolla pinnata* száraz és levelek méretét, de a fölött gátló hatást mutatott a kontrollmintához viszonyítva, a növények klorofilltartalma minden esetben csökkenést mutatott, 2 ppm koncentráció fölött pedig minden növény megbarnult.

A komplex mosószerek jellemzően tartalmazznak tartósítószerket, mint például Na-benzoát, phenoxyetanol, metil-izotiazolinon, valamint a benzizotiazolinon, A metil-izotiazolinon közkedvelt tartósítószer, azonban allergizáló hatása bizonyított. Kontakt allergiát, dermatitist és ekcémát válthat ki (Lundov és mtsai., 2010). Song és munkatársai (2022) klórmetil-izotiazolinon/metil-izotiazolinon keverék expozíciót követő légzőszervi toxicitását vizsgálták. Eredményeik egyértelműen kimutatták az expozíció és a tüdőkárosodás közötti kapcsolatot. A benzizotiazolinon jelenlétét már az élővizekből is kimutatták, továbbá megállapították, hogy jelenléte a pajzsmirigy endokrin zavarait indukálta a Lee és munkatársai (2023) által vizsgált zebradánió hal embrió egyedekben. Allergén tulajdonságuk miatt kozmetikai termékekben való alkalmazásuk az Európai Unióban tiltott (Garcia-Hidalgo és mtsai., 2018).

2.2 Öblítők

Nevükből eredően azt várnánk, hogy a mosás folyamatához járulnak, hozzá, az esetleges mosószermaradványokat távolítják el a ruhákból, de valójában a kereskedelmi forgalomban kapható öblítőknek ilyen funkciója nincs. Ezzel szemben közkeletűségük egyrészt illatanyagjaiknak, másrészt azon összetevőiknek köszönhető, amelyek bevonatot képezve a ruhán, annak érintését lágygyá és puhává varázsolják, emellett elősegítik a száradást és csökkentik a ruhák elektrosztatikus feltöltődését¹.

Fő összetevőik: kationos felületaktív anyagok, illatanyagok és tartósítószer.

A kationos felületaktív anyagok közül a kvaterner ammóniumvegyületek az 1950-es évektől a leggyakoribbak, de előfordulnak, amin/imidazolin sók is. A kationos felületaktív anyagok anionos és nem ionos ellenfeleikkel szemben magasabb szubsztanciával rendelkeznek, így negatív töltésű szennyeződésekhez könnyen adszorbeálódnak. Ennek köszönhetően nagyon közkeletűek. Biológiai lebonthatóságuk és ezáltal a vízi élővilágra gyakorolt hatásuk azonban még nem tisztázott, így használatuk korlátozott (Edser, 2007). Kationos felületaktív anyag például a Lenor Spring Awakening öblítőben található dipalmitoil-etil-dimonium-klorid. Nekik köszönhetően a ruhák puhább tapintásúak lesznek, viszont könnyen éghetőek. A textíliák nehezebben szívják fel miattuk a vizet, ellenben a vízálló ruhadarabok vízállóságát rontják.

A médiának és a propagandának köszönhetően az emberekben olyan tévképzet alakult, ki, hogy akkor tiszta egy ruha, ha finom illata van. Köztudott, hogy az illatanyagok közül sok bőrirritációt, illetve más allergiás reakciót válthat ki, emellett vannak közöttük olyanok, amelyek hormonális hatásúak lehetnek vagy épp bioakkumulációra hajlamosak¹. Tartósítószerként általában a már említett benzizotiazolinont, illetve a metil-izotiazolinont tartalmazzák. Ebből kifolyólag az öblítőkkel nem csak az összetevők toxicitása a probléma, hanem a bőrirritáló hatásuk is számottevő. Mindezeknek köszönhetően az Európai Fogyasztói Szervezetek Szövetsége és az Európai Környezetvédelmi Iroda 2014-ben kijelentette, hogy nem lehet öblítőt „öko” címkével ellátni (EEB and BEUC comments on criteria revision for the detergents (2014)).

Mindezekkel ellentétben, ha öblítőként ecetet használnánk azzal ténylegesen a lúgos pH-jú mosószermaradványokat távolítanánk el a ruhákból, teljes mértékben természetes vegyület használatával, amely biológiailag lebomlik és nem toxikus a környezetre nézve.

2.3 Mosószerek növényekre gyakorolt hatásai

A szappan Steberg és Berg (1995) kutatásai szerint könnyen lebontható a mikrobák által, viszont a szennyvizekben található fémionokkal csapadékokat képez, amely csökkenti a

lebontás sebességét. Schöberl és munkatársai (1988) nátriumszappansók esetében 80-90%-os mineralizációs arányt tapasztaltak. Birch és munkatársai (1992) a nátrium-palmitát lebomlását vizsgálták az iszapban anaerob körülmények között és 79–94%-os lebomlást tapasztaltak. Ezek alapján a szappan a mikrobák által könnyen lebontható mind aerob, mind anaerob körülmények között (Scott és Jones, 2000).

Issayeva és munkatársai (2015) kutatásuk során babnövény csírázása során vizsgálták a különböző kereskedelmi forgalomban kapható mosószerek és folyékony szappanok toxicitását. Kimutatták, hogy a gél formájú mosószerek toxikusabbak, mint a por formájú mosószerek, a legkevésbé mérgezők pedig a szappanok.

Alacsony koncentrációjú (0,6 g/l-es) mosószerooldatokkal tartósan (21 napig) öntözött bab növények levelének klorofillkoncentrációja 12%-kal csökkent az expozíciót követően, míg a II. fotorendszer aktivitása 45%-kal a kontrollnövényekhez képest (Branislav és mtsai., 2010). Sawadogo és munkatársai (2014) a szürke szennyvízzel való öntözés hatásait vizsgálta *Abelmoschus esculentus* és *Lactuca sativa* tesztorganizmusokon. Tapasztalatai alapján a vezetőképesség, a sómennyiség és a pH is megváltozott a mosószerek koncentrációjának növelésére az öntözővízben és ezáltal a talajban is. A mosószerek koncentrációinak növelésére a növények biomasszája csökkent és az öntözés hatására *Abelmoschus esculentus* és *Lactuca sativa* pusztulását okozta, tehát az 1 mg/l-es koncentráció már gátló hatással bír. Gadallah (2004) a Bani Qura mosószergyárból származó szennyvízzel történő öntözés a napraforgó növényekre gyakorolt hatását vizsgálva megállapította, hogy a napraforgó hajtásnövekedését és a klorofilltartalmát is gátolta.

Mindennek tudatában szükségesnek éreztem a kereskedelmi forgalomban kapható komplex mosószerek ökotoxicitásának megismerését (Horváthné Dani, 2022).

2.4 Hipotézisek

A mosószappanból készített folyékony mosószert jó alternatívája lehet a szintetikus mosószereknek, mivel kevésbé toxikus a növények növekedésére és fiziológiájára, mint a szintetikus kereskedelmi forgalomban kapható mosószerek (Horváthné Dani, 2022).

Az öblítőszer alternatívája lehet az ecet használata, mivel feltételezésünk szerint szintén kevésbé toxikus a környezetre nézve.

Továbbá a fentiek használatával a csomagolási hulladék mennyiségét és a mosás költségét is csökkenteni lehetne a háztartásokban.

3. Kutatás módszertana

3.1 Vizsgált anyagok

Kereskedelmi forgalomban kapható népszerű mosószereknek (Persil Color gel, Coccolino Care mosógél színesruhákhoz, Ariel Mountain Spring, CLEANECO Organikus Univerzális Mosógél Koncentrátum, (mint kereskedelmi forgalomban kapható „öko” mosószer)) az ökotoxicitását szeretnénk összehasonlítani egy házilag, mosószappan feloldásával készített folyékony mosószerével (Horváthné Dani, 2022).

Emellett a kereskedelmi forgalomban kapható öblítők (Lenor Spring Awakening, Tandil Soft) ökotoxicitását egy környezetbarát alternatíváéval, az ecet öblítőként való használatával.

	CLEANECO Organikus Univerzális Mosógél Koncentrátum	Coccolino Care mosógél színes ruhákhoz	Ariel Mountain Spring Folyékony mosószer	Persil Color Gel
szappan	<5% szappan			<5 % szappan
anionos felületaktív anyagok	Etoxilált (C ₁₂ -C ₁₄) alkohol-szulfátok nátrium sói	Nátrium-dodecilbenzolszulfonát Nátrium-lauril-szulfonát Tea-dodecil-benzol-szulfonát	Nátrium C ₁₀ -13 Alkil-benzol-szulfonát Nátrium-lauril-szulfonát MEA-C10-13 Alkil-benzolszulfonát	Etoxilált (C ₁₂ -C ₁₄) alkohol-szulfátok nátrium sói Benzoeszulfonsav (C ₁₀ -C ₁₃) alkil származékok nátrium sói
kationos felületaktív anyagok	-	-	-	-
nemionos felületaktív anyagok		C ₁₂ -15 Pareth-7, C ₁₂ -14 Laureth-3	Tetrahydrolinalool, C ₁₂ -14 Parenth-n, C ₁₅ Parenth-n	(C ₁₂ -C ₁₈) zsíralkoholetoxilát
amfoter felületaktív anyagok	1,5 % alkilamido-propil-betain			foszfónát

2. táblázat: Az általunk vizsgált mosószerek összetétel elemzése a biztonsági adatlapok alapján.

Vizsgálathoz használt szappan elkészítése:

„A szappankészítéshez disznózsírt használtunk. A disznózsír SAP-ja² (elszappanosítási együtthatója) 0,138. A megfelelő mennyiségű nátronlúgot feloldottuk a zsír tömegének

egyharmadával megegyező vízben, a zsírt pedig felmelegítettük. Amikor mindkettő elérte az 50 °C-os elegyítési hőmérsékletet a kettőt összeöntöttük és botmixer segítségével elszappanosítottuk. Az így, hideg eljárással készített szappannak a formába öntést követően még körülbelül 1 hónapot kell állnia, hogy az elszappanosodás teljesen végbemenjen.

Egy hónap elteltével egy szappant (megközelítőleg 100 g) feloldottuk 3 liter vízben. A mérés reprodukálhatósága érdekében megmértük az így kapott oldat pH-ját (pH: 9,96). Ezt az oldatot használtuk további vizsgálataink során.” (Horváthné Dani, 2022)

3.2 Tesztalányok:

Mivel elsősorban az élővizekben jelenik meg a mosószerek generálta szennyeződés, ezért leggyakrabban a vízi szervezetekre gyakorolt hatásukat vizsgálják, így előkísérletnek békalencsével (*Lemna minor*) dolgoztunk. Toxinokra való reakcióként növekedést-gátlást és peroxidáz enzimaktivitás szignifikáns növekedését mutatja (Ács, 2010; Mitrovich és mtsai., 2005).

Sajnos a vele való munka a méretéből és tömegéből adódóan is nagyon nehéznek bizonyult, és mivel nem volt sikeres a tartós tenyésztése, ezért egy könnyebben kezelhető kultúrnövényt a búzát (*Triticum aestivum*) választottuk, mivel többek közt gyökereinek és hajtásainak növekedését is erősen befolyásolják a különböző stresszhatások (An és mtsai., 2009).

3.3 Alkalmazott koncentrációk:

Mosószeres mérések esetén:

Triticum aestivum esetében a mosószerek és a szappan vizsgálatakor is a következő koncentrációkat vizsgáltuk: 2,5 ml/l, 5 ml/l, 10 ml/l, 100 ml/l, 400 ml/l (3. táblázat). További összehasonlítható hígításnak véltük azt a koncentrációt, amit a mosószerek gyártója adagolási útmutatóként előír 10 liter vízhez (Horváthné Dani, 2022). Ez a különböző mosógélek esetében eltérő: Persil mosógél: 25 ml mosószer, Coccolino: 35 ml, Ariel Mountain Spring: 40 ml, Claeneco esetében pedig 50 ml (4. táblázat). Mivel első méréseinket csak Persil mosószerrel összevetve végeztük, így a további méréseink során is a szappan esetében ugyanazt a hígítást vettük adagolási útmutató szerinti koncentrációnak, mint a Persil mosószer esetében. Normál esetben ebben a töménységben nem kerülnének ki a mosószerek a természetbe, így

irrelevánsnak tűnhet ez a töménység, de sajnos a rosszabb infrastruktúrájú területeken előfordul a szürke szennyvízzel való öntözés, ami indokoltá teszi ezeket a vizsgálatokat is.

*Lemna minor*al végzett mérések esetében az adagolási koncentrációkat (3. táblázat), illetve azoknak tized és század koncentrációit vizsgáltuk. Ennek az az oka, hogy az adagolási útmutató egyes mosószeres esetében akár duplaannyi mosószer is előírható, és így például szürke szennyvízzel való öntözés esetén, ha ugyanazt a háztartást vizsgálnánk a különböző mosószereseknek az adagolási útmutató szerinti koncentrációi, vagy annak ugyanolyan hígításai kerülnének ki a környezetbe. Töményebb oldatok vizsgálata nem lenne életszerű és a békalencse érzékenységéből fakadóan nem is lenne célravezető.

Öblítőszeres mérések esetén:

Az ecet öblítőként való használatát sok fórumon megtaláltuk, ám egységes adagolási útmutatót keresve sem találtunk hozzá. A 0,1 %-os oldattól az 4-5%-os oldatig találtunk javaslatokat. Így a legtöményebbet választottuk és a 4-5 %-os ecetsavoldatból indultunk ki. (Ennek az oldatnak a pH-ja még bővel 3 alatt van.) Ezt vettük törzsoldatnak, mint „ecetöblítő”, azaz ez a 100%-os ecetöblítő oldatunk, amelyet a későbbiekben a megfelelő koncentráció értékekre hígítottunk (3. táblázat). (Tehát az ecet esetén a megadott koncentrációk nem az ecetsavra vonatkoznak, hanem az így kapott „ecetöblítő” -re, úgy, ahogy a többi esetben sem a hatóanyagokra vonatkozik a megadott koncentráció, hanem a komplex öblítőkre!) Az alkalmazott hígításaink 500-szoros, ezerszeres és tízezerszeres hígítás. A törzsoldat hígított koncentrációi tehát 0,1 ml/l, 1 ml/l, 2 ml/l (3. táblázat). (Ecetsavra vetítve: 0,005 %, 0,05 % 0,1 %-os ecetsavoldatot jelent.) Az adagolási útmutató szerinti hígítás a Lenor Spring Awakening esetében 1 ml/l, Tandil esetében 2 ml/l (4. táblázat). Ennél töményebb oldatokkal az ecet esetén nem érdemes méréseket elvégezni, mivel az ecet savas pH-ja erős stresszhatásként jelentkezik.

Minden esetben csapvizet kontrollal dolgoztunk.

Mosószeres		Öblítők	
<i>Lemna minor</i>	<i>Triticum aestivum</i>	<i>Lemna minor</i>	<i>Triticum aestivum</i>
A/100	2,5 ml/l	A/100	0,1 ml/l
A/10	5 ml/l	A/10	1 ml/l
A	10 ml/l	A	2 ml/l
	100 ml/l		
	400 ml/l		
	A		A

3. táblázat: A vizsgálataink során alkalmazott koncentrációk. (Jelmagyarázat: A= adagolási útmutató szerinti hígítás)

Adagolási útmutató szerinti koncentráció						
Mosószerek					Öblítők	
Szappan	Cleaneco	Persil	Ariel	Coccolino	Lenor	Tandil
2,5 ml/l	5 ml/l	2,5 ml/l	4 ml/l	3,5 ml/l	1 ml/l	2 ml/l

4. táblázat: Adagolási útmutató szerinti koncentrációk az egyes mosószerek, illetve öblítők esetén.

3.4 Módszerek

Vizsgálatok *Lemna minor* esetében

A békalencsét egy hétig neveltük a különböző hígítású oldatokban, ezután értékeltük.

Az általunk elvégzett vizsgálatok

- Fotó készítés a tenyészetek színének értékeléséhez
- Tömeg mérés 10 egyed tömege analitikai pontossággal a nedvesség leitatása után
- Peroxidáz enzimaktivitás mérés

Vizsgálatok *Triticum aestivum* esetében

Csírázási vizsgálatok

A búzaszemeket a vizsgált mosószerek megfelelő koncentrációs oldataival átitatott szűrőpapírban csíráztattuk szobahőmérsékleten egy hétig. A csírázási idő letelte után mértük 10-10 egyed hajtás, illetve gyökérhosszát. Az egyedeket teljesen véletlenszerűen választottuk ki. Majd a 10 egyed tömegét mértük analitikai mérleg segítségével.

Fiziológiai vizsgálatok

Az előzőhöz hasonlóan a magokat a megfelelő oldatokban átitatott szűrőpapírokban csíráztattuk 4 napig. Ezt követően a kicsírázott magok közül 20-20 egyedet csíráztató rácson a megfelelő oldatokban neveltük tovább 1 hétig napfényes helyen ugyanolyan körülmények között.

A megadott növekedési idő (4+7 nap) lejártával megmértük 10 búzanövény gyökér és hajtáshosszát. A növényeket keresztirányból vettük le a rácsról, hogy teljesen véletlenszerű

legyen a csíranövények kiválasztása. Majd ugyanennek a 10 egyednek mértük egyenként a tömegét analitikai mérleg segítségével.

Fotoszintetikus paraméterek vizsgálata

II. fotorendszer maximális kvantumhozama

Imaging PAM M series Mini (Walz) segítségével mértük a II. fotorendszer kvantumhozamát (Azizullah és mtsai., 2012). A leveleket 20 percig sötétben tartottuk a mérés előtt, hogy az összes PSII reakcióközpont nyitva legyen. A mérés kezdetekor egy mérőlámpa bekapcsolása hatására megjelenik a klorofill fluoreszcencia minimális értéke (azaz az F_0). Ezután telítési impulzus alkalmazásával rögzítődik a fluoreszcencia maximális értéke (F_m). Az F_v/F_m paraméter mérése a legelterjedtebb módszerek közé tartozik a levelekre ható stressz mérésére. Nem stresszelt levelek esetén ennek a paraméternek az értéke megközelítőleg 0,83 (Murchie és Lawson, 2013).

Klorofill a és b, illetve karotintartalom

A klorofill és karotintartalom méréseket Hubai és munkatársai (2021) leírása alapján végeztük. A vizsgált növények leveleiből kezelésenként kimértünk 0,05 grammot, majd 5 ml lúgosított 80%-os acetondal dörzsmozsárban eldörzsöltük, ezt követően a mintákat centrifugáltuk (időtartam: 5 perc, fordulatszám: 2000G). A klorofilok fotooxidációjának elkerülése érdekében a mintaelőkészítés alatt végig jeges eszközökkel dolgoztunk és a mintákat hidegben és sötétben tartottuk. Kezelésenként 3-3 ismétléssel dolgoztunk.

Az oldatok abszorbanciáját 440, 645 és 663 nm-en mértük UV-VIS spektrofotométer segítségével. Az abszorbancia értékekből a következő képletek segítségével számítottuk ki a klorofill A és B, illetve a karotin értékeket:

$$\text{Klorofill a} = [9,78 \cdot E_{663} - 0,99 \cdot E_{645}] \cdot \left[\frac{V}{1000} \cdot W\right]$$

$$\text{Klorofill b} = [21,4 \cdot E_{645} - 4,65 \cdot E_{663}] \cdot \left[\frac{V}{1000} \cdot W\right]$$

$$\text{Karotin} = [4,69 \cdot E_{440} - 0,268 \cdot (5,13 \cdot E_{663} + 20,41 \cdot E_{645})] \cdot \left[\frac{V}{1000} \cdot W\right]$$

(Ahammed és munkatársai, 2012).

Peroxidáz enzimaktivitás mérés

A peroxidáz (hidrogénperoxid-oxidoreduktáz enzim) egy stresszenzim, amelynek feladata a sejtekben képződő reaktív oxigéngyökök semlegesítése. Különböző stresszfaktorok hatására megnövekszik ezen gyökök koncentrációja, ebből kifolyólag peroxidáz enzimaktivitás is (Fekete, 2008). A reakció általános egyenlete: DH_2 (redukált) + $H_2O_2 \rightarrow D$ (oxidált) + $2H_2O$, ahol D elektrondonor (Láng, 2002).

A vizsgálandó növényekből kimértünk 0,05 gramm levelet és 1 ml 0,5 mólos kálium-foszfát pufferrel (pH=6,0) dörzsmozsárban eldörzsöltük. Az így elkészített mintákat 5000G-vel 5 percig centrifugáltattuk. A közeg hűtéséről végig gondoskodtunk. Az enzimaktivitás meghatározásához az alábbi anyagokat mértünk be: 1500 µl desztillált víz, 600 µl puffer, 500 µl 0,02 mólos gvajakol. Továbbá közvetlen a mérés előtt 200 µl 0,03 mol/dm³ koncentrációjú hidrogén-peroxidot adtunk hozzá. A reakciót 100 µl enzimkivonattal indítottuk. A kinetikai spektrumot 440 nanométeren 2 percen keresztül mértük Hitachi 2000 spektrofotométerrel.

Az enzimaktivitást az alábbi képlet segítségével értékeltük:

$$\mu\text{kat/g friss tömeg} = \frac{\left(\frac{A_{\text{változás}}}{\text{vizsgált idő}}\right) * 21 * 29}{25,5 \frac{\text{mmol}}{\text{cm}^3}}$$

(Stefanovitsné Bányai, 2004).

3.5 Értékelés

Az adatokat Excel és SPSS programok segítségével értékeltük. Az azonos paraméterek vizsgálatakor azonos oldatok esetén mért eredményeket átlagoltuk, illetve számítottuk az átlaghoz tartozó szórásokat.

Kétmintás t-próba segítségével hasonlítottuk össze az azonos paramétereket különböző oldatok vizsgálata esetén. A próba a két minta átlagait hasonlítja össze. A t-próbák elvégzése előtt F-próbát végeztünk, annak érdekében, hogy megállapítsuk a két adatsor varianciája megegyezik-e. Ha a szórásnégyzetek megegyeztek hagyományos t-próbát végeztünk, amikor a szórásnégyzetek nem egyeztek meg a Welch-féle t-próbát (t-próba nem egyenlő szórásnégyzetek esetén) végeztük el³. A könnyebb átláthatóság érdekében az adatokat diagrammokon és táblázatokban mutatjuk be.

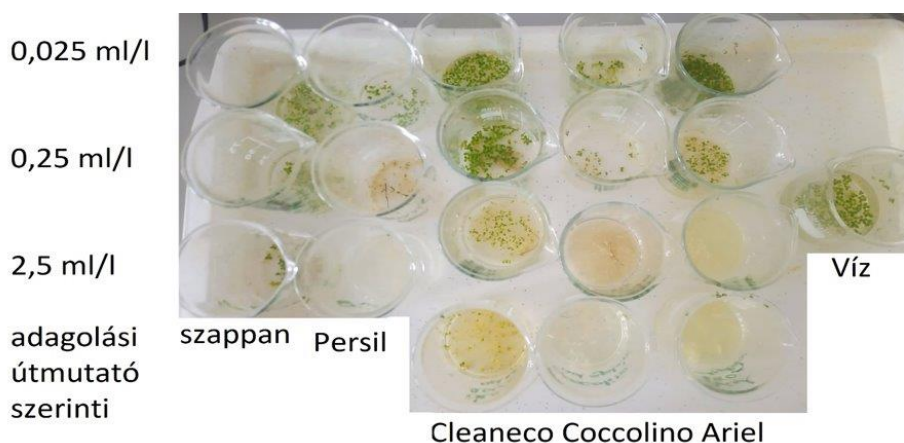
A különböző mosószerek és öblítők eltérő oldatkonzentrációjánál kapott eredmények értékeléséhez post hoc analízist végeztünk Tukey teszt alkalmazásával SPSS program segítségével. A kezelések és vizsgált paraméterek együttes értelmezéséhez az adatainkat paraméterenként standardizáltuk (kezelés átlag/kontroll átlag), majd a paraméterek standardjait átlagoltuk, így egy-egy kezelés és koncentráció komplex eredményét tudjuk bemutatni.

4. Eredmények

4.1 Előkísérlet

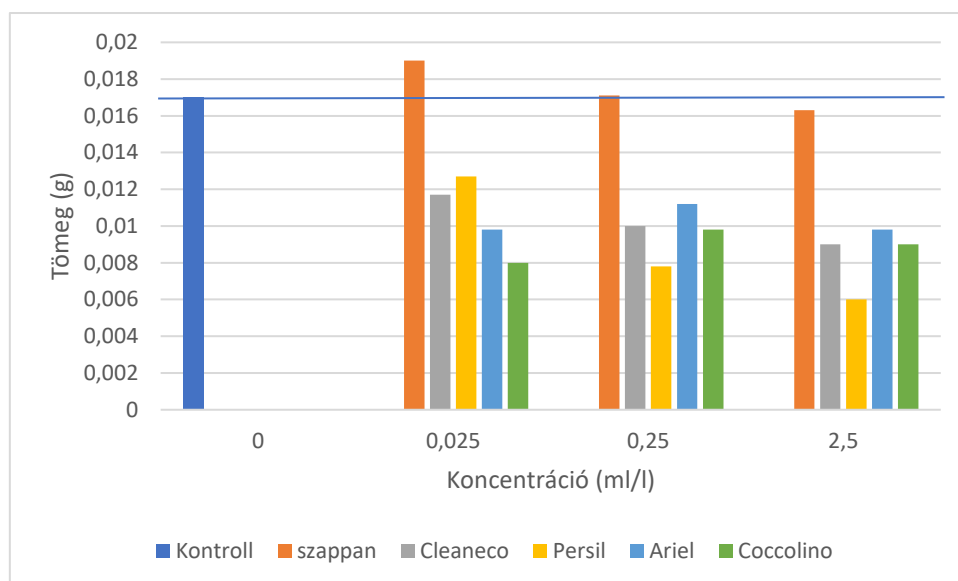
Mosószerek:

A békalencse tenyészetek mosószer oldatokban nevelve már egy hét alatt jelentős különbségeket mutattak (1. ábra).



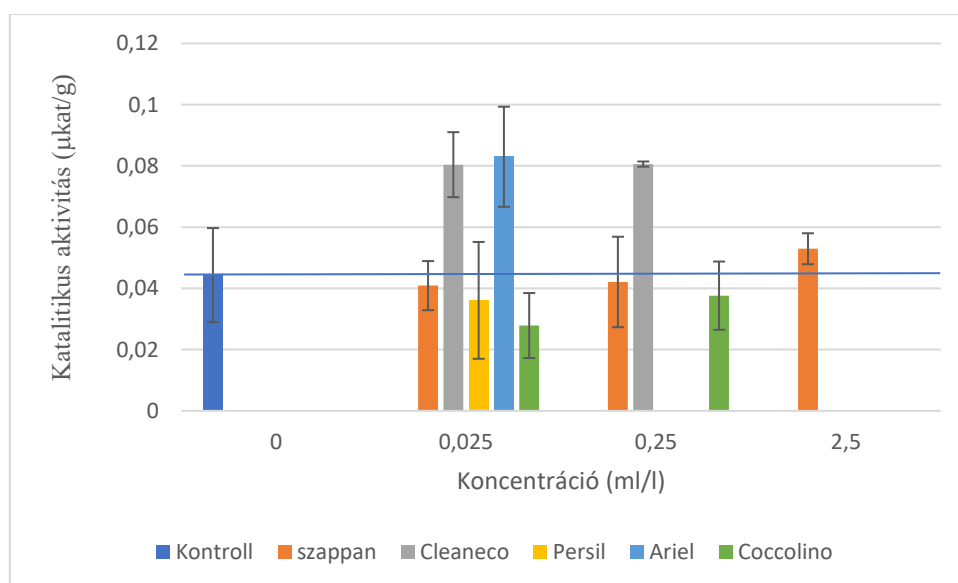
1. ábra: Egy hétig különböző koncentrációjú mosószerooldatokban nevelt *Lemna minor* tenyészetek.

A szappanoldatban a békalencsék az összes vizsgált koncentrációban életben maradtak, míg a többi mosószer esetében már 0,25 ml/l koncentrációnál a növénykéek többsége elkezdett sárgulni, kivétel a Cleaneco környezetbarát mosószernél. Az adagolási útmutató szerinti koncentrációban mind a 4 vizsgált kereskedelmi forgalomban kapható mosószer esetében elhaltak. (A Persil mosószer esetében a 2,5 ml/l-es koncentráció megegyezik az adagolási útmutató szerinti koncentrációval.)



2. ábra: Egy hétig különböző koncentrációjú mosószerooldatokban nevelt *Lemna minor* egyedek (10 db) tömege.

A békalencsék tömege nagyon informatív (2. ábra). A kontroll mellett a szappanoldat az, amelyben szignifikánsan nem csökkent a tömegük, azaz teljesen életképesek maradtak. A többi esetben a tömegcsökkenés a csekély életképességnek, illetve a pusztulásuk jele, mely mindegyik vizsgált kereskedelmi forgalomban kapható mosószernél jelentkezett magasabb oldatkonzentrációknál.



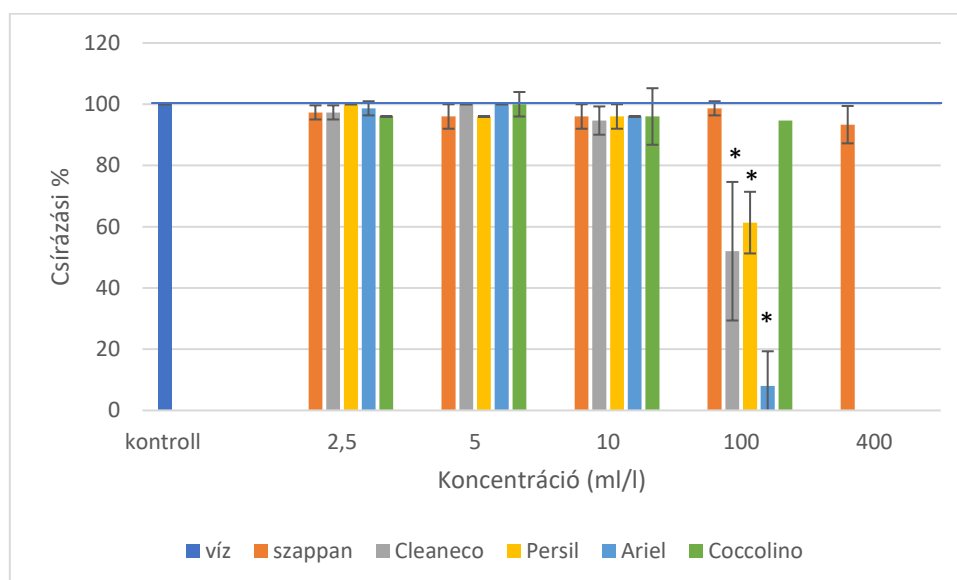
3. ábra: Peroxidáz enzimaktivitás *Lemna minor* testszervezetek esetében különböző mosószerek koncentrációkban 1 hét nevelés után.

A Cleaneco és az Ariel (0,025 ml/l) mosószerben tenyésztett békalencse peroxidáz enzim aktivitása szignifikáns növekedést eredményezett a kontrollhoz képest, ami azt jelenti, hogy jelenlétük kimutathatóan stressztényező volt a *Lemna minor* számára, míg a szappanoldatban tartott egyedek egyik koncentrációban sem mutatnak szignifikáns eltérést (3. ábra).

4.2 Mosószerek hatása a *Triticum aestivum* növényekre

Csírázási vizsgálatok

A vizsgálatok során az első árulkodó adatként a csíraszázalékot vizsgáltuk 1 hétig különböző koncentrációjú mosószeroldatokkal átitatott szűrőpapírban történő csíráztatás után (4. ábra).



4. ábra: Csírázási százalék különböző koncentrációknál (*Triticum aestivum*).
(Jelmagyarázat: SzDP% $\leq$ 0,05=* a kontrollhoz képest)

Híg oldatok esetében minden mosószer a kontrollhoz hasonló jó csírázást mutatott 10 ml/l-es koncentrációig (4. ábra). 100 ml/l-es koncentrációnál már jelentős csökkenés volt megfigyelhető a legtöbb mosószer esetében. A 400 ml/l-es koncentrációban pedig már csak a szappanoldatban csírázott ki a búza. Az ő esetében még ebben a tömény oldatban is a kontrollhoz hasonló csírázási százalékot tapasztaltunk.

Koncentráció (ml/l)	Hossz (mm)	Kontroll	szappan	Cleaneco	Persil	Ariel	Coccolino
0	hajtás	36,9					
	gyökér	79,7					
2,5	hajtás		<u>44,2</u> **	<u>43,7</u> *	36,1	38,9	39,0
	gyökér		<u>80,2</u>	<u>80,1</u>	40,9***	30,9***	73,7
5	hajtás		<u>59,3</u> ***	<u>45,1</u> ***	34,6	38,2	35,9
	gyökér		<u>93,9</u> **	<u>86,5</u>	32,5***	22,6***	41,9***
10	hajtás		41,4	36,4	33,2	25,1***	36,5
	gyökér		70,9*	76,6	21,1***	22,4***	39,8***
100	hajtás		39,5	7,7*	3,8***	0,1***	16,0***
	gyökér		70,6*	15,8***	4,7***	0,7***	27,0***
400	hajtás		39,5	0,0***	0,0***	0,0***	0,0***
	gyökér		70,6*	0,0***	0,0***	0,0***	0,0***
Adagolási útmutató szerinti	hajtás		<u>44,2</u> **	<u>45,1</u> ***	36,1	37,5	45,2 ***
	gyökér		<u>80,2</u>	<u>86,5</u> ***	40,9 ***	24,5 ***	51,6 ***

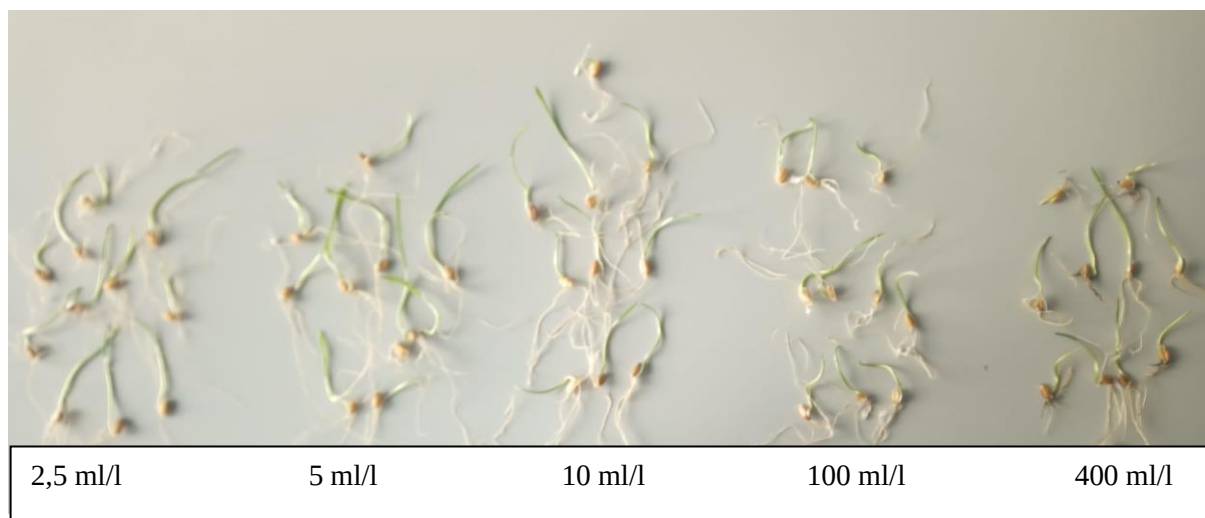
5. táblázat: Mért hajtás- és gyökérhosszúságok szűrőpapírban 1 hétig növekedett *Triticum aestivum* csírák esetében. (Jelmagyarázat: SzDP%<0,1=*, SzDP%<0,05=**, SzDP%<0,01=*** a kontrollhoz képest, az aláhúzott értékek a kontrollnál hosszabbak, a nem aláhúzottak a kontrollnál rövidebbek, a vastagon szedett adatok a javasolt adagolási koncentrációk hatását mutatják)

Bár a csíraszázalék 10 ml/l koncentrációnál, és az ennél hígabb esetekben sem különbözött a kontrolltól, a hajtás- és gyökérhosszában annál szembetűnőbbek a különbségek. A szappanoldattal átitatott szűrőpapírban csírázott magokból kikelt növénykéek hajtás- és gyökérhossza még a vizsgált legtöményebb koncentrációban is a kontrollhoz hasonló (5. táblázat). A rangsor második helyén a Cleaneco mosószer áll, amely 10 ml/l koncentrációig szintén jól csírázott, 100 ml/l-es koncentrációban viszont már csak kis csökevényes növénykéek tudtak nőni, 400 ml/l esetében pedig az összes mag elhalt. Coccolino nem sokkal mutatott rosszabb eredményeket, mint a Cleaneco. Persil és Ariel esetében már a legnagyobb hígítás is szignifikáns csökkenést okozott a gyökérhosszak tekintetében, de az Ariel már 10 ml/l koncentrációtól a hajtások hosszának szignifikáns rövidülését eredményezte, 100 ml/l esetében pedig már csak kis gyököcskéket láthattunk néhol. A gyökerek hossza a különböző mosószerek esetében látványosabban csökkent, mint a hajtásoké. Nagy hígítások esetében szappan és Cleaneco oldataiban a csírák (5. táblázatban aláhúzva) még a kontrollnál is nagyobbra nőttek, bár a serkentő hatásuk okának indoklása további kutatásokat igényel.

Tömeg (g)						
Koncentráció	Kontroll	szappan	Cleaneco	Persil	Ariel	Coccolino
0 ml/l	1,4706					
2,5 ml /l		<u>1,4875</u>	<u>1,4875</u>	1,1431	1,3151*	1,4951
5 ml/l		<u>1,5995</u>	<u>1,6295***</u>	1,1431***	1,16468***	1,3568*
10 ml/l		1,3722	<u>1,4729</u>	1,0804**	1,1136***	1,3121*
100 ml/l		1,4247	0,9009***	0,9872***	0,8500***	1,0498***
400 ml/l		1,4287				
Adagolási útmutató szerinti		1,4875	1,6295***	1,1431	1,3021***	1,4879

6. táblázat: Egy héten keresztül szűrőpapírban növekedett *Triticum aestivum* növények tömege. (Jelmagyarázat: SzDP%<0,1=*, SzDP%<0,05=**, SzDP%<0,01=*** a kontrollhoz képest, az aláhúzott értékek a kontrollnál nagyobbak, a nem aláhúzottak a kontrollnál kisebbek, a vastagon szedett adatok a javasolt adagolási koncentrációk hatását mutatják)

A 10 egyed tömegénél ugyanazt a tendenciát tapasztaltuk, mint gyökér- és hajtáshosszak esetében. A szappanoldatos szűrőpapírban nőtt csírák itt is kimagasló eredményeket mutattak és a koncentráció növelésének hatására nem történt szignifikáns tömegcsökkenés sem (6. táblázat).



5. ábra: Fotó az egy héten keresztül különböző koncentrációs szappanoldattal átitatott szűrőpapírban növekedett *Triticum aestivum* növényekről.

Fiziológiai vizsgálatok

A 4 napig csírázott, majd egy hét mosószer oldatban töltött növekedési idő elteltével a csíranövények mérete, illetve tömege még szembetűnőbben alátámasztotta a rövidebb idejű csíráztatás után bekövetkezett tendenciákat (7., 8. táblázat).

Koncentráció (ml/l)	Hossz (mm)	Kontroll	szappan	Cleaneco	Persil	Ariel	Coccolino
0	hajtás	143,6					
	gyökér	137,5					
2,5	hajtás		<u>169,7****</u>	124,6**	68,2****	96,1	80,7****
	gyökér		149,4	115,1**	12,9****	10,6	21,8****
5	hajtás		<u>169,6*</u>	130,1*	42,9****	0,0****	51,9****
	gyökér		113,7**	<u>156,6**</u>	12,3****	0,0****	14,8****
10	hajtás		<u>175,9****</u>	<u>143,3</u>	16,1****	0,0****	46,3****
	gyökér		131,0	114,5**	4,6****	0,0****	0,0****
100	hajtás		95,3****	3,9****	0,0****	0,0****	0,0****
	gyökér		25,7****	1,2****	0,0****	0,0****	0,0****
400	hajtás		89,7****	0,0****	0,0****	0,0****	0,0****
	gyökér		18,5****	0,0****	0,0****	0,0****	0,0****
Adagolási útmutató szerinti	hajtás		<u>169,7*</u>	130,1*	68,2****	12,8****	85,3****
	gyökér		<u>149,4</u>	<u>156,6**</u>	12,9****	5,4****	14,5****

7. táblázat: Csíranövények hajtás- és gyökérhosszúsága a különböző mosószeres oldatokban töltött idő (4+7 nap) után. (Jelmagyarázat: SzDP%<0,1=*, SzDP%<0,05=**, SzDP%<0,01=*** a kontrollhoz képest, az aláhúzott értékek a kontrollnál hosszabbak, a nem aláhúzottak a kontrollnál rövidebbek, a vastagon szedett adatok a javasolt adagolási koncentrációk hatását mutatják)

A szappanoldatban a koncentráció növekedésével a gyökerek hosszúsága intenzíven csökkent, mivel a szappanoldat pH-ja erősen lúgos, a koncentráció növekedésével a kémhatás folyamatosan nőtt, amit viszont a növények nehezen toleráltak. Az elkészített tömény szappanoldatunk pH-ja 9,96, addig a kereskedelmi forgalomban kapható mosószerek pH-ja általában még tömény állapotban sem haladja meg a 8,5 körüli pH értéket.

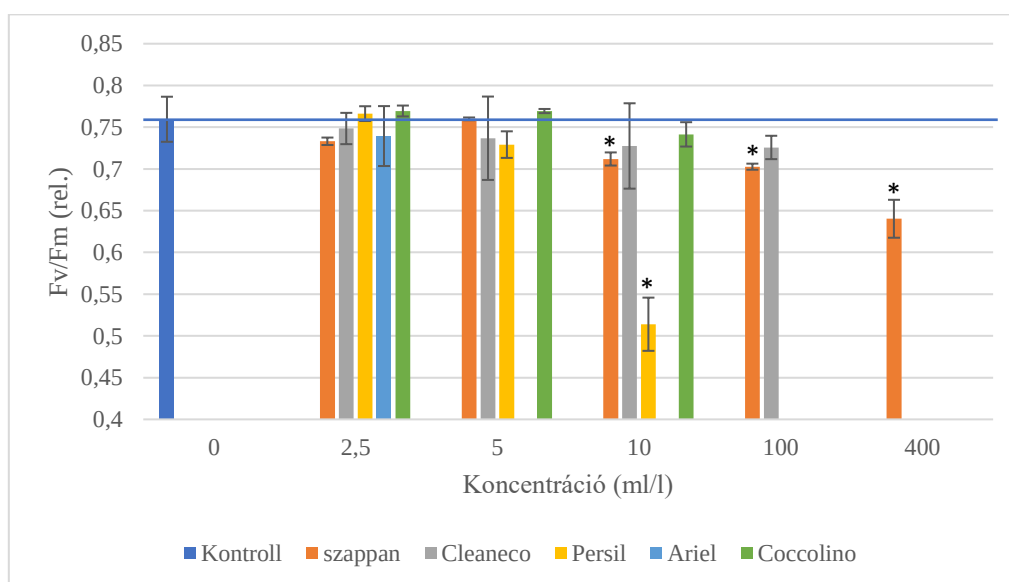
Tömeg (g)						
Koncentráció (ml/l)	Kontroll	szappan	Cleaneco	Persil	Ariel	Coccolino
0	0,224					
2,5		0,200	0,203	0,145****	0,123****	0,119****
5		0,211	0,202	0,128****		0,094****
10		0,210	0,056****	0,095****		
100		0,149****				
400		0,141****				
Adagolási útmutató szerinti		0,200	0,202	0,145****	0,057	0,135****

8. táblázat: *Triticum aestivum* egyedek tömege a mosószeres oldatokban töltött növekedési idő (4+7 nap) után. (Jelmagyarázat: SzDP%≤0,1=*, SzDP%≤0,05=**, SzDP%≤0,01=***)

A csírázási kísérletek során 100 ml/l-es koncentrációban is életben maradtak a csíráink és meg tudtuk mérni őket (5., 6. táblázat), ezzel ellentétben a fiziológiai vizsgálatok során 100 ml/l-es koncentrációban a Persil, az Ariel és a Cocolino mosószerben elpusztultak a csírák és Cleaneco esetében is nagyon csökevényesek voltak (7., 8. táblázat). A szappan 100 ml/l és 400 ml/l-es koncentrációban a növények tömege ugyan már szignifikánsan csökkent a kontrollhoz képest, mégis még mindig szignifikánsan jobb növekedést mutattak, mint az Ariel mosószer adagolási koncentrációja esetében (9. táblázat).

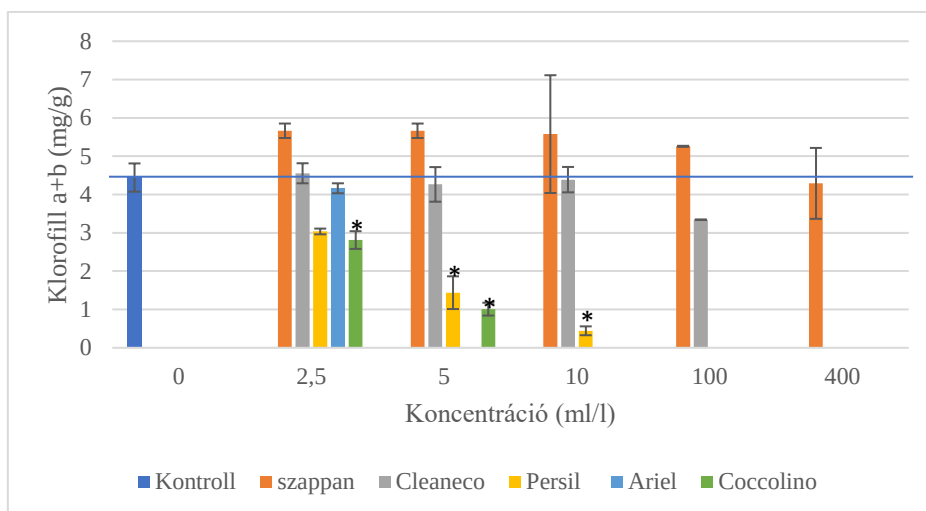
Tukey HSD						
		Átlagos különbség	Standard hiba	Szignifikancia	95% Konfodencia intervallum	
					Alsó határ	Felső határ
Szappan 100 ml/l	Ariel adagolási útmutató szerinti koncentráció	0,08*	0,01	0,00	0,03	0,13
Szappan 400 ml/l	koncentráció (4 ml/l)	0,07*	0,01	0,00	0,02	0,12

9. táblázat: Az Ariel mosószer adagolási útmutató szerinti hígításában nőtt *Triticum aestivum* egyedek tömegének az összehasonlítása a 100 ml/l és a 400 ml/l-es szappanoldatban nőtt egyedek tömegével. (Jelmagyarázat: SzDP% $\leq$ 0,05=* a szappanoldatban nőtt egyedek tömegéhez viszonyítva)

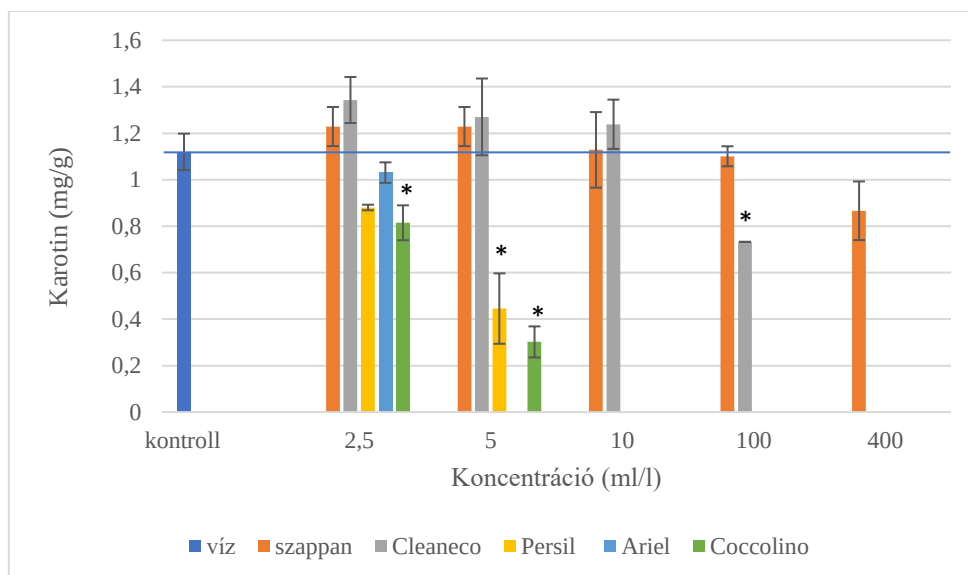


6. ábra: II. fotorendszer kvantumhozama a különböző koncentrációjú mosószeroldatokban töltött növekedési idő (4+7 nap) után. (Jelmagyarázat: SzDP% $\leq$ 0,05=* a kontrollhoz képest)

A II. fotorendszer maximális kvantumhozama méréséhez elengedően fejlett levelek esetében nem tapasztaltunk nagyobb eltéréseket, azaz azokban mosószerekben és koncentrációkban, amelyekben még tudtak növekedni a II. fotorendszer működése többségében kevésbé károsodott (6. ábra). Az Ariel 2,5 ml/l koncentrációja még nem okozott szignifikáns kvantumhatékonyságcsökkenést, azonban már 5 ml/l koncentrációban nem volt életképes levele a méréshez, Persil esetében pedig a 10 ml/l-es koncentráció volt a határ, amelyet bár még meg tudtunk mérni, de már szignifikánsan és erősen csökkent a PSII hatékonysága.

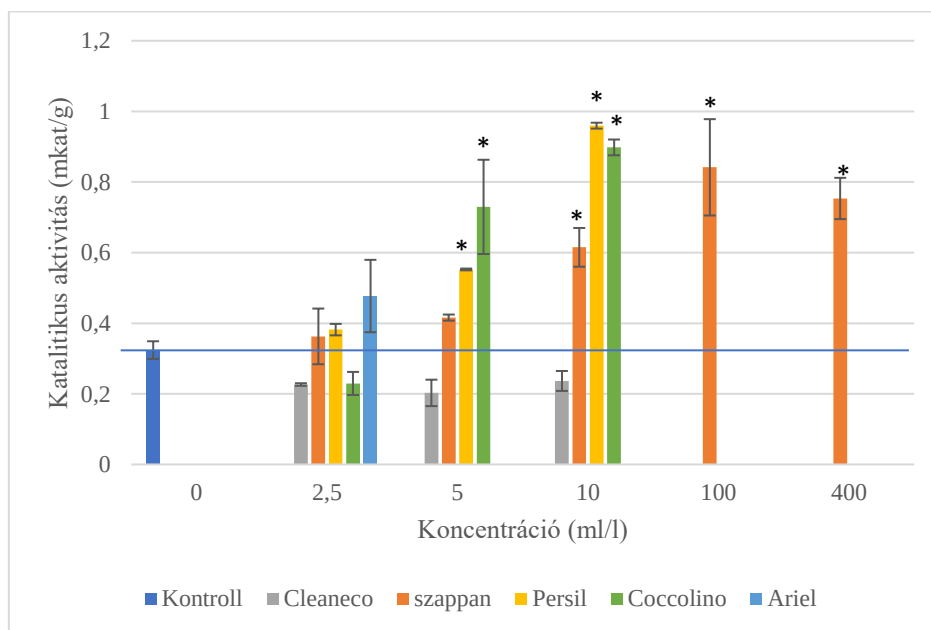


7. ábra: Klorofill a+b tartalom különböző koncentrációjú mosószerosoldatokban töltött növekedési idő (4+7 nap) után. (Jelmagyarázat: SzDP% $\leq$ 0,05=* a kontrollhoz képest)



8. ábra: Karotintartalom különböző koncentrációjú mosószerosoldatokban töltött növekedési idő (4+7 nap) után. (Jelmagyarázat: SzDP% $\leq$ 0,05=* a kontrollhoz képest)

A klorofill- és karotintartalom már a legkisebb koncentrációk esetében is szignifikánsan csökkent a különböző „modern” mosószer kezeléseknél (7., 8. ábra). A szappan és a Cleaneco mosószerek itt is kivételt jelentenek, mivel csak 400 ml/l töménységben alkalmazva csökkent a klorofill a+b tartalom a szappan hatására és a 100 ml/l-es oldat fejtett ki már szignifikánsan gátló hatást a klorofilltartalomra a Cleaneco mosószer jelenlétében.



9. ábra: Peroxidáz enzimaktivitás különböző koncentrációjú mosószeroldatokban töltött növekedési idő után. (Jelmagyarázat: SzDP% $\leq$ 0,05=* a kontrollhoz képest)

Mivel a peroxidáz enzim egyike a stressz következtében megjelenő Reaktív Oxigén Származékok (ROS) eliminálásában szerepet játszó enzimeknek, ezért ebben az esetben a katalitikus aktivitás növekedése a növekvő stresszhatás következménye. Az egyik tényező, ami egyből szembetűnő, hogy a Cleaneco mosószer nem fokozta a vizsgált növényeink levelében a peroxidáz enzimaktivitását, sőt még a kontrol mintánál mértnél is alacsonyabb volt (9. ábra). A többi vizsgált mosószer hatására viszont erőteljes növekedést tapasztaltunk. A szappanoldat hatása itt is eltért az Ariel és a Persil hatásához képest, mivel szignifikánsan alacsonyabb enzimaktivitás jellemezte az 5-, és 10 ml/l koncentrációban nőtt növényeket, illetve még 100 és 400 mg/l-es koncentrációban is csak közel azonos enzimaktivitást mutattak a csíranövények, mint a 10 ml/l Persil és Coccolino hatására.

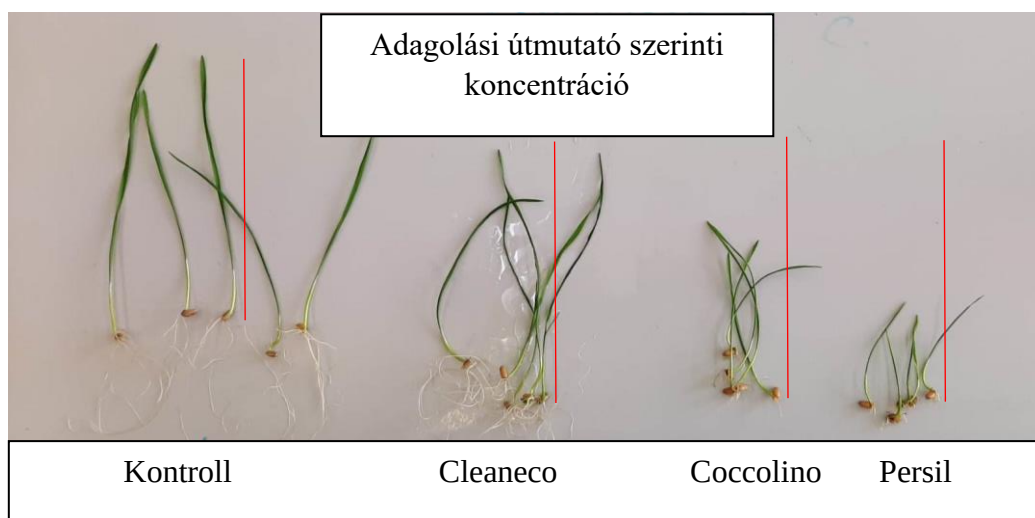
Adagolási koncentrációk összehasonlítása

A mosószerek javasolt adagolási koncentrációinak összehasonlítása jól mutatja a különböző mosószerek környezetkárosító hatásának különbségeit (10. táblázat, 10. ábra).

Csírázási vizsgálatok	Vizsgált paraméterek	Kontroll	Szappan (2,5 ml/l)	Cleaneco (5 ml/l)	Persil (2,5 ml/l)	Ariel (4 ml/l)	Coccolino (3,5 ml/l)
	hajtás (mm)	36,9	<u>44,2</u> **	<u>45,1</u> **	36,1	37,5	<u>45,2</u> **
	gyökér (mm)	79,7	80,2	86,5	40,9**	24,5***	51,6***
	10 egyed tömege (g)	1,471	1,488	<u>1,630</u> ***	1,143	1,302 ***	1,488

10. táblázat: A csírázási vizsgálatok során mért paraméterek eredményei adagolási útmutató szerinti koncentrációban. (Jelmagyarázat: SzDP%<0,1=*, SzDP%<0,05=**, SzDP%<0,01=*** a kontrollhoz képest, az aláhúzott értékek a kontrollnál nagyobbak, a nem aláhúzottak a kontrollnál kisebbek)

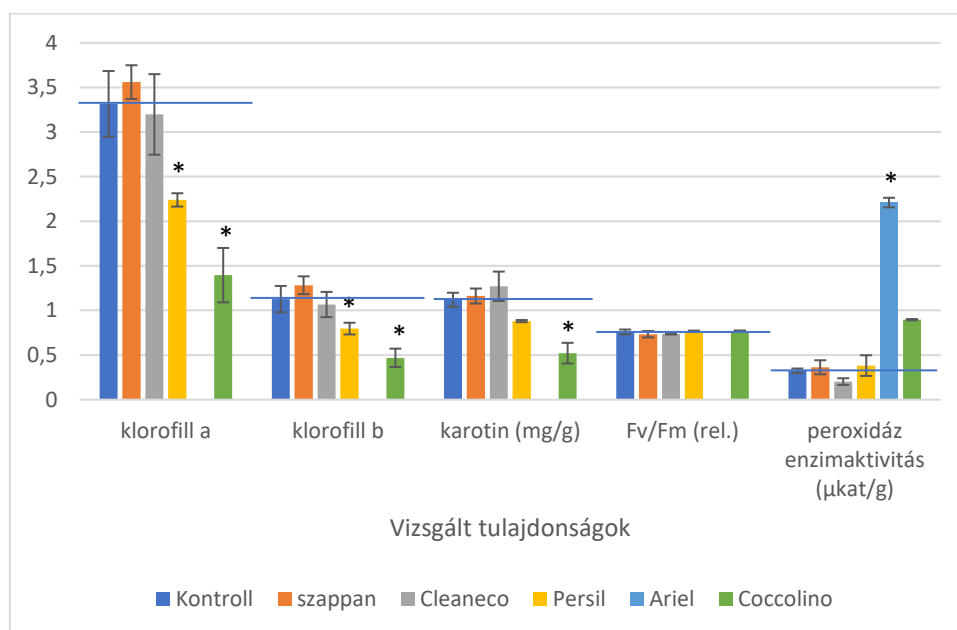
A csírázási vizsgálatok során a Cleaneco és a szappan is többnyire a kontrollhoz hasonló, vagy még annál is jobb eredményeket mutatott, míg a többi mosószer esetében látványos visszaesést tapasztalhattunk (10. táblázat, 10. ábra).



10. ábra: Csírázási vizsgálatok során a vizsgált növények fotója.

	Vizsgált paraméterek	Kontroll	Szappan (2,5 ml/l)	Cleaneco (5ml/l)	Persil (2,5 ml/l)	Ariel (4 ml/l)	Coccolino (3,5 ml/l)
Fiziológiai vizsgálatok	hajtás (mm)	143,6	<u>169,7**</u>	130,1*	68,2***	12,8***	85,3***
	gyökér (mm)	137,5	149,4	<u>156,6**</u>	12,9***	5,4***	14,5***
	egyedenkénti tömeg (g)	0,224	0,200	0,202	0,145***	0,057***	0,135***
	klorofill a (mg/g)	3,32	3,56	3,20	2,24***	-	1,40**
	klorofill b (mg/g)	1,13	1,28	1,06	0,80***	-	0,47**
	karotin (mg/g)	1,12	1,16	1,27	0,88***	-	0,52**
	Fv/Fm (rel.)	0,76	0,73***	0,74	0,77	-	0,77
	peroxidáz enzimaktivitás (μkat/g)	0,32	0,36	0,20	0,38	2,21***	0,90***

11. táblázat: Az összes fiziológiai vizsgálatok során vizsgált paraméter adagolási útmutató szerinti koncentrációban. (Jelmagyarázat: SzDP%<0,1=*, SzDP%<0,05=**, SzDP%<0,01=*** a kontrollhoz képest, az aláhúzott értékek a kontrollnál nagyobbak, a nem aláhúzottak a kontrollnál kisebbek)



11. ábra: A különböző mosószerek adagolási útmutató szerinti koncentrációban alkalmazott kezelések hatása a fiziológiai vizsgálatok során mért paraméterekre. (Jelmagyarázat: SzDP%≤0,05=** a kontrollhoz képest)

A fiziológiai vizsgálatok eredményei alapján az adagolási koncentrációkat megvizsgálva az alábbi sorrend állítható fel a búzára gyakorolt gátló hatás mértékére vonatkoztatva: szappan > Cleaneco > Persil > Coccolino > Ariel (11. táblázat, 11. ábra).

Szappanoldathoz viszonyítva

Tukey HSD teszttel megvizsgáltuk az adagolási útmutató szerinti koncentrációkban a szappanoldatban nőtt búzanövényekkel összehasonlítva a mosószeres oldatokban nőtt búzanövények azon paramétereit, amelyek a vízhez képest szignifikánsan eltértek, de minden mosószer esetében mérhetőek voltak (12. táblázat).

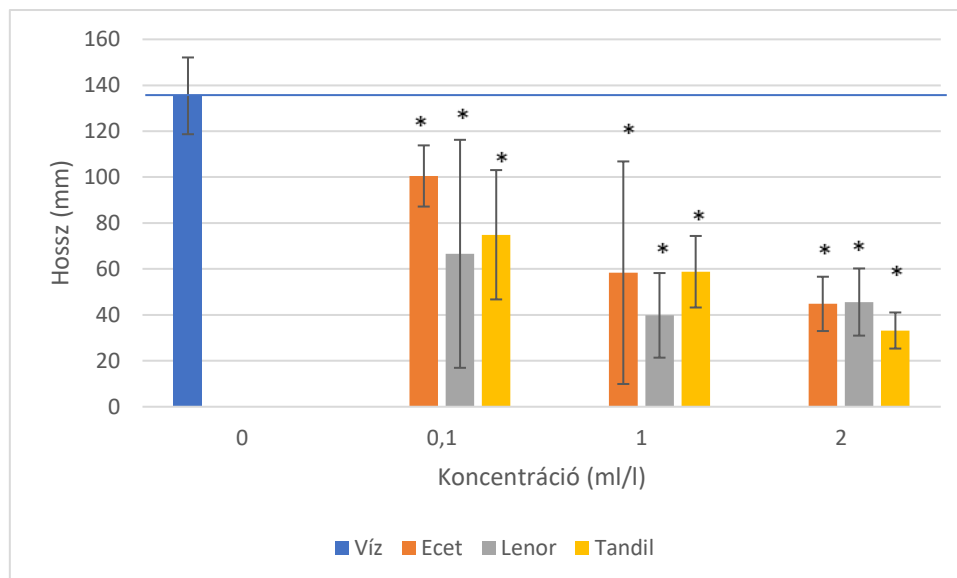
Tukey HSD						
		Átlagos különbség	Standard hiba	Szignifikancia	95% Konfidencia intervallum	
					Alsó határ	Felső határ
Gyökér-hossz	Ariel	127,214*	6,436	0,000	104,19	150,24
	Coccolino	117,278*	6,001	0,000	95,81	138,74
	Cleaneco	-24,100*	5,841	0,008	-44,99	-3,21
	Persil	119,600*	5,841	0,000	98,71	140,49
Hajtás-hossz	Ariel	137,100*	9,218	0,000	104,14	170,06
	Coccolino	61,800*	8,365	0,000	31,89	91,71
	Cleaneco	17,000	8,365	0,868	-12,91	46,91
	Persil	78,900*	8,365	0,000	48,99	108,81
Egyeden-kénti tömeg	Ariel	0,125*	0,014	0,000	0,073	0,18
	Coccolino	0,040	0,013	0,230	-0,008	0,09
	Cleaneco	-0,049*	0,0135	0,040	-0,097	-0,00
	Persil	0,029	0,0135	0,759	-0,018	0,08

12. táblázat Vizsgált tulajdonságok adagolási útmutató szerinti koncentrációban a szappanoldatban nőtt csírákhoz viszonyítva Tukey teszt alapján. (Jelmagyarázat: SzDP%<0,05=* a 2,5 ml/l-es koncentrációjú szappanoldatban nőtt búzanövényekhez képest)

Azt tapasztaltuk, hogy a mind a három kereskedelmi forgalomban kapható mosószer (Coccolino, Ariel, Persil) esetében szignifikáns a csökkenés hajtás- és gyökérhossz tekintetében, Ariel esetében pedig a tömegcsökkenés is szignifikáns a szappanoldatban nőtt csírákhoz viszonyítva. Ezzel szemben a Cleaneco „környezetbarát” mosószer adagolási koncentrációban nem mutat szignifikáns eltérést. Tehát az Ariel, Coccolino, Persil mosószerek adagolási koncentrációban erőteljesebb gátló hatást fejtenek ki a növényekre, mint a szappanoldat, míg a Cleaneco közel azonos vele (12. táblázat).

4.3 Öblítők hatása a *Triticum aestivum* növényekre

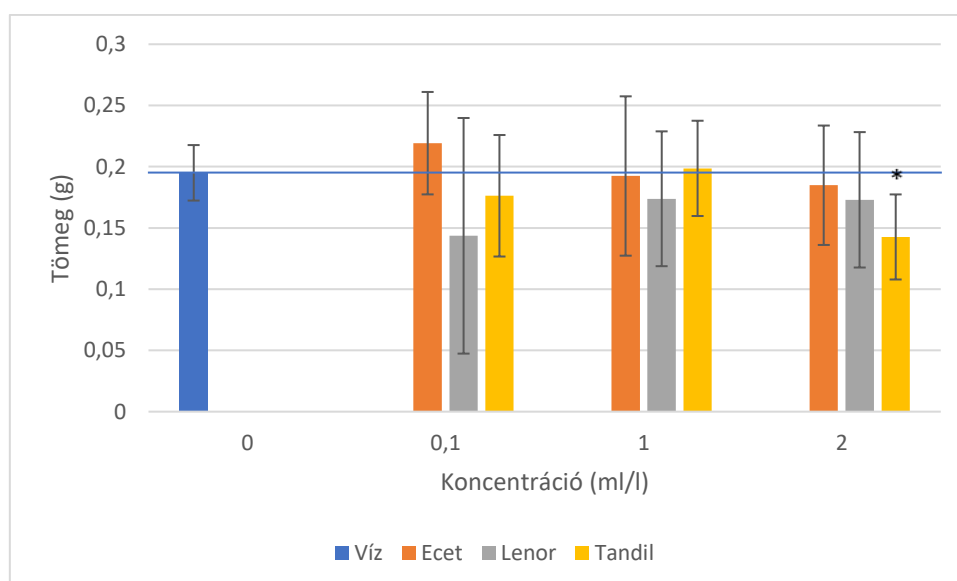
Az öblítők vizsgálata során is ugyanazokat a méréseket végeztük el, mint a mosószerek vizsgálata során. A teljesség igénye nélkül néhány mérés eredményét mutatjuk be.



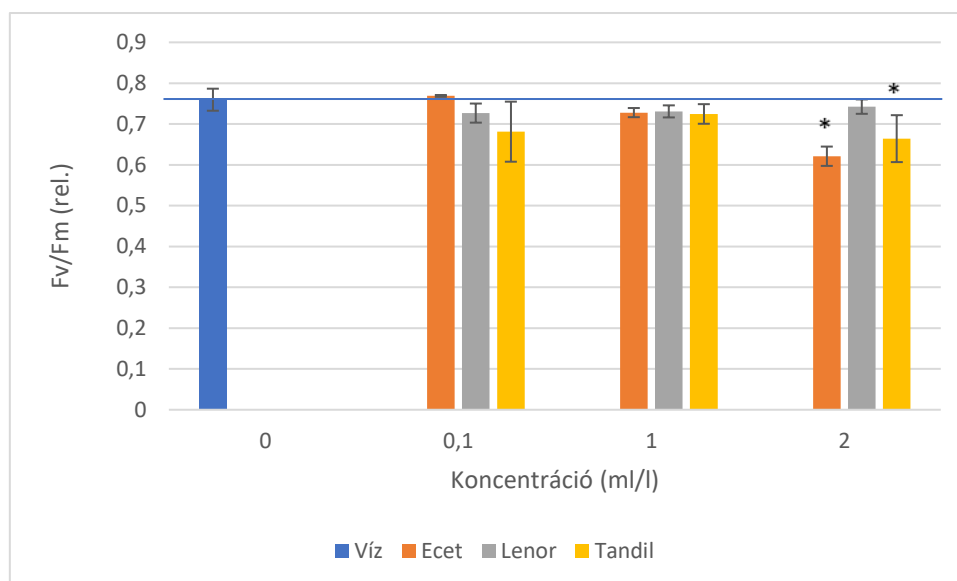
12. ábra: *Triticum aestivum* egyedek gyökérhossza különböző koncentrációjú öblítő oldatokban egy hétig tartó nevelés után. (Jelmagyarázat: SzDP%<0,05=* a kontrollhoz képest)

Az összes esetben szignifikáns csökkenést tapasztaltunk a kontrollhoz képest (12. ábra). Az ecetoldat esetében ennek az oka az oldat savas kémhatása (2 ml/l esetében pH=5,75, míg Lenor esetében pH=7,26 és Tandil esetében pH= 7,56).

A hajtáshosszúságok vizsgálata esetén egyik öblítőnél sem tapasztaltunk nagy eltérést a kontrollhoz képest, ezzel is megerősítve, amit a mosószeres vizsgálatok során is tapasztaltunk, hogy a gyökerek érzékenyebbek a különböző stresszhatásokra, mint a hajtások.



13. ábra: *Triticum aestivum* egyedek tömege a különböző koncentrációjú öblítő oldatokban egy hétig tartó nevelés után. (Jelmagyarázat: SzDP%≤0,05=* a kontrollhoz képest)



14. ábra: *Triticum aestivum* levelekben a II. fotorendszer maximális kvantumhozamának változása különböző koncentrációjú öblítő oldatokban egy hétig tartó nevelés után. (Jelmagyarázat: SzDP%<0,05=* a kontrollhoz képest)

A II. fotorendszer maximális kvantumhozamának és a *Triticum aestivum* egyedek tömegének mérése során nem tapasztaltunk a vizsgált koncentrációkban nagy eltéréseket a kontrollhoz viszonyítva. (13., 14. ábra) Először a 2 ml/l-es koncentrációértéknél mutatkozott szignifikáns csökkenés.

A hajtás mérete, a tömeg és a II fotorendszer kvantumhozamának mérése mellett a karotin-, illetve klorofill a és b tartalom mérése során sem tapasztaltunk szignifikáns eltéréseket.

4.4 Összegzés

A makrofíták toxikológiai vizsgálatainál a leggyakrabban a magok (csíranövények) növekedési ütemét vizsgálják, a mért paraméterek a csíraszázalék, biomassa, hajtás és gyökérhosszúság (McElhiney és mtsai., 2001). A fiziológiai jellemzők közül pedig enzimvizsgálatok és fotoszintetikus paraméterek mutatnak jó összefüggést a toxicitás mértékével (Jamie és Ingrid, 1999; Hubai és mtsai., 2021; Ács, 2010).

A mosószeres csírázásgátlása csak nagy töménységű (az ajánlott adagolási koncentráció közel 40-szerese, azaz 100ml/l) oldatoknál volt megfigyelhető. Itt egyes mosószereknél a gátlás mértéke elérte és meg is haladta az IC₅₀ értékét, legkevésbé maradt csíráképes/életképes a búza Ariel oldatában, de a Cleaneco is jelentős gátlást fejtett ki (20,9%-ra csökkent a gyökér-, 19,8%-ra a hajtáshossz a kontrollhoz képest 2 hét csírázási idő alatt.). A 400 ml/l-es oldatban csak a

saját készítésű szappanoldatban volt csírázás, mely nem különbözött a kontroll csíraszázalékától szignifikánsan.

A csíranövények tömege, hajtás- és gyökérhossza a mosószeres oldatokban (4 nap csírázás után) 7 napig nevelve hasonló hatásokra enged következtetni (7. táblázat). Az Ariel 5 ml/l, a Coccolino 10 ml/l, a Persil és a Cleaneco 100 ml/l koncentrációnál már az összes növény pusztulását eredményezte. A szappanból készített mosószer még 400ml/l koncentrációnál is csak 37%-al csökkentette a növények tömegét. A fotoszintetikus pigmentek (klorofill a és b, illetve a karotin tartalom) mennyisége a szappan és Cleaneco mosószereknél egyik hígításban sem csökkent szignifikánsan, azonban a kereskedelmi forgalomban kapható 3 „nem környezetbarát” mosószer esetében a még életben maradt növényeknél már 2,5 ml/l-es koncentráció esetén is jelentős volt a pigmentmennyiség csökkenése. A II fotorendszer kapacitására utaló maximális kvantumhatékonyság (Fv/Fm) ilyen tekintetben kevésbé volt informatív mutató.

A quajakol-peroxidáz enzim aktivitását érdemben 10 ml/l-es mosószer koncentrációig tudtuk összehasonlítani a növények pusztulása következtében. A Persil, a Coccolino, az Ariel és a szappan jelentősen növelte a stresszenzímként is számontartott peroxidáz aktivitását, míg a Cleaneco a legtöményebb 10ml/l-es mérhető koncentrációban sem okozott oxidatív stresszt.

Annak érdekében, hogy egyszerre legyen értékelhető az összes vizsgálati eredmény, minden mérés során a kapott értékeket standardizáltunk, majd kiszámoltuk ezek átlagát (13. táblázat).

Koncentráció	Kontroll	szappan	Cleaneco	Persil	Ariel	Coccolino
0 ml/l	1,00					
2,5 ml /l		<u>1,10*</u>	<u>1,02</u>	0,71***	0,82***	0,69**
5 ml/l		<u>1,09</u>	<u>1,03*</u>	0,52**	0,08***	0,50***
10 ml/l		1,11	1,00	0,43***	0,08***	0,42***
100 ml/l		1,01	0,90	0,05***	0,01***	0,11***
400 ml/l		0,87***				
Adagolási útmutató szerinti	1,00	<u>1,10*</u>	<u>1,03</u>	0,71***	0,69***	0,57***

13. táblázat: Standardizált tulajdonságok átlaga (mosószerek vizsgálata, tesztorganizmus: *Triticum aestivum*). (Jelmagyarázat: SzDP%<0,1=*, SzDP%<0,05=**, SzDP%<0,01=*** a kontrollhoz képest, az aláhúzott értékek a kontrollnál jobbak, a nem aláhúzottak a kontrollnál rosszabbak, a vastagon szedett adatok a javasolt adagolási koncentrációk hatását mutatják)

A vizes kontroll 1-es értékéhez képest a szappanoldatban növekedett búzanövények minden töménységben jól teljesítettek, illetve a Cleaneco mosószerben is csak 100 ml/l-es

koncentrációnál tapasztalható egy kismértékű csökkenés. A 400 ml/l-es koncentrációértéknél már minden mosószerben elhaltak a növényeink, ezzel szemben a szappanoldatban még itt is csak egy csekély visszaesés volt tapasztalható, amely valószínűsíthetően az erőteljesen lúgos pH által generált stressznek köszönhető. Az adagolási útmutató szerinti koncentrációban az összességében legtoxikusabb hatású Ariel sem mutatott olyan kedvezőtlen hatásokat, mint a Coccolino, mégis a magasabb koncentrációkban nagyon erőteljesen fejtette ki gátló hatását.

Az összes tulajdonság esetén mért összes koncentráció értékeit figyelembe véve az alábbi toxicitási sorrendet állíthatnánk fel: kontroll < szappan < Cleaneco << Persil < Coccolino << Ariel. (Az egyes paraméterek esetén a Persil és a Coccolino mosószer értékei nagyon közel állnak egymáshoz, néhol a sorrend felcserélődik.)

Bár az eredményeink öblítők esetén egy-egy tulajdonságot vizsgálva nem voltak olyan látványosak, mint az előbb bemutatott mosószeres vizsgálatok során, összességében mégis igazolják az eredményeink a hipotézisünket (14. táblázat).

Koncentráció	Kontroll	Ecet	Lenor	Tandil
0 ml/l	1			
0,1 ml/l		0,97	0,87*	0,73**
1 ml/l		0,91	0,87	0,68
2 ml/l		0,83	0,86*	0,55***

14. táblázat: Standardizált tulajdonságok átlaga (öblítők, tesztorganizmus: *Triticum aestivum*).
(Jelmagyarázat: SzDP% $\leq$ 0,1=*, SzDP% $\leq$ 0,05=**, SzDP% $\leq$ 0,01=*** a kontrollhoz képest)

A vizsgált hígításokban az ecetoldatban a növényeink a vizsgált paramétereket tekintve nem sokkal voltak lemaradva a vizes kontrollnövényeinkhez képest. Az öblítőkben növekedett búzacsírák esetében kismértékű szignifikáns gátló hatást tapasztaltunk.

Az összes tulajdonság összes koncentrációjának hatásait figyelembe véve az alábbi toxicitási sorrendet állíthatnánk fel öblítőszereknek: kontroll $\leq$ Ecet < Lenor < Tandil.

Hipotéziseinket tehát kísérleti eredményeink alátámasztják:

A szappanoldat kevésbé gátolja a növények csírázását, növekedését és fiziológiai tulajdonságait, mint a kereskedelmi forgalomban kapható komplex mosószerek, emiatt jó környezetbarát alternatívája lehet a szintetikus mosószerekkel való mosásnak.

A „környezetbarát” Cleaneco kereskedelmi forgalomban kapható mosógél koncentrátum kevésbé toxikus a környezetre nézve, mint a többi kereskedelmi forgalomban kapható szintetikus mosószer. Csak nagyobb koncentrációban (100ml/l) gátolta mintegy 10%-al a

kontrollhoz és szappanoldathoz képest a vizsgált tulajdonságok tekintetében a növények csírázását, növekedését és fotoszintetikus paramétereit, míg 400ml/l esetén már a növények csírázását sem tette lehetővé.

Az ecet jó környezetbarát megoldást jelenthet az öblítőszer használata helyett, mivel kevésbé toxikus a növények csírázására, növekedésére és fiziológiájára nézve, mint a különböző szintetikus öblítők. Ha ecetet használunk öblítésre, akkor a szintetikus öblítők funkciójával szemben tényleg az lesz a cél, hogy a lúgos mosószermaradványokat kiöblítsük velük. Emellett az ecet használata a mosógépnek is jót fog tenni vízkőoldó tulajdonsága miatt. Mint már említettük, a kereskedelmi forgalomban kapható öblítők könnyen allergizálhatnak illatanyagaik és tartósítószerük következtében, de az ecet használatakor emiatt sem kell aggódni.

Mosószappan és ecet használatával a mosás költségét is csökkenteni lehetne a háztartásokban, hisz egy 100 grammos mosószappan ára 300-800 Ft, amelyből 3-4 l, mosószer készíthető, egy liter 20%-os ecet ára pedig 400-800 Ft, amely a vizsgált töménységben 4 liter öblítőnek felel meg. Ugyanennyi kereskedelmi forgalomban kapható mosószer, illetve öblítő ára megközelítőleg 6000 Ft lenne. Emellett a csomagolóanyag mennyiségének csökkenésével töredékére csökkenne a keletkezett hulladék mennyisége is.

5. Felhasznált irodalom:

- Ács, A. (2010). Alternatív ökológiai tesztek környezetszennyező komponensek detektálására doktori értekezés, Pannon Egyetem, Veszprém.
- Ahammed, G. J., Yuan, H. L., Ogweno, J. O., Zhou, Y. H. – Xia, X. J., (2012). Brassinosteroid alleviates phenanthrene and pyrene phytotoxicity by increasing detoxification activity and photosynthesis in tomato. *Chemosphere*, 86(5), 546–555. Retrieved: 2022.10.10 from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653511012021?via%3Dihub>.
- Aizdaicher, N. A. – Reunova, Yu. A. (2002). Effects of detergents on in vitro growth of diatom alga *thalassiosira pseudonana*. *Russian Journal of Marine Biology*, 28(5), pp. 324-328.
- An, J., Zhou, Q. – Sun, Y., Xu, Z. (2009). Ecotoxicological effects of typical personal care products on seed germination and seedling development of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Chemosphere* 76(10) Retrieved 2023.01.03 from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653509006936?via%3Dihub>.
- Anwar, A. F. (2011a). Effect of greywater irrigation on soil characteristics. *2nd International Conference on Environmental Science and Development. IPCBEE, IACSIT Press* 4 15–18.
- Anwar, A. F. (2011b). Effect of laundry greywater irrigation on soil properties. *Journal of Environmental Research And Development*, 5(4), 863–870.
- Azizullah, A., Khan, S. Rehman, S., Taimur, N. – Häder D. (2021). Detergents Pollution in Freshwater Ecosystems, In D.P. Häder, E. W. Helbig –V.E. Villafane (Eds.). *Anthropogenic Pollution of Aquatic Ecosystems* (pp. 245-270). Retrieved 2022.11.10 from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-75602-4_12.
- Azizullah, A., Richter, P., Jamil, M. – Häder, D. P. (2012). Chronic toxicity of a laundry detergent to the freshwater flagellate *Euglena gracilis*. *Ecotoxicology*, 21(7) Retrived 2023.01.03 from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10646-012-0930-3>.
- Azizullah, A., Richter, P., Ullah, W., Ali, I. – Häder, D. P. (2013). Ecotoxicity evaluation of a liquid detergent using the automatic biotest ECOTOX. *Ecotoxicology*, 22(4) Retrieved 2023.01.03 from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10646-013-1091-8>.
- Birch, R. R., Gledhill, W. E., Larson, R. J. – Nielsen, A. M. (1992). Role of anaerobic biodegradability in the environmental acceptability of detergent materials. In: *Proceedings of the Third CESIO, London, International Surfactants Congress and Exhibition* 26, 26–33.

- Branislav, R. J., Srdjan, B., Bratimir, P., Božidar, R. – Marijana, D. (2010). The effect of detergent as polluting agent on the photosynthetic activity and chlorophyll content in bean leaves. *Health*, 2(5).
- Chawla, G., Misra, V., Viswanathan, P. N. – Devi, S. (1989). Toxicity of linear alkyl benzene sulphonate on some aquatic plants. *Water, Air, & Soil Pollution*, 43(1), 41–51.
- Chio, J. T., Dayrit, F. M., Ocampo, P. P. – Ocampo, V. R. (1992). A study on the environmental impact of detergents, III: toxicity of alkylbenzene sulfonates (ABS) and coconut fatty alcohol sulfates towards fish and rats. *Philippine Journal of Science*, 39–50.
- Chirani, M. R., Kowsari, E., Teymourian, T. – Ramakrishna, S. (2021). Environmental impact of increased soap consumption during COVID-19 pandemic: Biodegradable soap production and sustainable packaging. *Science of The Total Environment*, 796(149013).
- CLEANECO Organikus Mosógél Koncentrátum Biztonsági adatlap, Verzió: 1.0-HU, Készült: 2016.június 21.
- Edser, C. (2007). Neglected cationics. *Focus on Surfactants*, 2007(12) 1-2 Letöltve innen: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1351421007703827>, ekkor: 2022.12.31
- EEB and BEUC comments on criteria revision for the detergents (2014). Letöltve innen: https://www.beuc.eu/sites/default/files/publications/beuc-x-2015-079_bcu_eeb_and_beuc_comments_on_criteria_revision_for_the_detergents.pdf ekkor: 2022.12.31.
- Fekete, Sz. (2008). Új nemesítésű balkonnövények klímaturése és peroxidáz aktivitása doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, pp 22-26. Letöltve innen: <https://9dok.org/document/download/yn66mkj?page=1>, ekkor: 2022.01.02.
- Gadallah, M. A. A. (2004). Phytotoxic effects of industrial and sewage waste waters on growth, chlorophyll content, transpiration rate and relative water content of potted sunflower plants. *Water, Air, & Soil Pollution*, 89(1-2), 33-47.
- Garcia-Hidalgo, E. Schneider, D. von Goetz, N. Delmaar, C. Siegrist, M. – Hungerbühler, K. (2018). Aggregate consumer exposure to isothiazolinones via household care and personal care products: Probabilistic modelling and benzisothiazolinone risk assessment. *Environmental. International*, 118, 245–256.
- Hanif, N. M., Adnan, S.N.N., Latif, M. T., Zakaria, A. – Othman, M. (2012). The composition of surfactants in river water and its influence to the amount of surfactants in drinking water. *World Applied Sciences Journal*, 17(8), pp.970–975.
- Henkel biztonsági adatlap Persil GEL COLOR, Felülvizsgálat ideje: 2016.október.11.

- Horváthné, Dani, B. R. (2022). Háztartási mosószerek és a zero waste mosás környezeti hatásának vizsgálata. In J. Pipics, R. Szabó, K. Tóth. (Eds.) *Természet és társadalom 2* (pp 22-25), ELTE SEK Történeti Diákműhely, Szombathely.
- Hubai, K., Kováts, N. – Teke, G. (2021). Effects of urban atmospheric particulate matter on higher plants using *Lycopersicon esculentum* as model species. *SN Applied Sciences*, 3(770) Retrieved: 2022.09.15, from https://www.researchgate.net/publication/353776992_Effects_of_urban_atmospheric_particulate_matter_on_higher_plants_using_Lycopersicon_esculentum_as_model_species.
- Issayeva, A., Zh, S.E., Zhymadullayeva, A. – Balgabekova, A. (2015). The Effect of Detergents on the Anatomical Changes in the Roots of Beans. *Journal of Educational Policy and Entrepreneurial Research*, 2(2), 18–22.
- Jamie, B., Ingrid, C. (1999). Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. WHO.
- Karray, F., Mezghani, M., Mhiri, N., Djelassi, B. – Sayadi, S. (2016). Scale-down studies of membrane bioreactor degrading anionic surfactants wastewater: isolation of new anionic-surfactant degrading bacteria. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 114 pp.14–23.
- Kemmei, T., Kodama, S., Yamamoto, A., Inoue, Y. – Hayakawa, K. (2007). Determination of sequestering agents in cosmetics and synthetic detergents by high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection. *Journal of Chromatography A*, 1171(1), 63–68.
- Khan, R. A. (2022). Detergents. In M. Z. Hashmi, S. Wang – Z. Ahmed (Eds.), *Environmental Micropollutants Advances in Pollution Research* (pp.117-130). Elsevier Inc., Retrieved 2022.09.14, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323905558000143>.
- Kogawa, A. C., Cernic, B. G., Couto, L. G. D. D. – Salgado, H. R. N. (2017). Synthetic detergents: 100 years of history. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 25(6), 934–938.
- Konkol, K. L. – Rasmussen, S.C. (2015). An ancient cleanser: Soap Production and Use in Antiquity. In S C. Rasmussen (Ed.), *Chemical Technology in Antiquity* (pp 245-266). American Chemical Society.
- Láng F. (Szerk.) (2002): Növényélettan. A növényi anyagcsere I., Budapest: ELTE Eötvös Kiadó. p. 998.

- Lee KH, Park KY, Khanal SK, Lee JW (2013) Effects of household detergent on anaerobic fermentation of kitchen wastewater from food waste disposer. *J Hazard Mater* 244:39–45
Letöltve innen: [Table 1 | Effects of detergents on natural ecosystems and wastewater treatment processes: a review | SpringerLink](#) ekkor: 2022.12.29
- Lee, S., Kwon, B., Jeong, J., Kho, Y. – Ji, K. (2023). Thyroid hormone disrupting potentials of benzisothiazolinone in embryo-larval zebrafish and rat pituitary GH3 cell line. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 249, 114406. Retrieved 2023.01.03 from <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0147651322012465?token=323ECD246CC8D2FC8A27FDC9CC161EC9C045964805D163DB5146FAC182F0E4877C9B8B50B77069E04A5386F4A929CF4F&originRegion=eu-west-1&originCreation=20221231211600>.
- Levey, M. (1954). The early history of detergent substances: A chapter in Babylonian chemistry. *Journal of Chemical Education*, 31 (10), 521 Retrieved 2023.01.03 from <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed031p521>.
- Lundov M. D., Thyssen J. P., Zachariae C. – Johansen, J. D. (2010). Prevalence and cause of methylisothiazolinone contact allergy. *Contact Dermatitis*., 63, pp. 164-167.
- Madsen, T., Boyd, Buchardt, H., Nylén, D., Pedersen, R. A., Petersen, G. I. – Simonsen, F. (2001). Environmental and health assessment of substances in household detergents and cosmetic detergent products. *Environmental Project*, 615, Danish EPA, Denmark. Retrieved 2023.01.03 from <https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2001/87-7944-596-9/pdf/87-7944-597-7.pdf>.
- McElhiney, J., L. Lawton, C. Leifert. „Investigations into the inhibitory effects of microcystins on plant growth, and the toxicity of plant tissues following exposure.” *Toxicon* 39, 1411-1420.
- McEvoy, J. – Giger, W. (1985). Accumulation of linear alkyl benzenesulphonate surfactants in sewage sludges. *Naturwissenschaften*, 72, 429-431.
- Minareci, O., Öztürk, M., Egemen, Ö. – Minareci, E. (2009). Detergent and phosphate pollution in Gediz River Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 8(15), 3568–3575.
- Mitrovich, Simon, M., Orla, A., Furey, Ambrose és James, K. J. (2005). Bioaccumulation and harmful effects of microcystin-LR in the aquatic plants *Lemna minor* and *Wolffia arrhiza* and the filamentous alga *Chladophora fracta*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 61(3) 345-352.

- Mousavi, S. A. – Khodadoost, F. (2019). Effects of detergents on natural ecosystems and wastewater treatment processes: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(26), 26439–26448.
- Murchie, E. H. – Lawson, T. (2013). Chlorophyll fluorescence analysis: a guide to good practice and understanding some new applications. In *Journal of Experimental Botany*, 64(13), 3983-3998, Retrieved 2022.11.18 from <https://doi.org/10.1093/jxb/ert208>.
- Myers E. G. (1992). Soap and detergents. In A. M. Pearson. (Ed.) *Inedible meat by-products*. Springer, Dordrecht, 8 149–176.
- P&G Biztonsági adatlap: Ariel Mountain Spring, Kiadás dátuma: 2019. szeptember 09.
- Pandey, P. – Gopal, B. (2010). Effect of detergents on the growth of two aquatic plants: *Azolla pinnata* and *Hydrilla verticillata*. *Environ We International Journal of Environmental Science and Technology* 5 pp. 107–114.
- Peng, Z., Darnault, C. J., Tian, F., Baveye, P. – Hu, H. (2017). Influence of anionic surfactant on saturated hydraulic conductivity of loamy sand and sandy loam soils. *Water*, 9(6), 433.
- Perales, J. A., Manzano, M. A., Sales, D. – Quiroga, J. A. (1999). Biodegradation kinetics of LAS in river water. *International Biodeterior & Biodegrad*, 43(4), 155– 60.
- Pinto, U., Maheshwari, B. L. – Grewal, H. S. (2010). Effects of greywater irrigation on plant growth, water use and soil properties. *Resour Conserv Recycl*, 54(7), 429–435.
- Sawadogo, B., Sou, M. – Hijikata, N. (2014). Effect of detergents from grey water on irrigated plants: case of okra (*Abelmoschus esculentus*) and lettuce (*Lactuca sativa*). *Journal of Arid Land*, 24, pp. 117–120.
- Schöberl, P., Bock, K.J. – Huber, L. (1988). Ökologisch relevante Daten von Tensiden in Wasch- und Reinigungs-mitteln, *Tenside Surfactant Deterg.*, 25, pp. 86-98
- Scott, M. J. – Jones, M. N. (2000). The biodegradation of surfactants in the environment. *Biochim Biophys Acta*, 1508(1-2), pp. 235-251.
- Song, M.-K., Park, J. E., Ryu, S.-H., Baek, Y.-W., Kim, Y.-H., Kim, D. I., Yoon, S.-H., Shin, H., Jeon, J. – Lee, K. (2022). Biodistribution and respiratory toxicity of chloromethylisothiazolinone/methylisothiazolinone following intranasal and intratracheal administration. *Environment International*, 170, 107643 Retrieved: 2022.12.31 from [Biodistribution and respiratory toxicity of chloromethylisothiazolinone/methylisothiazolinone following intranasal and intratracheal administration - ScienceDirect](#).

Steber, J. – Berger, H. (1995). The biodegradability of anionic surfactants. In: D.R. Karsa, M.R. Porter (Eds.), *Biodegradability of Surfactants* (pp. 134–182). Blackie Academic and Professional.

Stefanovitsné, Bányai, É., Hegedűs, A. (2004). *BIOKÉMIA GYAKORLATOK, Kísérleti jegyzet*. Budapest.

Unilever Biztonsági adatlap: Coccolino Care mosógél színes ruhákhoz.

Verge, C., Moreno, A., Bravo, J. – Berna, J.L. (2001). Influence of water hardness on the bioavailability and toxicity of linear alkylbenzene sulphonate (LAS). *Chemosphere*, 44(8), 1749-1757.

Ying, G. G., Kookana, R. S. – Mallavarpu, M. (2005). Release behaviour of triazine residues in stabilised contaminated soils. *Environmental Pollution* 134(1), pp. 71-77.

Ying, G.-G. (2005). Fate, behavior and effects of surfactants and their degradation products in the environment. *Environment International*, 32(3), 417-431.

Internetes források:

¹ <https://tudatosvasarlo.hu/oblito-karos-veszelyek-allergia/>

² <https://lukreciakencei.hu/hirek/a-zsirok-sap-ja-2>

³ <https://www.statokos.com/t-probak>