

Domborzat hatása a talajnedvesség-forgalomra szőlőültetvényen

^{1*}UJJ Emese, ²LUKÁCSY György, ¹MOLNÁR Sándor, ¹HOREL Ágota, ¹GELYBÓ Györgyi,
¹BAKACSI Zsófia

¹MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest
²Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar, Budapest
(Beérkezett: 2019.02.20.; Elfogadva: 2019.05.15.)

Bevezetés

A mezőgazdaságilag hasznosított területeken a szőlőültetvények kifejezetten érzékenyen reagálnak a környezeti viszonyok változására (JONES et al., 2005; GAÁL et al., 2012; NICHOLAS & DURHAM, 2012; LEREBoullet et al., 2014). A szőlőtermesztés egyik legfontosabb tényezője – növényélettani és gazdasági szempontból is – a talajban tározott víz mennyisége, eloszlása és szivárgási sebessége. Az ültetvények vízgazdálkodási jellemzői különösen nagy szerepet játszanak a szőlőtermés és minőség alakulásában (LANYON et al., 2004; JONES et al., 2005; RAMOS & MARTINEZ-CASASNOVAS, 2006; LEREBoullet et al., 2014; ZSIGRAI & PABLECZKI, 2018).

A kimutatható éghajlati változások jelentős mértékben befolyásolják a talajok vízgazdálkodását (FARKAS et al., 2008, 2014; VÁRALLYAY, 2013, 2015; GELYBÓ et al., 2018), melyek közül kiemelhető, hogy a fagyos napok számának csökkenésével megváltozik a talajok nedvesség befogadásra alkalmas időszakának a hossza. A száraz nyári periódusok növekedésével csökken a talajokban tározott víz mennyisége, nagyobb esőzéskor pedig a hirtelen lezúduló csapadékvíz jelent problémát (VÁRALLYAY, 2013, 2015). A klímaváltozással a szélsőséges időjárási helyzetek gyakoriságának a növekedése várható (IPCC, 2007; GELYBÓ et al., 2018). Az intenzív csapadékeseményekkel összefüggésben, a mezőgazdasági területeken az erősödő talajpusztulási folyamatok és a szélsőséges vízgazdálkodási helyzetek kedvezőtlen hatásaival kell számolni (GARCÍA-RUIZ, 2010; VÁRALLYAY, 2013, 2015; HOREL et al., 2017; GELYBÓ et al., 2018). A meredek lejtőkön található szőlőültetvényeken az intenzív esőzések eróziós veszélyt jelentenek (GARCÍA-RUIZ, 2010; SZABÓ et al., 2015; PROSDOCIMI et al., 2016; ZSIGRAI et al., 2016).

A várható kedvezőtlen időjárási hatások mérséklése érdekében kiemelten fontos a talajnedvesség-forgalom vizsgálata. A hosszútávú, állandó és kis időléptékű talajnedvesség és csapadék adatok (lehetőség szerint növényi paraméterekkel kiegészítve) megfelelő alapot biztosítanak a termőhely talajhidrológiai vizsgálatához. Szelvény léptékű matematikai modellek alkalmazásával a jövőre vonatkozó becslésekre is lehetőség nyílik (FARKAS et al. 2008, 2014; HERNÁDI et al. 2009; WANG et al. 2018). A mérési helyeken gyűjtött idősoros adatok lehetővé teszik szelvény szintű talajhidrológiai modellek alkalmazását. A mért adatok előzetes értékelése hozzájárulhat a megfelelő

*Levelező szerző: UJJ EMESE, MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Talajfizikai és Vízgazdálkodási Osztály, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
E-mail: ujj.emese@agrar.mta.hu

modellezési környezet kialakításához és a modelleredmények későbbi értelmezéséhez.

Tanulmányunkban két termőhely talajnedvesség-forgalmának alakulását vizsgáltuk a tokaji Nagy-hegy szőlőültetvényein 2017. június 8. – 2018. május 31. között. A szőlőültetvényen a lejtőirányú sorvezetés és a teraszos művelés a jellemző. A lejtőn és teraszon elhelyezett mérőhelyek adatait összehasonlítva vizsgáltuk a mérőhelyek talajnedvesség-forgalmát, továbbá a csapadékesemények hatását.

Vizsgálati anyag és módszer

A vizsgálati terület jellemzése

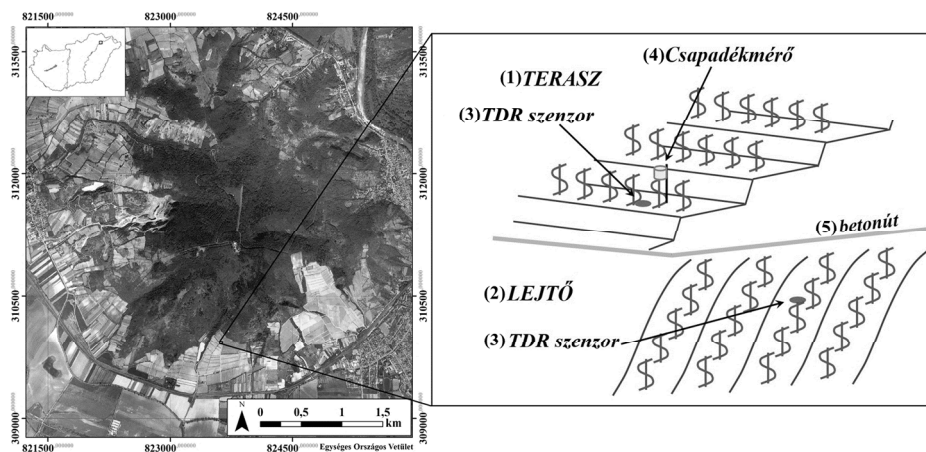
A Tokaji-hegység legdélibb tagja a tokaji Nagy-hegy, melynek miocén korú piroxéndácit tömegét (DÖVÉNYI, 2010; ZELENKA & GYARMATI, 2012) változó, az alsóbb térszínnek felé növekvő vastagságú, több fosszilis talajréteggel tagolt, würm korú típusos, száraztérzíni lösztakaró fedi (PINCZÉS, 1954; SÜMEGI, 2005; DÖVÉNYI, 2010). Az itteni lösz világossárga színű, szemcseösszetételében a 20–50 µm átmérőjű szemcsék dominálnak. Egyes részeken a szoliflukció, a törmelékmozgások és a lemosás eredményeként, az áttelepített löszanyag ún. völgyi lösz formában jelenik meg (PINCZÉS, 1954; SÜMEGI, 2005). A területen feltárt löszös üledék alapanyaga kvarc, emellett kalcitot és csillámot is tartalmaz, mésztartalma alacsony, jellemzően nem haladja meg a 10%-ot.

A tokaji Nagy-hegy és szűkebb környezetének éghajlata mérsékelt meleg-mérsékelt száraz, az évi középhőmérséklet 8,5–10,0 °C, az évi átlagos csapadékmennyiség 590–610 mm között alakul. Általában a délies lejtőkön legkorábban október 15. után jelentkeznek fagyok, tavasszal legkésőbb április 15-ig jellemzőek (DÖVÉNYI, 2010).

A 2014–15-ben végzett talajfelvételezés tapasztalatai alapján (SZATMÁRI et al., 2018) a tokaji Nagy-hegy déli lejtőjén két termőhely kijelölésére került sor, ezekhez kapcsolódóan alakítottuk ki monitoring pontjainkat. A mérések a Szarvas-dűlőben lévő 2,4×0,9 m sor- és tőtávolságra telepített, kordon művelésű ültetvényeken történtek. A dűlőben földrézsűs terasz-kialakítás jellemző, a teraszok koronaszélessége 7,2–7,4 m, magasságuk 2 m, a teraszlapok keresztirányú ellenesése 0–1°. A teraszokon 3-3 sor szőlőt telepítettek. Az egyik vizsgálati helyszín meredek (mintegy 20% lejtésű), szőlővel lejtőirányban telepített dél-délnyugati kitettséggű lejtőn (EOV 309928, 823623), a másik lejtőn kialakított teraszon (EOV 309955, 823616) található, távolságuk egymástól 30 méter (1. ábra). A lejtő fölötti részt, a mérőhelyektől 50–100 m-re kezdődően, a hegy tetejéig sűrű cserjés és erdő borítja.

A mérőhelyeken feltárt szelvények jellemzően iszapos vályog mechanikai összetételűek, löszön képződtek, anyaguk a teraszok kialakítása és a szőlőtelepítés során erősen átmozgatott. A meredek lejtőn a felszín erodálódott. A sorköz a

terazonon tárcsázott, a lejtőn évente felváltva tárcsázott, vagy gyér füvesnek meghagyott. A vizsgált időszakban mindkét szelvény környezete tárcsázott volt.



1. ábra

A terazon és lejtőn lévő vizsgálati helyszín elhelyezkedése a tokaji Nagy-hegy déli lejtőjén.

Vizsgálati módszerek

A talajnedvesség-tartalom és hőmérséklet méréséhez TDR-rendszerű szenzorokat (E-Test Ltd., TDR/MUX/moisture, matrix pressure, temperature and salinity meter) telepítettünk különböző mélységekbe, mindkét helyen. Az érzékelő elektróda párokat sorközből, szelvényásással telepítettük, 80–100 cm-re helyezve a szőlősortól. Az érzékelőket a szelvény falába szúrtuk közel függőlegesen, a közöttük lévő térrész bolygatatlan maradt. A jeltovábbításra szolgáló vezetékek oldalirányban kerültek kivezetésre, az elektródák felett és mellett vízvezetést elősegítő rések-repedések nem alakultak ki. A felső talajrétegben a szenzorok páronként kerültek telepítésre, hogy a meghibásodásból eredő hibákat, vagy az irreális mérési eredményeket kiküszöbölhessük. Telepítés előtt elvégeztük a gyártó által javasolt két végponti kalibrációt levegőben és vízben, majd nedves homokban nedvesség sorozatokat mértünk. A szenzorok a gyári értékek szerint 2 V/V%-os pontossággal határozzák meg a nedvességtartalmat, a mérési adataink azt mutatták, hogy az egyes szenzorok $\pm 0,15$ – $0,2$ V/V% nedvességtartalom változást érzékelnek. Az adatsorok értékelése során ezt figyelembe vettük. A szelvényekben a karbonátkiválások megjelenése, gyakorisága, a humusztartalom, a durva vázrészek aránya és a tömördőzség alapján különítettük el a rétegeket és a szenzorokat ennek megfelelően telepítettük. A lejtőn öt (10–18, 22–30, 37–45, 65–73, 97–105 cm), a terazonon hat mélységben (12–20, 32–40, 60–68, 80–88, 100–108, 130–138 cm), egy órás időbeli felbontással mértünk. A felső rétegek fagypont alatti hőmérséklete miatt a 2018. február 26. és 2018. március 10. közötti nedvességtartalom értékeit nem vettük figyelembe.

A TDR szenzorokkal mért talajnedvesség-tartalom értékek helyszíni ellenőrzésére három alkalommal (2017. november 28-án, 2018. január 9-én és április 6-án) vettünk bolygatott talajmintát, a mérőhelyektől 1–1,5 m távolságon belül. A mintavétel a szelvényfeltárással nem érintett térrészen, az elhelyezett szenzorok mélységéből három ismétlésben történt. A minták nedvességtartalmát szárítószekrényes módszerrel határoztuk meg. A helyszínen mért és a laboratóriumban meghatározott nedvességtartalom értékek a terasz esetében nagyobb (átlagosan 5 V/V%) eltéréseket mutattak, mint a lejtőn (2,5 V/V%-nál kevesebb). Két alkalommal a helyszínen mért, illetve laboratóriumban meghatározott értékek hasonló lefutású nedvességprofil eredményeztek. Egy esetben tapasztaltunk jelentősebb eltérést a teraszhoz kapcsolódó talajnedvesség-profilok lefutásában, melyet feltételezhetően a terasz kialakításából eredő talajheterogenitás okozott.

A csapadékmennyiséget 0,2 mm pontossággal, a teraszon lévő mérőhelytől 2 m távolságban, 2,5 m magasságban elhelyezett (*I. ábra*) Decagon (ECRN 100) csapadékmérő állomás rögzítette 10 perces gyakorisággal. A 2017. október 11-től november 28-ig tartó időszakban a műszer meghibásodásából adódóan az adatsorban hiány mutatkozik.

A mintaterületeken, a szenzorok környezetében a mérések kezdetén (2017. június 7.) szelvényfeltárást végeztünk. A fontosabb fizikai, kémiai és talajhidrológiai paraméterek meghatározásához bolygatott és eredeti szerkezetű (100 cm³) mintákat gyűjtöttünk, talajszintenként három ismétlésben. Laboratóriumi vizsgálatok során meghatároztuk a minták szemcseösszetételét (MSz-08 0205-78; pipettás módszerrel), térfogattömegét, karbonát- (MSz-08 0206/2-78; Scheibler-féle kalciméteres módszerrel) és humusztartalmát (MSz-08-0210-77; Tyurin-módszerrel), elektromos vezetőképességét (1:2,5 – talaj: H₂O szuszpenzióban), kémhatását (MSz-08-0206/2-78), a telítési vízvezető képességet (MSz-08 0205-78; csökkenő-folyadéknyomás módszerrel), a talajmátrix vízvezető képességet (laboratóriumban, Mini Disk Infiltrométerrel), valamint a vízviisszatartó képességet (MSz-08 0205-78, homok- és kaolinlapos pF-mérő berendezéssel, nyomásmembrános készülékkel).

A nedvességtartalmat a szabadföldi vízkapacitás (-0,33 bar; pF=2,5; VKsz) és a hasznosítható víz (DV) arányában fejeztük ki a laboratóriumban mért pF-adatok (pF=2,5 ill. pF=4,2) alapján. Az így megadott értékek informatív mutatóként szolgálhatnak a gazdálkodók számára (ZSIGRAI & PABLECZKI, 2018). A vertikális talajnedvesség-eloszlás és az időbeli változások jellemzésére a mért nedvességtartalom-adatokból havi átlagot számoltunk, ezeket a mélység függvényében ábrázoltuk.

Az egyes talajrétegekben tárolt vízmennyiséget összegeztük és összehasonlítottuk a szelvények vízkészletét. Egy talajszelvény vízkészlete a térfogatszázalékban kifejezett talajnedvesség-tartalom értékek és a talajrétegek vastagságának ismeretében közvetlenül számítható és vízmilliméterben megadható (RAJKAI, 2004). A teljes vízkészlet mellett a szelvények növények számára hozzáférhető vízkészletét is számítottuk.

Kiválasztott csapadékeseményekre vizsgáltuk a beszivárgás dinamikáját, az egyes rétegek szerepét a vízkészlet tározásában a szabadföldi vízkapacitás arányában. Csapadék befogadást számítottunk, feltételezve, hogy a rétegek vízkészlet változása – esőzés előtt és után, a felszíni maximális talajnedvesség eléréséig – jól jellemzi a beszivárgó vízmennyiséget. A szelvények által befogadott víz mennyiségét kifejeztük az egyes rétegekre lehullott csapadék arányában. A víz további szétoszlását nem követtük, a rétegek közötti nedvesség kiegyenlítőds okozta változást modellezéssel célszerűbb vizsgálni.

Vizsgáltuk a terasz tömödött rétegeinek hatását a nedvességmozgásra, az egyes szelvények nedvesedési profiljából látszólagos terjedési sebességet számítottunk. A talajfelszínre érkező víz a pórusokon és repedéseken keresztül szivárog a talajba. A vízbefogadás sebessége a kezdeti időszakban jellemzően nagyobb (víznyelési szakasz), majd fokozatosan csökken és állandósul (vízáteresztés). A víznyelés kezdeti sebessége egyebek között függ a talaj nedveségállapotától (ROSE, 1996), míg az átnedvesedett talaj vízáteresztését főként a nagyméretű, gravitációs pórusok mennyisége határozza meg (VÁRALLYAY, 2003).

A szenzorok érzékenységet figyelembe véve, a kiindulási értékhez viszonyított 0,25 V/V%-ot tartósan meghaladó eltérést tekintettük a nedvesedési front kezdetének. A számításhoz a szabadföldi vízkapacitáshoz közeli kiindulási nedvességállapotú szelvények egy-egy tavaszi mérési adatsorát használtuk, azt feltételezve, hogy a számított terjedési értékek a szelvény vízáteresztését jellemzik.

Vizsgálati eredmények és következtetések

Terepi és laboratóriumi talajvizsgálati eredmények

Mind a terepi vizsgálatok, mind a laboratóriumi mérési eredmények azt mutatták, hogy a két szelvény alapvető fizikai és kémiai talajtulajdonságai között nincs jelentős különbség, az egyes rétegek leginkább tömödöttségben (térfogattömegben) különülnek el egymástól (*1. táblázat*). A tágabb környezet 6–8% karbonát-tartalmú, löszön kialakult erodált földes kopár talajtípussal jellemezhető, ezt érte az ültetvénytelepítés során erős antropogén hatás, ezért genetikai szinteket nem különítettünk el.

A teraszon 80 cm alatt, feltehetően a tereprendezés előtti felszínt jelző, eltemetett, gyengén humuszos szintet tártunk fel. A terepi megfigyelések és a mért szemcseösszetétel alapján mindkét mérőhelyre az iszapos vályog (USDA) textúra jellemző, kémhatásuk gyengén lúgos, mindkét szelvény egyenletesen karbonátos. A feltalaj humusztartalma csak a terasz esetén éri el az 1%-ot (*1. táblázat*). Az elektromos vezetőképesség értékek nem utalnak magas sótartalomra. A szelvények egyes rétegei nem, vagy igen gyengén szerkezetesek, csak a térfogattömeg adatokban tapasztalható jelentősebb eltérés. Ez hatással van a szelvények vízvezető- és vízvisszatartó képességére is. A lejtőn a térfogattömeg növekedése mérsékelt és egyenletes a mélység felé, a terasz szelvénye 100 cm mélységig tömödött, melyből a felső 20 cm-t a tárcsázás évente fellazítja. A 45–80 cm közötti erősen tömödött

réteg ($1,62 \text{ g cm}^{-3}$) mind az alatta, mind a felette lévő, közepesen tömődött rétegeknél kisebb vízvezető képességű ($K_{\text{sat}}=1,37 \text{ cm nap}^{-1}$, $K_{\text{near-sat}}=0,16 \text{ cm nap}^{-1}$) (1. táblázat). A mért telítési vízvezető képesség értékek nagyságrendileg megfelelnek a vályog fizikai féleségű talajokra jellemző irodalmi adatoknak (VÁRALLYAY et al., 1980).

1. táblázat

A két mérőhely fontosabb fizikai, kémiai és talajhidrológiai tulajdonságai, $n=3$ (térfogattömeg esetén $n=6$; $K_{\text{near-sat}}$: mátrix vízvezető képesség; K_{sat} : telítési vízvezető képesség)

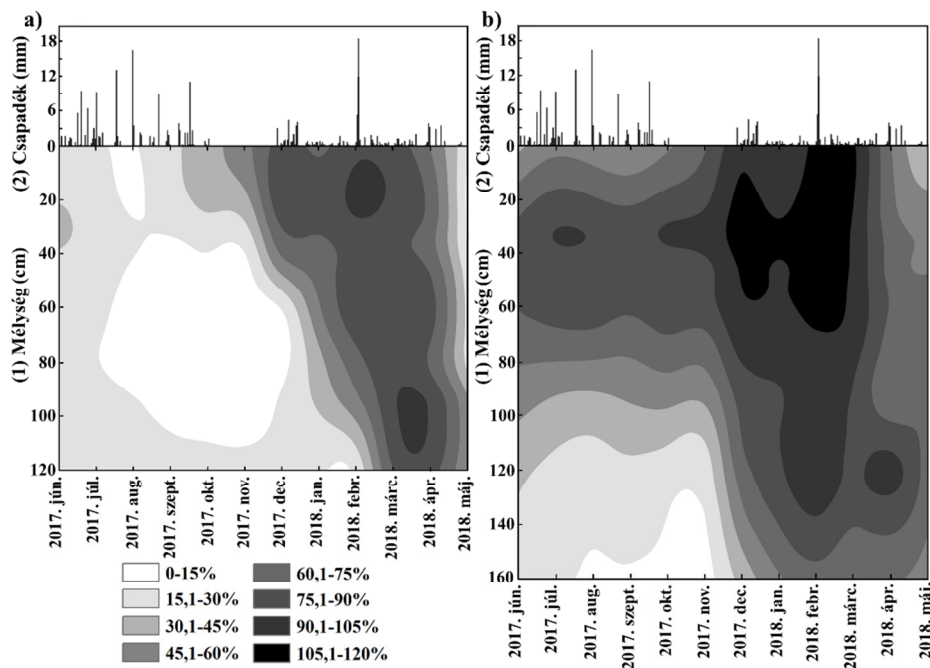
(1) LEJTŐ									
(3) Talajréteg (cm)	(4) Textúra osztály (USDA)	(5) Humusz (m/m%)	(6) pH (H_2O)	(7) $pF=0$ (V/V%)	(8) $pF=2,5$ (V/V%)	(9) $pF=4,2$ (V/V%)	(10) Térfogattömeg (g/cm^3)	(11) $K_{\text{near-sat}}$ (cm/nap)	(12) K_{sat} (cm/nap)
0–20	iszapos vályog	0,78	8,2	51,20	28,77	8,21	$1,29 \pm 0,04$	11,38	30,49
20–30	iszapos vályog	0,79	8,4	50,68	30,26	9,57	$1,37 \pm 0,02$	16,97	34,78
30–45	iszapos vályog	0,84	8,4	50,24	31,85	10,13	$1,45 \pm 0,04$	11,31	22,79
45–80	iszapos vályog	0,82	8,4	48,80	27,62	10,32	$1,43 \pm 0,04$	10,58	14,05
80–120	iszapos vályog	0,56	8,5	46,41	29,31	12,70	$1,52 \pm 0,06$	8,16	8,52
(2) TERASZ									
0–20	iszapos vályog	1,01	8,3	49,94	26,97	9,89	$1,32 \pm 0,04$	10,82	11,26
20–45	iszapos vályog	0,71	8,4	43,62	29,57	12,56	$1,54 \pm 0,03$	0,24	5,10
45–80	iszapos vályog	0,42	8,6	43,43	28,86	12,13	$1,62 \pm 0,04$	0,16	1,37
80–100	iszapos vályog	0,90	8,4	41,80	30,46	12,79	$1,56 \pm 0,08$	4,01	5,82
100–125	iszapos vályog	0,58	8,5	49,68	26,92	9,63	$1,39 \pm 0,02$	10,03	19,72
125–170	iszapos vályog	0,60	8,5	55,80	25,64	6,91	$1,26 \pm 0,03$	16,57	30,82

A talajnedvesség-tartalom alakulása

A talaj nedvességtartalmának változását számos tényező meghatározza, köztük a lejtős szőlőültetvényeken a vízerózió elleni védekezés céljából alkalmazott sorköztakarás is (PROSDOCIMI et al., 2016; ZSIGRAI et al., 2016), mely a talajfelszín párolgásának, valamint a csapadék beszívargásának mérséklésén keresztül a gyökérszóna talajnedvesség-forgalmát befolyásolja (DAHIYA et al., 2007; ZSIGRAI & KÁTAI, 2017). Mérőhelyeinken kismértékű sorköztakarást alkalmaztak, a szenzorok környezete a vizsgált időszak nagy részében jellemzően gyér fűborítású, vagy teljesen fűmentes felszínű volt.

A nyári időszakban az erőteljes párolgás és növényi vízfelvétel hatására mindkét mérőhelyen valamennyi réteg többé-kevésbé egyenletesen száradt, a legnagyobb talajnedvesség-tartalom ingadozásokat a felső szintekben tapasztaltuk. Június–augusztusban a napsütésnek erősen kitett délies lejtő (2/a. ábra) legfelső rétege volt a legszárazabb ($10,0\text{--}13,3 \text{ V/V}\%$; ami $8,7\text{--}24,5 \text{ DV}\%$), és a legmélyebb ($80\text{--}120 \text{ cm}$) réteg nedvességtartalma bizonyult a legnagyobbknak ($16,0\text{--}17,8 \text{ V/V}\%$; ami $19,9\text{--}30,7 \text{ DV}\%$). A terasz esetében (2/b. ábra) a második ($20\text{--}45 \text{ cm}$) és harmadik (erősen tömődött) réteg ($45\text{--}80 \text{ cm}$) nedvességtartalma volt a legnagyobb ($24,7\text{--}30,6 \text{ V/V}\%$; ami $71,1\text{--}106,0 \text{ DV}\%$, illetve $23,4\text{--}26,8 \text{ V/V}\%$; ami $67,4\text{--}87,7 \text{ DV}\%$), melyeknél a felső réteg átlagosan $6,6\text{--}8,4 \text{ V/V}\%$ -kal volt

szárazabb, nedvességtartalma a hasznosítható víz arányában kifejezve 14,8–20,7% között változott. A diszponibilis víz arányában megadott, 100%-ot meghaladó maximum érték nagyobb csapadékeseményhez kapcsolódik. A teraszon, nyáron és őszen a legmélyebben fekvő rétegekben (100–125, illetve 125–170 cm) regisztráltuk a legkisebb talajnedvesség-tartalom értékeket (12,1–18,8 V/V%; ami 14,3–53,0 DV%, illetve 8,7–11,4 V/V%; ami 9,5–24,0 DV%).



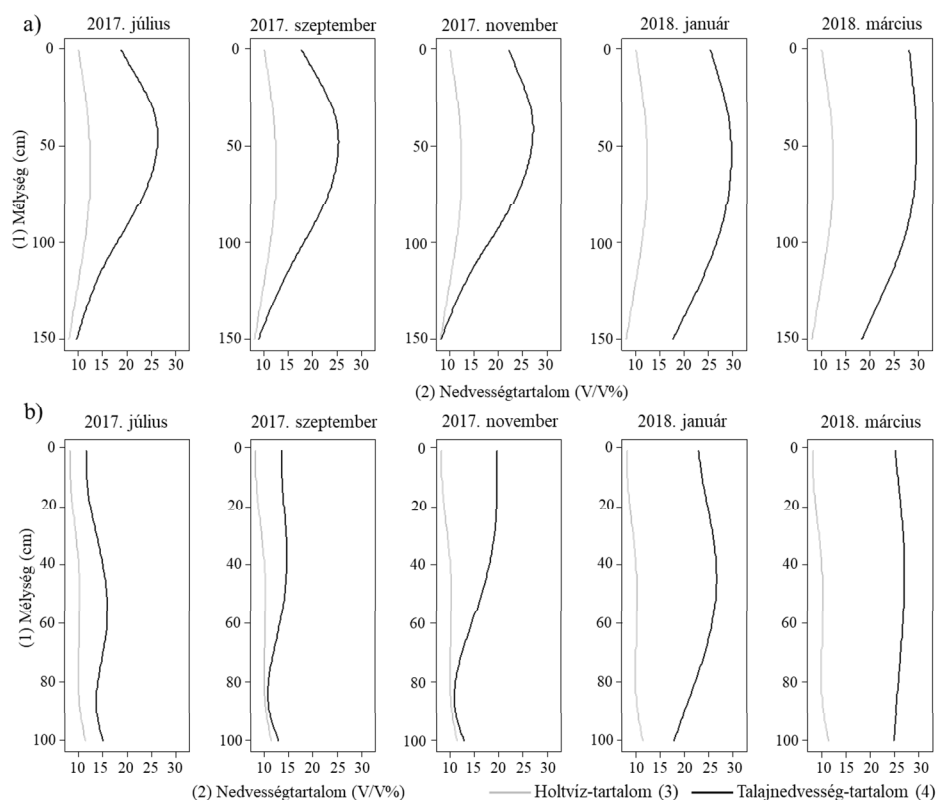
2. ábra

Talajnedvesség-tartalom alakulása az egyes szelvényekben, lejtőn a) és teraszon b) a hozzáférhető vízkészlet (DV%) arányában.

Ősztől a lejtő felső két rétegében folyamatos nedvességtartalom növekedés tapasztalható, az alsóbb szintek csak a decemberi, majd a tavaszi esőzéseket követően töltődtek fel (2/a. ábra). A terasz mélyebb rétegeinek feltöltődése a 2017. december 15–16-i esőzés (34,4 mm csapadék) után indult meg erőteljesen (2/b. ábra). A teraszon tapasztalt „kétirányú” nedvesedési mintázat (2/b. ábra) valószínűleg annak a leképezése, hogy a tömődött felszínelatti rétegek jobban tartják a nedvességet, s télen a felszíni hőmérséklet csökkenésével a felső szintek párolgása csökken. A tömődött rétegek alatt elhelyezkedő mélyebb szintek nedvességtartalma késő őszen–télén szintén megnő, mert a szőlő a vegetációs időszak lezárultával már nem vesz fel annyi vizet, mint korábban. A növény vízfelvétele a téli, nyugalmi időszakban elhanyagolható mértékű (CUEVAS et al., 1998). Ősztől–tavasz elejéig tartó periódusban az egyes szintek nedvességtartalma

átlagosan mintegy 4–10 V/V%-kal haladta meg a nyári időszakban regisztrált nedvességtartalom értékeket.

A nedvességtartalom időbeli változását talajnedvesség-profilok segítségével jellemeztük (3. ábra). Azonos időszakban nézve a lejtő szelvénye általában szárazabb, mint a teraszé. A nyári időszakban a lejtő felső 20 cm-ének hőmérséklete átlagosan 2,3 °C-kal, a teljes időszakot vizsgálva 1,2 °C-kal volt magasabb, mint a terasz felső 20 cm-nek talajhőmérséklete. A teraszon mért legmagasabb felszíni hőmérséklet 29,2 °C, a lejtőn 33,8 °C volt.



3. ábra

Jellemző talajnedvesség-tartalom eloszlás a szelvényekben, a teraszon a) és a lejtőn b) havi átlagok alapján.

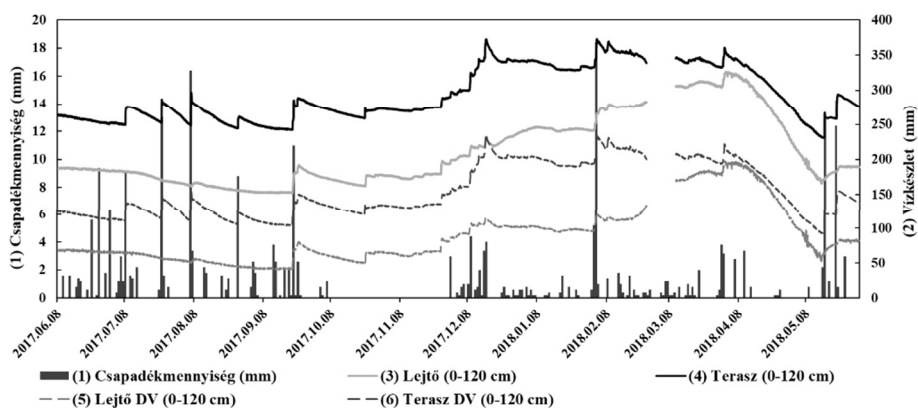
A mérések havi átlagaiból készített görbék alapján a talajnedvesség-eloszlás lefutása a lejtő szelvényében az egyes hónapokban eltérő, míg a teraszon hasonló geometriájú volt (3/a. és 3/b. ábra). A lejtőn lévő szelvény a legszárazabb időszakban 80 cm-ig szinte a hervadásponthoz közelített, a 45–80 cm-es réteg még novemberben sem kezdett feltöltődni (3/b. ábra). A terasz szelvényének 20–100 cm

között húzódo tömődöttebb, rosszabb vízvezető képességű rétegei nagyobb mennyiségű vizet tartottak vissza. A legnagyobb nedvességtartalom értékeit ezekben a rétegekben mértük (a maximum értékek: 20–45 cm: 34,3 V/V%, 45–80 cm: 30,9 V/V%, 80–100 cm: 30,3 V/V%), mely a szőlő mélyebb rétegekből (20–80 cm) történő vízfelvétele miatt (RAMOS & MARTÍNEZ-CASANOVAS, 2006) ideálisabb feltételt jelent. A teraszon a legtömődöttebb réteg elszigetelő hatása főleg a nyári hónapokban érezhető, az alatta fekvő réteg a hervadásponthoz közelítően száraz volt (3/a. ábra), nedvességtartalma csak a téli hónapok során növekedett meg.

A szelvények vízkészlete

Lejtős szőlőterületeken kialakított teraszok jellemzően kedvezőbb vízháztartásúak a lejtőirányban művelt ültetvényeknél (ARNÁEZ, et al. 2015). A lejtő szelvényének 120 cm-ig összegzett vízkészlete 152–327 mm (a hozzáférhető vízkészlet 40–198 mm) között változott, szeptember közepéig folyamatosan csökkent, ezt csak a 2017. augusztus 6–7-én hulló 31,6 mm csapadékmennyiség szakította meg, mely hosszú száraz időszak után csak igen kismértékű nedvességtartalom növekedést eredményezett (4. ábra). A szelvény vízkészlete november végétől–december elejétől kezdett jelentősebben emelkedni.

A terasz szelvényének teljes vízkészlete 120 cm-ig összegezve 231–373 mm (a hozzáférhető vízkészlet 92–234 mm) között változott (170 cm-ig vizsgálva a teljes vízkészlet 290–475 mm, míg a hozzáférhető vízkészlet 115–300 mm). Vízkészletének alakulása élénkebben reagált az esőzésekre, mint a lejtőé, főként a nyári időszakban, egy-egy esőzést követően 20–40 mm-rel is megemelkedett (4. ábra). A lejtőhöz hasonló módon a terasz szelvényében tározott víz mennyisége ősz végétől mutatott növekvő tendenciát, a szeptembertől március végéig terjedő időszakban átlagosan 30%-kal haladta meg a lejtő szelvényének vízkészletét.



4. ábra

A terasz és a lejtő teljes és hozzáférhető (DV) vízkészletének változása 120 cm-es mélységig, a vizsgált időszakban. (Fagypont alatti felszíni hőmérséklet: 2018. február 26–március 10.)

A teraszon, 45–80 cm-en és alatta húzódó rétegek nedvességtartalma 2017. október 1–december 9. között alig változott (átlagaik és a szórás: 45–80 cm: $25,50 \pm 0,51$ V/V%; 80–100 cm: $21,66 \pm 0,17$ V/V%, 100–125 cm $13,51 \pm 0,10$ V/V%; 125–170 cm: $8,92 \pm 0,11$ V/V%), azonban december 15–16-án, egy 30 mm-t meghaladó csapadékesemény után, a legmélyebb réteg vízkészlete két napon belül 40-ről 90 mm-re emelkedett és április elejéig tartósan magas maradt. Ez a decemberi időpont tekinthető a szelvény mély, téli-tavaszi feltöltődése kezdetének.

A lejtőn a mélyebb rétegek hosszútávú feltöltődése vontatottabb, a 45–80 cm-es réteg nedvességtartalma lassan nő december végétől, vízkészlete egy hónap alatt emelkedik 40-ről 70 mm-re. A legmélyebb réteg vízkészlete csak 2018. február 20-a után indul tartós növekedésnek, április elején éri el a maximumot, ekkor közelíti meg leginkább a terasz szelvényében tározott vízkészlet mennyiségét. A mély réteg lassú feltöltődésének fő oka lehet, hogy a téli-tavaszi időszakban a telítettséghez közeli nedvességállapotú felszínre érkező intenzív csapadék jelentős része a felszínen folyik le (RAMOS & MARTINEZ-CASASNOVAS, 2006), fagymentes napokon is csak kis része szívárog mélyen a szelvénybe.

2018 áprilisától a felszín felmelegedése és a növényzet növekedésének megindulása hatására, az evapotranspiráció hazai éves menetéhez igazodva (ÁCS et al., 2007) minden szint nedvességtartalma gyors ütemben csökkent. Ebben az időszakban a Tokaji Borvidék egész területére jellemző volt a kis mennyiségű, kedvezőtlen eloszlású csapadék, valamint az átlagosnál magasabb léghőmérséklet (ZSIGRAI & PABLECZKI, 2018). Az ültetvényeken megfigyelhető intenzív száradási folyamat (CSORBA, 1985; ZSIGRAI & PABLECZKI, 2018) eredményeként 2018. április 10-től május közepéig, 35 nap alatt a szelvények felső 45 cm-ében tározott vízmennyiség a teraszon 46%-kal (57 mm-rel), míg a lejtőn 57%-kal (66 mm-rel) csökkent. CSORBA (1985) tokaji löszön képződött talajok nedvességviszonyait vizsgálva megállapította, hogy április–május hónapokban, de legkésőbb június végéig a szelvények felső 100 cm-ének nedvességtartalom-csökkenése gyorsan, a területen szinte egyidejűleg végbemegy, melyet mért értékeink is megerősítettek.

Csapadékesemények hatása

A vizsgált időszakban többször regisztráltunk nagy mennyiségű csapadékot. A lehullott csapadékmennyiséget a két szelvény eltérő mértékben fogadta be (2. táblázat). A lejtő 27,3 °C-os felszínére 2017. augusztus 6–7-én lehullott 31,6 mm csapadéknak csak 3,4%-a jelent meg a szelvény felső 20 cm-ében, az alatta húzódó rétegek vízkészletében nem történt kimutatható változás. A csapadék nagy része feltehetően azonnal elpárolgott a felszínről, másik része nem jutott le a szenzor mélységéig (10–18 cm).

A hasonló nagyságrendű (39,2 mm), de 12 °C-kal hűvösebb (15 °C) felszínre érkező szeptemberi csapadék mintegy 70%-a volt észlelhető a lejtő szelvényében. A tapasztalt 30% „hiány” valószínűleg a felszíni elfolyás eredménye. Erre utalnak ZSIGRAI és munkatársai (2016) ugyanitt, a Szarvas-dűlő meredek lejtőjén végzett esőszimulátoros mérési eredményei, mely szerint a felszínre kijuttatott vízmennyiség átlagosan 34–44%-a mozdult el a lejtő irányában. RAMOS &

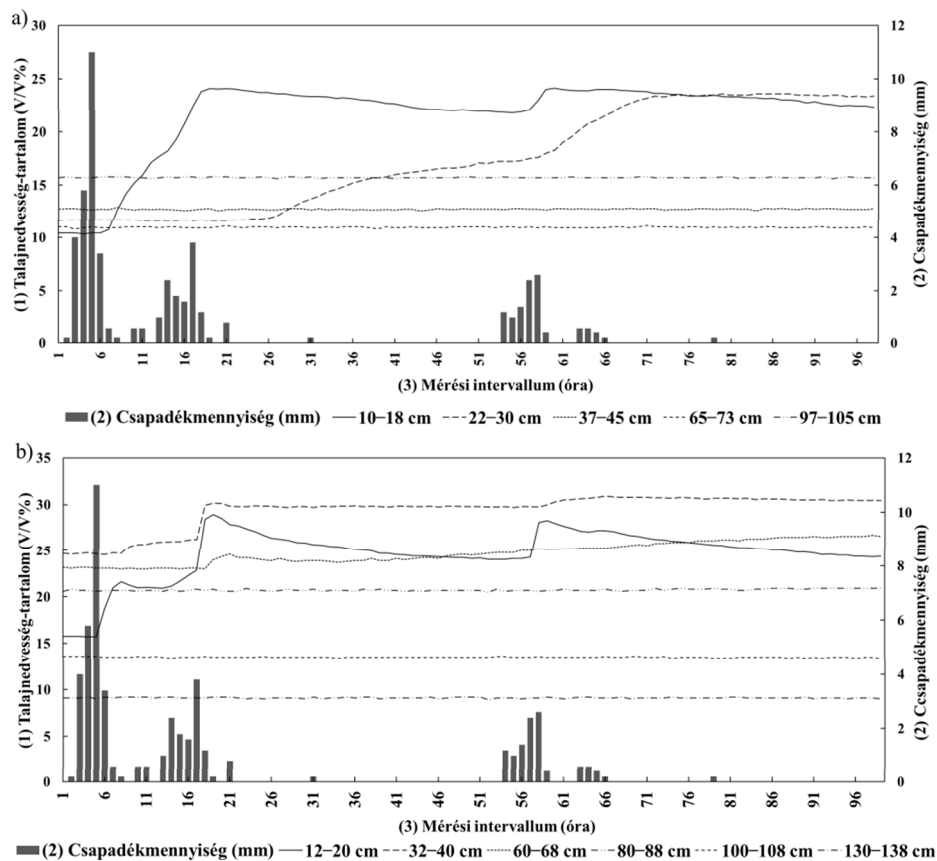
MARTINEZ-CASASNOVAS (2006) vizsgálatait azt mutatták, hogy a nedvesebb, őszi–téli időszakokban, a közel telített talajszelvénybe a csapadékmennyiség 50%-a szivárog be. A 2017. decemberi esőzés a szabadföldi vízkapacitásig csaknem telített talajfelszínt érte, a lejtőn jelentős felszíni lefolyást eredményezve (2. táblázat). A teraszon a csapadék beszivárgási feltételei kedvezőbbek voltak. A 2017. augusztusi esőzés alkalmával a csapadék mintegy 83%-a jutott be a szelvénybe. A felső 20 cm-ben a lehullott csapadék mennyiségének 62,7%-a hasznosult, a talajrétegben tározott vízmennyiség a szabadföldi vízkapacitás arányában kifejezve mintegy 37,4%-kal növekedett (2. táblázat).

2. táblázat

Vízkészlet változása a lehullott csapadék arányában a lejtőn és a teraszon, hat kiválasztott esőzést követően. Az egyes rétegekre vonatkozóan az átlagos talajhőmérsékletet (T) is feltüntettük. Zárójelben az egyes rétegek nedvességtartalom változása a szabadföldi vízkapacitás arányában ($\Delta VK_{sz}\%$) kifejezve. * a vízkészlet eléri vagy meghaladja a teljes szabadföldi vízkapacitás 95%-át.

(1) Csapadék-esemény		2017.09.21. 1:00-20:00		2017.08.06. 21:00 - 2017.08.07. 13:00		2017.12.15. 5:00 - 2017.12.16. 7:00		2018.03.31. 17:00 - 2018.04.01. 17:00		2017.09.23. 05:00 - 2017.09.23. 17:00		2018.03.16. 09:00 - 2018.03.16. 19:00	
(2) Csapadékmennyiség		39,2 mm		31,6 mm		34,4 mm		28,8 mm		10,8 mm		6,2 mm	
(3) Talajréteg (cm)		(4) Csapadék befogadása (%) ($\Delta VK_{sz}\%$)	T (°C)	Csapadék befogadása (%) ($\Delta VK_{sz}\%$)	T (°C)	Csapadék befogadása (%) ($\Delta VK_{sz}\%$)	T (°C)	Csapadék befogadása (%) ($\Delta VK_{sz}\%$)	T (°C)	Csapadék befogadása (%) ($\Delta VK_{sz}\%$)	T (°C)	Csapadék befogadása (%) ($\Delta VK_{sz}\%$)	T (°C)
(5) LEJTŐ	0-20	69,6 (47,6)	15,6	3,4 (1,4)	27,3	17,5 (9,6)*	4,6	31,9 (16,5)*	9,2	38,9 (7,3)	14,2	29,0 (3,1)	6,5
	20-30	0,0	16,9	0,0	28,4	6,4 (6,6)*	4,7	11,1 (10,2)*	8,2	43,5 (14,2)	15,5	9,7 (1,7)	6,4
	30-45	0,0	18,3	0,0	27,8	7,9 (5,2)	5,4	13,5 (7,4)	7,4	0,0	17,1	0,0	6,5
	45-80	0,0	19,1	0,0	24,6	1,1 (0,4)	6,4	3,9 (1,1)	5,9	0,0	18,3	0,0	5,3
	80-120	0,0	19,8	0,0	22,8	0,0	8,0	0,0	5,9	0,0	19,4	0,0	5,0
(6) TERASZ	0-20	61,0 (44,9)*	15,0	62,7 (37,4)*	23,7	24,7 (15,8)*	4,1	54,5 (30,0)*	8,7	56,5 (11,7)*	13,9	51,6 (5,9)*	5,8
	20-45	32,5 (17,4)*	16,6	32,8 (14,4)*	25,8	12,4 (5,7)*	4,3	33,9 (13,4)*	7,2	25,5 (3,9)*	15,5	12,1 (0,5)*	5,6
	45-80	5,9 (4,9)	17,3	7,3 (2,8)	25,0	11,2 (3,8)*	4,7	4,0 (1,4)*	6,1	12,8 (1,7)	16,4	0,0	5,0
	80-100	0,0	17,7	0,0	23,4	5,2 (3,0)*	5,3	0,0	5,3	0,0	17,0	0,0	4,2
	100-125	0,0	18,3	0,0	22,3	44,3 (22,7)*	6,6	0,0	5,6	0,0	17,8	0,0	4,5
	125-170	0,0	18,4	0,0	20,2	1,3 (0,4)	8,1	0,0	5,7	0,0	18,0	0,0	4,6

Hosszú, száraz időszak végén 2017. szeptember 21-én 19 óra alatt 39,2 mm csapadékmennyiséget mértünk (egy intenzív, 11 mm h⁻¹ csúccsal), szeptember 23-án 10,8 mm-t, mely 13 óra alatt hullott, kis intenzitással (5. ábra). A beszivárgás dinamikájára jellemző, hogy a lejtőn a 11 mm-es csapadék csúcs után mintegy 6 órával kezdett számottevően emelkedni a legfelső talajréteg (0–20 cm) nedvességtartalma, az alatta fekvő réteg (20–30 cm) 19 órás „késéssel” vette át a nedvességtartalom-változást (5/a. ábra). A mélyebben fekvő rétegek vízkészlete nem változott. A teraszon a felszíni szint (0–20 cm) nedvességtartalom-változása azonnal reagált a szeptember 21-i esőzésre, az alatta fekvő rétegek nedvességtartalma néhány órával ezt követően emelkedett (5/b. ábra). A 80–100 cm-es rétegben a nedvességtartalom a szeptember 21–23-i esőzést követően csak egy héttel, 30-án ért el 1%-nyi növekedést (20,8-ről 21,8%-ra).

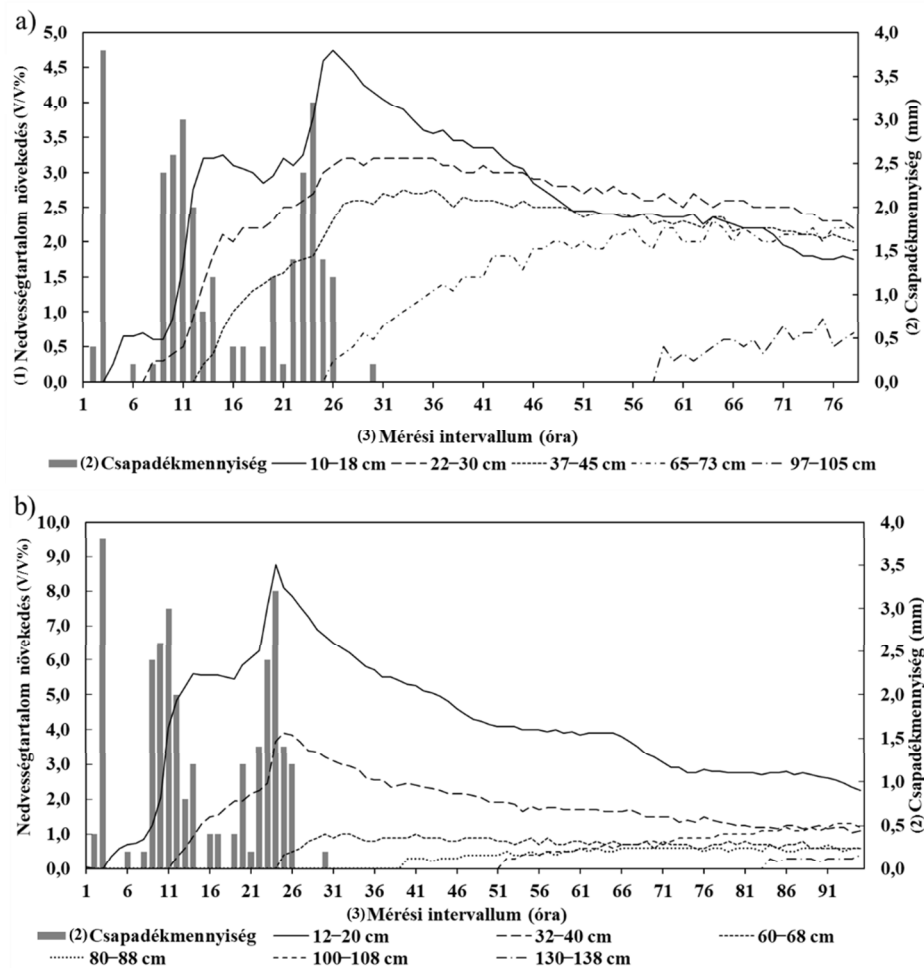


5. ábra

A víz szétoszlása az egyes rétegekben a) lejtőn és b) teraszon a 2017. szeptember 21–23. közötti esőzéseket követően. Az ábra feltünteti az egyes rétegekben mért nedvességtartalmat és az esőzés kezdetétől eltelt időt (óra); a mélységintervallumok a nedvességszenzorok helyét jelzik a rétegekben belül.

A 2017. december 15–16-i esőzés mindkét szelvény felszínét szinte teljes vízkapacitásig telített állapotában érte, a lejtőn mindössze a lehullott csapadék 32%-a szivárgott be közvetlenül, a teraszon a teljes mennyiség (2. táblázat).

A 2018. március 31–április 1. közötti esőzés során 28,8 mm csapadék hullott a területre. Az esőzés kezdetén a szelvények átlagosan a szabadföldi vízkapacitás 85–88% (lejtőn), illetve 95–100%-áig (teraszon) voltak feltöltve. A szelvényekben tapasztalt nedvesség profilok alapján számoltuk a nedvesedési front látszólagos terjedési sebességét (6. ábra). A szabadföldi vízkapacitásig telített szelvénybe érkező víz mozgását elsősorban a gravitációs pórusok mennyisége határozza meg (VÁRALLYAY, 2003), ezért azt feltételeztük, hogy a számított terjedési értékek közelítőleg a szelvény vízáteresztését adják.



6. ábra

Nedvesedési front terjedése a) lejtőn és b) teraszon, 2018. március 31. után.
A mélységintervallumok a nedvességszenzorok helyét jelzik a rétegeken belül.

A számított terjedési sebesség a lejtő felső két szintjében 72 cm nap^{-1} -nak, a terasz felső szintjeiben 60 , illetve 52 cm nap^{-1} , a legtömődöttebb harmadik rétegben is 32 cm nap^{-1} -nak adódott. A lejtőn az esőzés kezdete után több mint két nappal kezdett a $97\text{--}105 \text{ cm}$ -ben elhelyezett talajnedvesség szenzor által mért érték egyértelműen emelkedni (6/a. ábra). A teraszon három és fél nap után kezdődött meg egy kismértékű, de tartós változás a legalsó ($130\text{--}138 \text{ cm}$) rétegben (6/b. ábra). Az eredmények arra utalnak, hogy a vízzel szabadföldi vízkapacitásig telített szelvényekben adott csapadékinzénitással mellett a vízáteresztés játszott meghatározó szerepet a mélyebb rétegek feltöltésében. A víztelített, tömődött réteg a vártnál kevésbé akadályozta a vízmozgást.

Összefoglalás

A klímaváltozás hatására várhatóan nem csak a csapadék éves mennyisége, hanem az éven belüli eloszlása is változik, egyidejűleg megváltozhat annak az időszaknak a hossza, amelyben a talajok vízbefogadásra képesek. A talajnedvesség és csapadék idősoros adatok alapján vizsgálhatjuk a változó környezeti feltételek hatását a talajok vízgazdálkodására.

Jelen tanulmányban 2017. június–2018. május közötti időszakban a talajnedvesség-tartalom alakulását vizsgáltuk két eltérő domborzati adottságú szelvényben (terazon és lejtőn) a tokaji Nagy-hegy déli lejtőjén elhelyezkedő Szarvas-dűlő szőlőültetvényen. Összehasonlítottuk a két mérőhely talajnedvesség-forgalmát, valamint vizsgáltuk a csapadékesemények hatását.

A terazon lévő szelvény a csapadék jellemzően 65–99%-át közvetlenül befogadta, míg azonos csapadékeseményekre nézve ez az érték a lejtőn, az intenzívebb felszíni párolgás, valamint a felszíni lefolyás miatt csak 30–80%, szélsőséges esetben ennél is kisebb volt.

Az egyes rétegekben mért nedvesség profilok adataiból következtettünk a beszívargás dinamikájára, a vízáteresztés mértékére. Azt tapasztaltuk, hogy telített állapotú szelvény esetén a terasz erősen tömődött rétege a vártnál kevésbé akadályozta a nedvesség mélyebb rétegek felé terjedését.

A terazon lévő szelvény a tömődött rétegek ellenére összességében kedvezőbb vízháztartást biztosított, mint a meredek lejtő. A lejtő kedvezőtlen vízháztartását részben a nyári erőteljes párolgás, részben az egész évben jelentős felszíni lefolyás okozta. A szelvények vízkészletét 120 cm mélységig összegezve megállapítottuk, hogy a terasz teljes vízkészlete a vizsgált időszakban átlagosan több mint 20%-kal meghaladta a lejtőn feltárt szelvényét. Ez a különbség a nyári hónapokban 90–108 mm víztöbbletet jelentett a terazon, a hasznosítható víz arányában kifejezve 62–88 mm-t. Nyáron, az eltérő száradás miatt augusztus végén volt a legnagyobb a terasz nedvességtöbblete (114 mm-rel), míg a téli–tavaszi időszakban az eltérő intenzitású feltöltődés okozott különbséget (legnagyobb eltérés: 159 mm).

A vízkészletek téli–tavaszi feltöltődése szempontjából más-más időszakra volt érzékeny a két szelvény. A terasz fagymentes időszakban, december végére gyakorlatilag elérte a maximális vízkapacitását, s ezt kisebb ingadozásokkal megtartotta április elejéig, melyet a február–márciusi fagyos időszak sem befolyásolt. A lejtő szelvénye fokozatosan töltődött fel, vízkészlete december közepétől a jellemzően fagyveszélyes január–februári időszakban is növekedett, majd április elejére „tetőzött”, 30 mm-re megközelítve a terasz vízkészletét. A feltöltődés menetében tapasztalt eltérés azt mutatja, hogy a terasz vízkészlete a korai feltöltődés miatt nem érzékeny a jellemzően fagyos február–márciusi időszakra. A lejtő vízkészletének feltöltődése azonban jóval belenyúlik a potenciálisan fagyos időszakba, vízkészletének alakulását a fagyos napok számának változása jobban befolyásolja.

Kulcsszavak: szőlőültetvény, kitettség, talaj vízgazdálkodás

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet és a K-119475 számú NKFIH pályázat támogatta. Ezúton is szeretnénk kifejezni köszönetünket Balassa Istvánnak a terület kijelöléséért és a Grand Tokaj Zrt. többi munkatársának, hogy lehetővé tették a mérések fenntartását, valamint Zsigrai Györgynek és Balling Péternek, a Tokaji Kutatóintézet munkatársainak, hogy szaktanácsokkal segítették munkánkat.

Irodalom

- ARNÁEZ, J., LANA-RENAULT, N., LASANTA, T., RUIZ-FLAÑO, P. CASTROVIEJO, J. 2015. Effects of farming terraces on hydrological and geomorphological processes. A review. *Catena*. **128**. 122–134.
- ÁCS, J., BREUER, H. & SZÁSZ G. 2007. A tényleges párolgás és a talaj vízkészlet becslése tenyészdőszakban. *Agrokémia és Talajtan*. **56**. 217–236.
- CUEVAS, E., BAEZA, P., LISSARRAGUE, J.R. 1998. Effects of 4 modelrate water regimes on seasonal changes in vineyard evapotranspiration and dry matter production under semi-arid conditions. *ISHS Acta Horticulturae*. **493**. 253–260.
- CSORBA, P. 1985. Tokaji löszön kialakult talajok és földes kopárok nedvességvizszoynainak tér- és időbeli változása. *Földrajzi Értesítő*. **34**. (3). 283–295.
- DAHIYA, R., INGWERSEN, J. & STRECK, T. 2007. The effect of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil: Experimental findings and modeling. *Soil and Tillage research*. **96**. (1-2). 52-63.
- DÖVÉNYI, Z., (Szerk.) 2010. Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet. Budapest.
- FARKAS, CS., HAGYÓ, A., HORVÁTH, E. & VÁRALLYAY, GY. 2008. A chernozem soil water regime response to predicted climate change scenarios. *Soil and Water Research*. **3**. (1). 58–67.
- FARKAS, CS., GELYBÓ, GY., BAKACSI, ZS., HOREL, A., HAGYÓ, A., DOBOR, L., KÁSA, I. & TÓTH, E. 2014. Impact of expected climate change on soil water regime under different vegetation conditions. *Biologia*. **69**. 1510–1519.
- GAÁL, M., MORIONDO, M. & BINDI, M. 2012. Modelling the impact of climate change on the Hungarian wine regions using Random Forest. *Applied Ecology and Environmental Research*. **10**. (2). 121–140.
- GARCÍA-RUIZ, J. M. 2010. The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review. *Catena*. **81**. (1). 1–11.
- GELYBÓ, G., TÓTH, E., FARKAS, C., HOREL, Á., KÁSA, I. & BAKACSI, Z. 2018. Potential impacts of climate change on soil properties. *Agrokémia és Talajtan*. **67**. 121–141.
- HERNÁDI, H., FARKAS, C., MAKÓ, A. & MÁTÉ, F. 2009. Climate sensitivity of soil water regime of different Hungarian Chernozem soil subtypes. *Biologia*. **64**. (3). 496–501.
- HOREL, A., BAKACSI, ZS., DENCŐ, M., FARKAS, CS., GELYBÓ, GY., KÁSA, I., TÓTH, E., MOLNÁR, S. & KOÓS, S. 2017. Eső hatása a Csorsza-patak vízgyűjtőjének téli hidrológiai folyamataira. *Agrokémia és Talajtan*. **66**. 61–77.

- IPCC, 2007. Climate Change. Impacts, adaptation and vulnerability. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. & Hanson, C.E. (eds). Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge.
- JONES, G. V., WHITE, M. A., COOPER, O. R. & STROCHMANN, K. 2005. Climate change and global wine quality. *Climatic Change*. **73**. 319–343.
- LANYON, D. M., CASS, A. & HANSEN, D. 2004. The effect of soil properties on vine performance. CSIRO Land and Water Technical Report. **34**. (4). 2–14.
- LEREBoullet, A. L., BELTRANDO, G., BARDSLEY, D. K. & ROUVELLAC, E. 2014. The viticultural system and climate change: coping with long-term trends in temperature and rainfall in Roussillon, France. *Regional Environmental Change*. **14**. (5). 1951–1966.
- MSZ-08-0210:1977. A talaj szerves szén tartalmának meghatározása.
- MSZ-08-0205-78. MÉM Ágazati Szabvány 1979. A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálata, Budapest.
- MSZ-08-0206-2-78. MÉM Ágazati Szabvány 1979. A talaj egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálata. Laboratóriumi vizsgálatok (pH-érték, szódában kifejezett fenoltalein lúgosság, vízben oldható összes só, hidrolitos /y1-érték/ és kicserélődési aciditás /y2-érték/)
- NICHOLAS, K. A. & DURHAM, W. H. 2012. Farm-scale adaptation and vulnerability to environmental stresses: Insights from winegrowing in Northern California. *Global Environmental Change*. **22**. 483–494.
- PINCZÉS, Z. 1954. A tokaji Kopasz-hegy lösztakarója. *Földrajzi Értesítő*. **3**. 575–584.
- PROSDOCIMI, M., JORDÁN, A., TAROLLI, P., KEESSTRA, S., NOVARA, A. & CERDÀ, A. 2016. The immediate effectiveness of barley straw mulch in reducing soil erodibility and surface runoff generation in Mediterranean vineyards. *Science of The Total Environment*. **547**. 323–330.
- RAJKAI, K. 2004. A víz mennyisége, eloszlása és áramlása a talajban. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet. Budapest.
- RAMOS, M. C. & MARTINEZ-CASASNOVAS, J. A. 2006. Impact of land levelling on soil moisture and runoff variability in vineyards under different rainfall distributions in a Mediterranean climate and its influence on crop productivity. *Journal of Hydrology*. **321**. (1-4). 131–146.
- ROSE, D. A. 1996. The dynamics of soil water following single surface wettings. *European Journal of Soil Science*. **47**. 21–31.
- SÜMEGI, P. 2005. Loess and Upper Paleolithic environment in Hungary. Aurea Kiadó. Nagykovácsi.
- SZABÓ, J., JAKAB, G. & SZABÓ, B. 2015. Spatial and temporal heterogeneity of runoff and soil loss dynamics under simulated rainfall. *Hungarian Geographical Bulletin*. **64**. (1). 25–34.
- SZATMÁRI, G., LÁSZLÓ, P., TAKÁCS, K., SZABÓ, J., BAKACSI, ZS., KOÓS, S. & PÁSZTOR, L. 2018. Optimization of second-phase sampling for multivariate soil mapping purposes: Case study from a wine region, Hungary. *Geoderma*. 12 p. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.02.030>

- VÁRALLYAY, GY., SZÜCS L., RAJKAI K., ZILAHY P., MURÁNYI A. 1980. Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. *Agrokémia és Talajtan*. **29**. 77–112.
- VÁRALLYAY, GY. 2003. A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Egyetemi jegyzet. FVM Kiadványa, Budapest-Gödöllő.
- VÁRALLYAY, GY. 2013. A talajok vízgazdálkodása. *Magyar Tudomány*. **174**. (11). 1285–1292.
- VÁRALLYAY, GY. 2015. Soils, as the most important natural resources in Hungary (potentialities and constraints) - A review. *Agrokémia és Talajtan*. **64**. (2). 321–338.
- WANG, L., TETZLAFF, D. & SOULSBY, C. 2018. Modelling the effects of land cover and climate change on soil water partitioning in a boreal headwater catchment. *Journal of Hydrology*. **558**. 520–531.
- ZELENKA, T. & GYARMATI, P. 2012. Paleovolcanic reconstruction in the Tokaj Mountains. *Central European Geology*. **55**. (1). 49–84.
- ZSIGRAI, GY., BALLING, P. & ZSEMBELI, J. 2016. A lejtőmeredekség és a talajfelszín műveltségi állapotának hatása egy szőlőültetvény lösztalajának vízerózióval szembeni érzékenységre. *Szőlő-levél*. **6**. (1). 2–5.
- ZSIGRAI, GY. & KÁTAI, J. 2017. A szőlőültetvényekben végzett sorköztakarás rövidtávú hatása a talaj vízforgalmára, mikrobiológiai aktivitására és kémiai tulajdonságaira. *Szőlő-levél*. **7**. (3). 4–7.
- ZSIGRAI, GY. & PABLECZKI, B. 2018. A talajok vízgazdálkodása, szőlőtermesztési szerepe, a Tokaji Borvidék szőlőtermő talajainak nedvességtartalmi változásai a 2018. március-május időszakban. *Szőlő-levél*. **8**. (6). 6–9.

Effect of different terrain positions on soil moisture regime in a vineyard

¹*E. UJJ, ²G. LUKÁCSY, ¹S. MOLNÁR, ¹Á. HOREL, ¹G. GELYBÓ, ¹Z. BAKACSI

¹Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry, CAR HAS, Budapest

²Szent István University, Faculty of Horticultural Science, Budapest

Abstract

Climate change affects not only the annual amount of precipitation but also its spatial and temporal distribution and consequently the length of the period in which the soils can absorb water. Among agricultural lands, vineyards are especially exposed to possible adverse impacts of climate change.

Soil water management was studied on two sites under different terrain positions (south-southwest aspect slope and terrace) in a vineyard on Tokaj Nagy-Hill (*Figure 1*). Soil profiles were described and basic soil physical, chemical and hydrological parameters were determined (*Table 1*). Volumetric water content and temperatures (°C) were continuously monitored with E-Test TDR probes in every hour at five (slope)/six (terrace) soil depths. Precipitation was measured in every ten minutes. A compacted soil layer was exposed on the terrace at 45–80 cm, which determined the profile's moisture pattern during the observed period (*Figure 2*). On

the terrace, the barrier effect of this layer is conspicuous in the summer months, when the moisture content of the underlying layers was close to the wilting point (*Figure 3.*).

We studied the impact of individual rainfall events. In case of the terrace, 65–99% of the precipitation used to infiltrate in situ, while for the same rain events, this value was only 30–80% on the slope due to more intensive surface evaporation and surface runoff (*Table 2.*).

Comparing the stored water in the upper 120 cm of the profiles, its content of the terrace exceeded that of the slope with approx. 20% (*Figure 4.*). In the summer period, due to different intensity of drying, the divergency was the highest at the end of August (114 mm). During the winter-spring period, the maximum difference was 159 mm, caused by the different recharge pattern of profiles.

We examined the infiltration dynamics (*Figure 5.*). In the case of a saturated profile, the heavily compacted layer of the terrace prevented less moisture from reaching the deeper layers than expected (*Figure 6.*).

The two profiles were sensitive to different periods of winter-spring recharge of water resources. The terrace had practically reached its maximum water capacity in December, and kept it at lower fluctuations until the beginning of April. The slope profile was gradually filled up, its recharge continued from mid-December to the typically frosty January–February period, and at the beginning of April it was "roofed", reaching 30 mm from the stored water of the terrace. The discrepancy in the process of recharging shows that while the water supply of the terrace is not sensitive to the typically frosty February–March due to the early recharge, the recharge of the slope extends well into the potentially frosty period.

Keywords: vineyard, slope and terrace, soil water management

Tables and figures

Table 1. Physical, chemical and hydraulic soil properties at the two sites; n=3 (in case of bulk density n=6); (1) slope, (2) terrace, (3) soil layer depth (cm), (4) texture class, (5) organic matter (m/m%), (6)pH (H₂O), (7) volumetric water content, saturated (V/V%) (8) V/V% at field capacity, (9) V/V% at wilting point, (10) bulk density (g cm⁻³), (11) near-saturated hydraulic conductivity (matrix) (cm day⁻¹), (12) saturated hydraulic conductivity (cm day⁻¹).

Table 2. Changes in water storage in proportion to precipitation on the slope and on the terrace after six selected rains. The average soil temperature (T, °C) for each layer is also shown. The change in the moisture content of the layer is expressed as the ratio of field capacity, in brackets (ΔVKsz%). * moisture content is at least 95% of the field capacity; (1) precipitation date, (2) precipitation content (mm), (3) soil layer (cm), (4) infiltration rate (%), (5) slope, (6) terrace.

Figure 1. The location of the observation (terrace and slope) situates on the southern slope of the Tokaj Nagy-Hill. (1) terrace, (2) slope, (3) TDR probe, (4) rain gauge, (5) paved road.

Figure 2. Soil moisture content in each profile, on the slope a) and on the terrace b) in proportion to available water content (DV%). (1) depth (cm), (2) precipitation (mm), X axis: month (June 2017–May 2018).

Figure 3. Soil moisture content distribution in profiles, terrace a) and slope b) monthly averages. From left to the right: July 2017, September 2017, November 2017, January 2018, March 2018; (1) depth (cm), (2) soil moisture content (V/V%), (3) V/V% at wilting point, (4) soil moisture content (V/V%).

Figure 4. Total and available stored water content of the terrace and the slope in 120 cm depth, during the observation period (surface temperature below freezing point: 26 February–10 March 2018). (1) precipitation (mm), (2) stored water content (mm), (3) slope, total stored water content (0–120 cm), (4) terrace, total stored water content (0–120 cm), (5) slope, available stored water content (0–120 cm), (6) terrace, available stored water content (0–120 cm).

Figure 5. Distribution of water in different layers on slope a) and terrace b), after rain events 21–23. Sept. 2017. The figure shows the moisture content of each layer and the time since the beginning of the rain (hour); the depth intervals indicate the location of the moisture sensors within the layers. (1) soil moisture content (V/V%), (2) precipitation (mm), (3) time interval (hour).

Figure 6. Spreading of wetting front on a) slope and b) terrace, after rain event on 31th March 2018. Depth intervals indicate the location of moisture sensors within the layers. (1) soil moisture content increase (V/V%), (2) precipitation (mm), (3) time interval (hour).

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)
