

KÜLÖNBÖZŐ IDŐPONTBAN TÖRTÉNŐ MIKORRHIZAOLTÁS ÉS SZÁRAZSÁG STRESSZ HATÁSA FŰSZERPAPRIKA TERMÉSHOZAMÁRA

GIERCZIK Krisztián, SASVÁRI Zita, POSTA Katalin

Szent István Egyetem, Növényvédelmi Intézet, Mikrobiológiai és Környezet-toxicológiai Csoport,
2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
posta.katalin@mkk.szie.hu

Kulcsszavak: fűszerpaprika, mikorrhizaoltás, szárazság stressz

Összefoglalás: A mikorrhiza gombák oltóanyagként történő alkalmazásakor kedvező hatás jelentkezhet a növény környezeti stresszel (nehézfém, szárazság, só) szembeni ellenálló képességében, így használatuk jelentősen hozzájárulhat a termésátlag ingadozásának csökkentéséhez és a termésbiztonság növeléséhez. Munkánk célja volt, hogy a különböző időpontban történő arbuskuláris mikorrhiza oltás fűszerpaprika növekedésére és termésmennyiségére gyakorolt hatását megvizsgáljuk normál és szárazság stresszt előidéző csökkentett vízmennyiséggel történő kezeléskor. A mikorrhiza oltást két eltérő időpontban, a vetéssel egy időben (AM+Pre), illetve a palánták kiültetésénél történt (AM+Post). Hathetes korukig azonos vízmennyiséget biztosítottunk a vetéssel egyidőben, illetve kiültetéskor oltott palántáknak, majd ezt követően két részre osztottuk a növényeket és szárazság stressz hatást indukáltunk fele mennyiségű öntözővíz használatával.

A mikorrhiza gomba jelenlétére utaló gyökérkolonizáció mértékében jelentős eltérés volt megfigyelhető, az oltott növények gyökérkolonizációja szignifikánsan meghaladta az oltatlan növények esetében mért értékeket. Megfigyelhető még, hogy a „szárazság stressz” minden esetben növelte a gyökérkolonizáció mértékét, de csak az oltott növényeknél mutatott szignifikáns növekedést. Az eltérő időpontban kivitelezett mikorrhiza oltás eltérő mértékű változást indukált szárazság kialakításakor a termés mennyiségében. A vetéssel egyidőben oltott növényeknél közel kilencszeresére nőtt a fűszerpaprika mennyisége a kontroll és a kiültetésnél oltott (AM+Post) kezelésekhez képest. Természetesen ez a mennyiség még messze elmarad a normál vízellátottságú növények termés mennyiségéhez képest, azonban a gazdasági megfontolásokat is figyelembe véve, várható szárazság esetén célszerű az oltóanyag minél előbbi kijuttatása.

Bevezetés

A mikorrhiza gombák mikroszkópikus méretű talajban élő gombák, melyek a szárazföldi növények közel 90%-val képesek szimbiózisban élni. A növények gyökereit behálózó mikorrhiza gombák által képzett együttélési formát „gombagyökér”-nek is nevezzük. Ez a kapcsolat mindkét fél számára kedvező: a gombapartner a növénytől kész tápanyagokat kap, a növény pedig a gomba micélium-hálózatának segítségével képes a számára egyébként elérhetetlen tápanyag és víz felvételére. Legősibb és legerjedtebb típus az arbuskuláris endomikorrhiza (AM), mely kialakulása több mint négyszáz millió évre nyúlik vissza, és valószínűleg szerepet játszottak a szárazföldi növénynek térhódításában is. Ennek ellenére fajsámuk igen csekély, alig több mint kétszáz faj sorolható ide. Ezek is egy viszonylag szűk rendszertani csoportba a *Glomeromycetes* osztály négy rendjébe sorolhatóak, melyek közül a *Glomus*, *Scutellospora*, *Gigaspora* és *Acaulospora* nemzetségek a legismertebbek.

A mikorrhiza gombák előnyös hatással vannak a gazdanövény növekedésére, elsősorban a talaj foszfor és nitrogén felvételének fokozása révén (FITTER et al. 2011), valamint a növény só-, szárazság- és fém-tűrő-képességének a növekedésében, és a növényi betegségek és kórokozók (*Phytium*, *Phytophthora*, *Fusarium ssp.*) elleni védekezésében is szerepet játszanak (POZO és AZCÓN-AGUILAR 2007).

Mikorrhiza oltóanyag használatával bár nem minden területen szüntethető meg, de mérsékelhető a felhasznált műtrágya mennyisége. Ha figyelembe vesszük a műtrágya árának rohamos növekedését, illetve ha tudatosan csökkenteni szeretnénk a környezet kémiai terhelését, ajánlott a mikorrhiza oltóanyagok használata. Az oltóanyagban lévő gombák ugyanis képesek a korábban túlzott műtrágyázás hatásaként gyakran jelentkező szerves formában lévő foszforvegyületek mobilizálására is. A mikorrhiza gombák tápelem felvételében betöltött szerepéről már több eredmény is megjelent (HERNÁDI et al. 2012) az oltás időpontjára illetve az AM eredményességét befolyásoló szárazság stressz vizsgálatára vonatkozóan kevés információval rendelkezünk.

Az AM gombák szerepe a gazdanövények vízháztartásában direkt és indirekt hatásokkal is bebizonyítható. Az arbuszkuláris mikorrhizával oltott növények gyökere morfológiai és fiziológiai változásokon megy keresztül a kolonizációt követően, illetve a kiterjedt externális hifa hálózatnak köszönhetően felszívó felületük is jelentős mértékben megnő (KOTHARI et al. 1991). A micélium által közvetlenül felvett víz mennyisége a gazdanövény által felvett összes vízmennyiségnek több mint 10%-át is kiteheti. A mikorrhizával oltott növények vízhiánnyal szembeni nagyobb ellenálló képességben szerepet játszik, hogy az AM-oltás által biztosított előnyök sokkal jobban érvényre jutnak alacsonyabb talajnedvesség-tartalom mellett (NELSEN 1987, SÁNCHEZ-DÍAZ et al. 1990).

Az arbuszkuláris mikorrhizák indirekt hatásának tudható be, hogy az AM gomba hifái által képzett poliszacharid tartalmú glomalin fokozza a talaj aggregációját, ezáltal befolyásolja a talaj szerkezetét, szervesanyag tartalmát, és a talaj vízmegkötő és víztartó képességét is ((DAVIES et al. 1992, RILLING et al. 2002). DAVIES et al. (1992) paprikán (*Capsicum annuum* L.) végzett kísérletei alapján megállapították, hogy a mikorrhizált növények jobb vízellátásából következik a növények nagyobb szárazságtűrése.

Anyag és módszer

Kísérlet beállítása, növénynevelés

A vizsgálathoz használt fűszerpaprika palántákat (*Capsicum annuum* L. var. Longum cv. Kalocsai) a Szent István Egyetem Növényvédelmi Intézetének üvegházban neveltük fel. A paprika magokat 2011. április 18-án speciális kertészeti szubsztrátba (Klasmann TS3: 80% fehér tőzegmoha tőzeg és 20% fekete tőzegmoha tőzeg, lassan feltáródó NPK trágya (14:16:18 w/w/w), pH 6.0) vetettük, majd 6 hét növekedés után átültettük 200 cm³ ürtartalmú tenyészedenyekbe. Az átültetésig azonos öntözésben részesítettük a növényeket.

A mikorrhiza oltást két eltérő időpontban, a vetéssel egy időben (AM+Pre), illetve az átültetésnél 2011. május 31-én történt (AM+Post). A vetéssel egyidejűleg alkalmazott oltóanyag kihelyezésekor az ültető közegbe kevertük a kereskedelemben is kapható engedélyezett mikorrhiza oltóanyagot a gyártó útmutatásainak megfelelően. A palánták átültetésekor, a növények gyökeréhez palántánként 15 g Symbivit oltóanyagot adagoltunk. A Symbiom Ltd. (Lanskroun, Csehország; www.symbiom.cz) által gyártott oltóanyag hat mikorrhiza gomba törzset (*G. intraradices* BEG140, *G. mosseae* BEG95, *G. etunicatum* BEG92, *G. claroideum* BEG96, *G. microagregatum* BEG56, *G. geosporum* BEG199) tartalmazott gyökérdarabok, hifák és spórák formájában. Kontrollként mikorrhiza oltóanyagot nem tartalmazó közegben nevelt növényeket használtunk, kezelésként tíz-tíz növényt beállítva.

A vegetációs idő alatt hetente átlagosan egyszer, vízben oldott formában biztosítottuk a tápelemutánpótlást. A kezelések felében igény szerinti optimális öntözést (normál), a másik felében csökkentett mennyiségű vízpótlást (szárazság stressz) biztosítottunk. A paprika palántákat termésérésig szeptember 18-ig neveltük, és a termés betakarítása mellett a hajtás és gyökér nedves valamint száraz tömegének meghatározása történt. Kezelésenként 5–5 növényt a talajból gyökérrzel együtt kiemeltünk; majd alapos csapvizes mosás után a hajtásokat és gyökereket különválasztottuk, és nedves tömegüket megmértük. A növényi részeket 60°C-on súlyállandóságig (72 h) történő szárításuk után újra lemértük, a száraz tömeg meghatározása céljából.

Gyökérekolonizáció mértékének meghatározása

A növények gyökereinek alapos csapvizes mosása után minden egyes növény gyökérezéről reprezentatív mintaként 5 különböző (összesen 1,5 g nedves tömegnek megfelelő) gyökérrészt gyűjtöttünk, melyek festését tinta-ecetsavas módszerrel végeztük el (VIERHEILIG et al. 1998). A szimbiotikus kapcsolat erősségére utaló mikorrhizáltsági százalékok becslését sztereomikroszkóp segítségével, 100-szoros nagyítással végeztük el „gridline intersection” módszerrel (GIOVANNETTI és MOSSE 1980), négy ismétlésben.

Eredmények és megvitatásuk

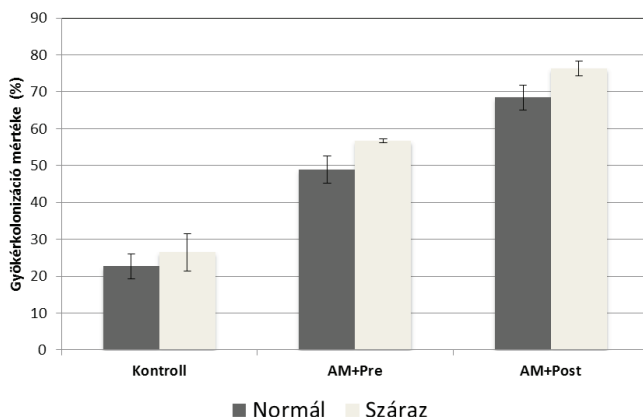
A mikorrhiza oltás termésnövekedésére gyakorolt hatásáról már több publikáció látott napvilágot (HERNÁDI et al. 2012, ALBRECTOVA et al. 2012). Az eltérő időpontban történő oltásokról, valamint a napjainkban egyre nagyobb gondot jelentő szárazság stressz jelenlétekor tapasztalható eredményekről azonban igen kevés információval rendelkezünk.

A mikorrhizaoltás eredményességét ugyanis több tényező befolyásolja, köztük az oltás időpontja is. Olthatunk a magvetéssel azonos időben(pre), illetve a palántanevelés után(poszt) a kiültetéskor. Ez utóbbinál több oltóanyagra van szükség, de néha csak ez a módszer lehetséges. Kísérletünkben megvizsgáltuk, hogy milyen hatással van a különböző időpontban történő arbuskuláris mikorrhizagomba oltás a fűszerpaprika fejlődésére normál vízellátottság, illetve szárazság stresszt okozó, csökkentett vízmennyiséggel történő kezelés esetén. Hathetes korukig azonos vízmennyiséget biztosítottunk a vetéssel egyidőben, illetve kiültetéskor oltott palántáknak, majd ezt követően két részre osztottuk a növényeket és szárazság stressz hatást indukáltunk fele mennyiségű öntözővíz használatával.

A mikorrhiza kapcsolat erősségére utaló gyökérekolonizáció mértékének meghatározására a gyökerek tinta-ecetsavas festést követő ún. „gridline intersection módszer” alkalmaztuk. Az 1. ábrán látható, hogy bár nem minden növényenél alkalmaztunk mikorrhiza oltást, minden kezelésnél kimutatható volt a szimbiotikus kapcsolatra jellemző gyökérekolonizáció. A kolonizáció mértékében azonban eltérés volt megfigyelhető, az oltott növényeknél a gyökérekolonizáció mértéke jóval meghaladta az oltatlan növények esetében mért értékeket (1. ábra). Az oltás nélküli kezelésnél (Kontroll) tapasztalt mikorrhiza jelenlét a közegben eredetileg is meglévő, illetve a légáramlat útján átjutó AM gomba spórákkal magyarázható.

Megfigyelhető még, hogy a „szárazság stressz” minden esetben növelte a gyökérekolonizáció mértékét, mely a szakirodalommal megegyezik, de csak az oltott növényeknél mutatott szignifikáns növekedést.

Az eltérő időpontban kivitelezett mikorrhiza oltás eltérő mértékű változást indukált szárazság kialakításakor a termés mennyiségében. Közel kilenceszeresére nőtt a fűszerpaprika mennyisége a kontroll és AM+Post kezelésekhez képest. Természetesen ez a mennyiség még messze elmarad a normál vízellátottságú növények termés mennyiségéhez képest, azonban a gazdasági megfontolásokat is figyelembe véve, várható szárazság esetén célszerű az oltóanyag minél előbbi kijuttatása.



1. ábra Szárazság-stressz és eltérő időpontban alkalmazott mikorrhiza oltások hatása a gyökérkolonizáció mértékére.

Jelölések: vetéssel egyidőben végzett mikorrhiza oltás (AM+Pre), kiültetéskor alkalmazott mikorrhiza oltás (AM+Post), mikorrhiza oltóanyag nélküli kezelés (Kontroll)

Figure 1. Effects of drought stress and mycorrhizal inoculation applied at different times on root colonization.

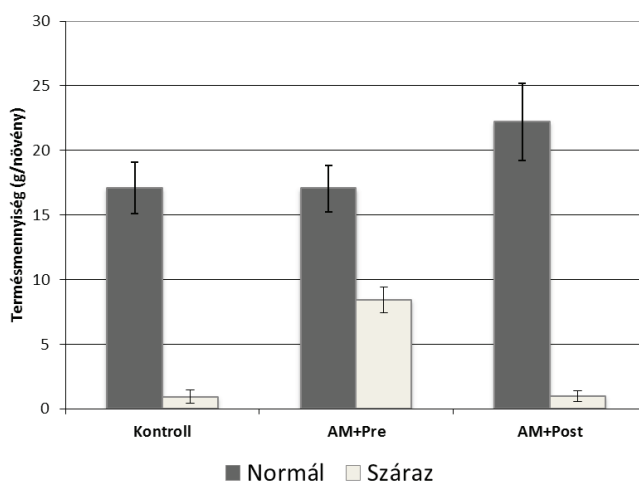
Kontroll: without inoculation, AM+Pre: AM inoculation together with sowing, AM+Post: AM inoculation after transplanting, black color(Normál): normal watering, white color (Szász): drought stress

Eredményeink alapján megállapítható, hogy normál vízellátottság biztosítása mellett célszerű a fűszerpaprikát palántakorban oltani, mivel az így kialakult termés mennyiségében jelentős különbségek voltak a kontroll és a vetéssel egyidőben oltott növények termésmennyiségei között (2. ábra). Szárazság stressz hatására azonban a csírákorban oltott növények mutattak más kezeléshez képest kimagasló termésmennyiségi eredményeket. A jelenség magyarázatához több adatra, információra lenne szükség, az azonban biztos, hogy a vetéssel együtt kijuttatott oltóanyag olyan adaptációs mechanizmust indít el szárazság esetén, mely már nem hozható be a palántakorban történő oltással.

Eredményeink alapján az is megállapítható, hogy a mikorrhiza oltásnak a termés mennyiségére és a növény növekedésére gyakorolt hatása nem feltétlenül azonos (1. táblázat).

Ismert még, hogy a mikorrhizaoltás hajtás és/vagy termésnövekedésre gyakorolt hatása nem minden körülmény között jelentkezik, a közeg foszfortartalmának jelentős befolyásoló hatása van. Foszforban gazdag talajban ugyanis nincs szükség a mikorrhiza tápelemfelvételt elősegítő hatására, mivel a növény nem szenved hiányt, ezért általában nem is tapasztalható a mikorrhiza gombák növényi növekedést serkentő hatása. Ez azt jelentené, hogy intenzív, gazdag tápelem utánpótlást biztosító paprika termesztésénél

nincs is értelme mikorrhiza oltásnak? Mikorrhiza oltóanyag használatával bár nem szüntethető meg, de mérsékelhető a felhasznált műtrágya mennyisége, mivel a mikorrhiza gomba növeli a növény számára a foszfor és néhány más elem felvételét valamint a túlzott műtrágyázás hatásaként gyakran jelentkező szerves formában lévő foszforvegyületek mobilizálását is. Mindemellett számos irodalmi utalás van arra vonatkozóan is, hogy az oltás megnöveli a gazdasági szempontból is igen fontos beltartalmi (cukor, fehérje, antioxidáns) értékeket. Saját eredményeink közül csak arbuszkuláris mikorrhiza gombával oltott hagyma C-vitamin, és antioxidáns tartalmának növekedéséről tudunk beszámolni (ALBRECHTOVA et al. 2012), de egyre nő az igény az ilyen jellegű információk bővítésére, mely egészséges táplálkozási szokásunk megerősödése miatt újabb értéket jelent. Mindemellett eredményeink bizonyítják, hogy jó foszforellátottságú talajban is jelentkezhet olyan állapot (szárazság), mely a mikorrhizával oltott növények előnyt biztosít. Ezért minden felhasználónak az a legfontosabb, hogy a saját lehetőségeket, termesztési technológiát figyelembe véve válassza ki a megfelelő oltóanyagot és az oltási időpontot, mely valóban elvezethet a környezetet kímélő módszer kisebb vegyszer és/vagy víz felhasználásához, az évenkénti termésátlag ingadozásának csökkentéséhez és a terméshozadék növeléséhez.



2. ábra Szárazság-stressz és eltérő időpontban alkalmazott mikorrhiza oltások hatása a termés mennyiségére. Jelölések: vetéssel egyidőben végzett mikorrhiza oltás (AM+Pre), kiültetéskor alkalmazott mikorrhiza oltás (AM+Post), mikorrhiza oltóanyag nélküli kezelés (Kontroll)

Figure 2. Effects of drought stress and mycorrhizal inoculation applied at different times on yield quantity. Kontroll: without inoculation, AM+Pre: AM inoculation together with sowing, AM+Post: AM inoculation after transplanting, black color(Normál): normal watering, white color(Szárás): drought stress

1. táblázat Szárazság-stressz és eltérő időpontban alkalmazott mikorrhiza oltások hatása a paprika növekedésére.

Jelölések: vetéssel egyidőben végzett mikorrhiza oltás (AM+Pre), kiültetéskor alkalmazott mikorrhiza oltás (AM+Post), mikorrhiza oltóanyag nélküli kezelés (Kontroll)

Table 1. Effects of drought stress and mycorrhizal inoculation applied at different times on shoot and root growth of pepper.

Kontroll: without inoculation, AM+Pre: AM inoculation together with sowing, AM+Post: AM inoculation after transplanting, W+: normal watering, W-: drought stress

Kezelések	Nedves tömeg [g növény ⁻¹]		Száras tömeg [g növény ⁻¹]	
	Gyökér	Hajtás	Gyökér	Hajtás
Kontroll W+	5,50±1,34	35,70±9,34	1,20±0,24	11,98±2,10
Kontroll W-	2,34±0,85	22,11±5,35	0,48±0,17	7,44±0,98
AM+Pre W+	6,46±1,52	40,37±7,23	1,25±0,67	12,96±2,15
AM+Pre W-	4,09±0,83	28,38±5,76	0,79±0,35	10,37±1,55
AM+Post W+	4,52±0,93	39,09±5,10	0,63±0,25	12,38±2,18
AM+Post W-	3,66±0,75	23,86±6,45	0,57±0,14	8,63±1,15

Köszönetnyilvánítás

„A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg”.
TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0003

Irodalom

- ALBRECHTOVA J., LATR A., NEDOROST L., POKLUDA R., POSTA K., VOSATKA M. 2012: Dual inoculation with mycorrhizal and saprotrophic fungi applicable in sustainable cultivation improves the yield and nutritive value of onion. *The Scientific World Journal* 2012: 374–391.
- GIOVANNETTI M., MOSSE B. 1980: An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84(3): 489–500.
- FITTER A.H., HELGASON T., HODGE A. 2011: Nutritional exchanges in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: implications for sustainable agriculture. *Fungal Biology Reviews* 25: 68–72.
- HERNÁDI L., SASVÁRI Z., ALBRECHTOVÁ J., VOSÁTKA M., POSTA K. 2012: Arbuscular mycorrhizal inoculant increases yield of spice pepper and affects the indigenous fungal community in the field. *Hortscience* 47: 603–606.
- DAVIES J., PATTER F. T., LINDERMANN, R. G. 1992: Mycorrhiza and repeated drought exposure affect drought resistance and extraradical hyphae development of pepper plants independent of plant size and nutrient content. *Plant Physiology* pp. 289–294.
- KOTHARI S. K., MARSCHNER H., RÖMHELD V. 1991: Contribution of the VA mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in calcareous soil. *Plant and Soil* 131: 177–185.
- NELSEN C. H. E. 1987: The water relations of vesicular-arbuscular mycorrhizal systems. In: Safri, G.R. (ed.): *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants*. Boca Raton: CRC Press, pp. 71–91.
- SÁNCHEZ-DÍAZ M., PARDO M., ANTOÍN M., PENA J., AGUIRREOLEA J. 1990: Effect of water stress on photosynthetic activity in the Medicago-Rhizobium-Glomus symbiosis. *Plant Science* 71: 215–221.
- POZO M.J., AZCÓN-AGUILAR C. 2007: Unravelling mycorrhiza-induced resistance. *Current Opinion in Plant Biology* 10: 393–398.
- RILLIG M. C., WRIGHT S.F., EVINER V. T. 2002: The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. *Plant and Soil* 238(2): 325–333.
- VIERHEILIG H., COUGHLAN A. P., WYSS U., PICHE Y. 1998: Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. *Applied and Environmental Microbiology* 64(12): 5004–5007.

EFFECTS OF PRE AND POST INOCULATION BY MYCORRHIZAL FUNGI ON GROWTH AND PRODUCTION OF SPICE PEPPER

K. GIERCZIK, Z. SASVÁRI, K. POSTA

Szent István University, Plant Protection Institute, Microbiology and Environmental Toxicology Group,
H-2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.
posta.katalin@mkk.szie.hu

Keywords: pepper, arbuscular mycorrhizal inoculant, drought stress

Changes in water relations and increased mineral uptake have been reported by several authors, however, most experimental work on arbuscular mycorrhizal (AM) inoculation is carried out under optimum conditions. In our study effects of commercial inoculum mix of *Glomus* spp. were tested under normal(W+) and dry(W-) conditions. Mycorrhizal inoculum was applied together with sowing (AM+Pre), after transplanting (AM+Post) or plants were left without inoculation (Control) at good phosphorus supply.

Mycorrhizal inoculation and drought stress increased the level of root colonization in general and the highest level detected in AM+Post treated plants under dry condition. Having root colonization in the control, non-inoculated treatment indicated the low presence of AM fungi in the substrate.

Mycorrhizae treated plants showed differences in pepper production under normal and dry condition compared control plants. Under normal water condition mycorrhizal inoculation had significant effect on yield quantity only by post-inoculated plants compared to Control plants. Interestingly, drought stress enhanced the production in pre-inoculated plants, where more than nine times more pepper was harvested compared with the non-treated control or post-inoculated plants.

However, AM fungi may increase drought resistance by several mechanisms, including increased water uptake by external hyphae, modified nutrient (mostly phosphorus content) of the target plant and by altered hormonal balance, further research is needed to specify the effects of mycorrhizal fungi on crop production under normal and wet conditions.

Research was supported by the TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0003.

