

## Műanyagok alacsony hőmérsékleten végzett termolízise eredményeképpen kapott maradék talajba keverhetőségét megalapozó vizsgálatok

*Tolner László<sup>1</sup>\*, Simándi Péter<sup>2</sup>, Rácz Istvánné<sup>2</sup>, Otta Endre<sup>2</sup> és Czinkota Imre<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Talajtani és Agrokémiai Tanszék, 2103 Páter Károly utca 1. Gödöllő, Hungary.

E-mail: [tolner.laszlo@gmail.com](mailto:tolner.laszlo@gmail.com)

<sup>2</sup>SZIE, Gazdasági, Agrár- és Egészségtudományi Kar, Békéscsaba

### Összefoglalás

A műanyagok alacsony hőmérsékletű (300–350 °C) termolízise során a bomlás és szénülés folyamatai mellett előtérbe kerülnek a fizikai és egyszerű kémiai változások is. A fizikai változás az olvadás, az illékony komponensek (monomerek, lágyítószer) gázhalmazállapotban történő távozása. A kémia bomlás során monomerek szabadulhatnak fel, amelyek részben gázhalmazállapotban eltávoznak. A kevésbé bomlékony és illékony monomerek, pl. a PET esetén a tereftálsav, a szilárd maradékban feldúsulhatnak.

Vizsgálataink során különböző alapanyagok kis mennyiségű mintáját a levegőtől elzárta, vízgőz atmoszférában programozott körülmények között hevítettük, a keletkező maradékokat különböző polaritású oldószerekben (víz, metanol és benzin) oldva felvettük az elnyelési spektrumokat 200–800 nm tartományban. A vizsgálatok során kapott jellemzők alapján előre jelezhetőek a talajba kevert műanyag-lebontási maradékok későbbi átalakulási lehetőségei.

### Summary

During the thermolysis of the plastics at low temperature (300–350 °C) the physical and simple chemical changes become important beside the decomposition and carbonization processes. The physical change is the melting, when volatile components (monomers, emollients) enter into gaseous phase. During chemical decomposition, monomers can be released, which can partly leave in a gaseous phase. The less decomposable and volatile monomers (eg. in case of PET, the terephthalic acid) may enrich in the solid residue. During our experiments, we heated the small samples of different materials in steam atmosphere, isolated from air, under programmed circumstances. The produced residues were solved in solvents with different polarity (water, methanol and gasoline), and the absorbance spectra were detected in 200–800 nm range. Based on the parameters obtained during the experiments, the future transformation possibilities of the residues that remained after the decomposition of plastics that were mixed into the soil can be detected.

## Bevezetés

A poliaddícióval készült polimerek (pl.: PE, PP, PS, PVC) hulladéka és vegyes műanyag hulladékok ártalmatlanítására gyakran használnak pirolízist, illetve elgázosítást (MAHARANA et al., 2007; SCHEIRS & KAMINSKY, 2006).

A műanyagok alacsony hőmérsékletű termolízise során a bomlás és szénülés folyamatai mellett előtérbe kerülnek a fizikai és egyszerű kémiai változások is. A fizikai változás pl. az olvadás, illetve az illékony komponensek (monomerek, lágyítószerke) gáz halmazállapotban történő távozása. A kémia bomlás során monomerek szabadulhatnak fel, amelyek részben gáz halmazállapotban távoznak el. A kevésbé bomlékony és illékony monomerek, pl. a PET (polietilén-tereftalát) esetén a tereftálsav, a szilárd maradékban feldúsulhatnak (BRUCKNER, 1977).

Korábbi vizsgálataink során különböző alapanyagok kis mennyiségű mintáját levegőtől elzártan, vízgőz atmoszférában, programozott körülmények között hevítettük és a keletkező maradékokat különböző polaritású oldószerekben (víz, metanol és benzin) oldva felvettük az elnyelési spektrumokat 200–800 nm tartományban (VÁGÓ et al., 2013).

A biológiai eredetű anyagok pirolízise során keletkező szilárd maradékot (biochar) gyakran használják talajkondicionáló szerként. A talaj termékenységére és a növényekre gyakorolt pozitív hatások feltárására intenzív kutatások folynak (pl. ATKINSON et al., 2010; SCHULZ & GLASER, 2012).

A pirolízis-maradék egy része vízben oldódik. A vizes kivonatban különböző szerves molekulák is jelen vannak. Hulladékok pirolízise során az alapanyagtól függően különböző veszélyes anyagok maradhatnak vissza. Ezek az általunk vizsgált gumi pirolízis-maradékokban jellemzően toxikus nehézfémek és kénvegyületek lehetnek. A gumi töltőanyagaként jellemzően használt cinkoxid cinktartalma – mint esszenciális mikroelem – pozitív hatással lehet a növények fejlődésére.

## Vizsgálati anyag és módszer

A következő műanyagokból származó szilárd pirolízis-maradékok oldószeres (víz, metanol, benzin) kivonatainak UV spektrumait vizsgáltuk:

- Ultramid Nylon 6,10 -NH(CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>NH-O(CH<sub>2</sub>)<sub>8</sub>CO-
- Poliram Poliamid
- PET Polietilén tereftalát
- Gumi Poli-izoprén
- Cellulóz Polikondenzált cukor -C<sub>6</sub>H<sub>11</sub>O<sub>5</sub>-
- ABS Akrlitril-Butadién-Stirol kopolimer

A gumi pirolízis-maradék növényekre való hatását tanulmányoztuk. A gumi pirolízis-maradék legaktívabb részét forró vízzel kioldottuk. A kivonat hatását vizsgáltuk fehér mustár csíranövények fejlődésére kétféle koncentrációban (100% és 10%). A csíranövényeket nedves vattán neveltük (NOOMAN & FÜLEKY, 1992; FÜLEKY & BARNA, 2008). Ez a módszer a hidropónia (ROY & BHADRA, 2014) egy változatának is tekinthető.

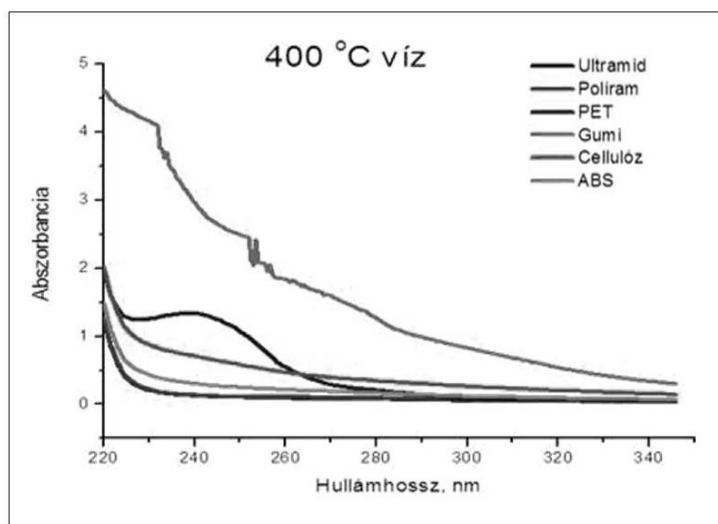
A csíranövények fejlődési ütemét napi bontásban is vizsgáltuk. A fejlődés követésére optikai eljárást alkalmaztunk. Ez azt jelenti, hogy a növényekről naponta készített fényképfelvételek elektronikus értékelésével jellemeztük a növények fejlődését.

Az értékeléshez Microsoft Office Excel Makróban készített varianciaanalízis programot használtunk. A program SVÁB (1981) algoritmusára alapján készült, több publikációban is eredményesen használták (KÁTAI et al., 2013; KOVÁCS et al., 2013; SZABÓ et al., 2013).

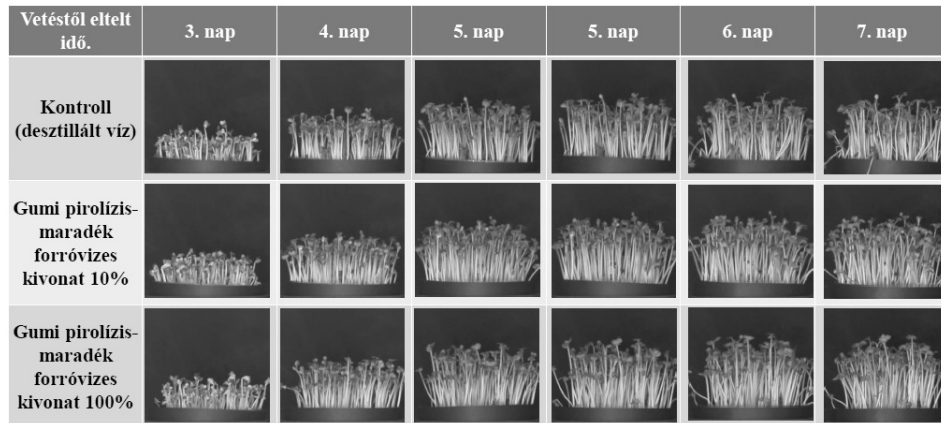
### Vizsgálati eredmények

A vizes kivonatok UV spektrumait megvizsgálva látható, hogy a legnagyobb mértékű vízoldható szerves anyag a gumi és a PET pirolízis-maradék esetében jelentkezik (1. ábra).

A csíranövények fejlődését naponta készített fényképfelvételekkel követtük (2. ábra).



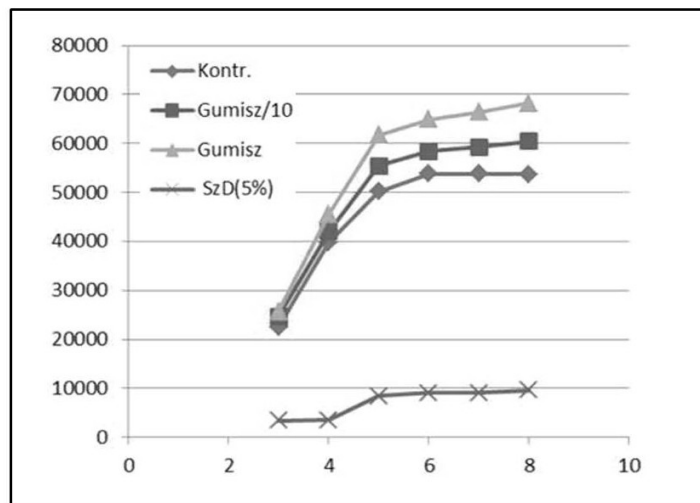
1. ábra. A különböző pirolízis-maradékok vizes kivonatainak UV spektrumai



2. ábra. Naponta készített fényképfelvételek a fehér mustár csiranövények fejlődéséről

### Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

A fehér mustár csiranövények fejlődése és az eltérő fejlődési ütem a 3. ábrán szemmel is látható. A fényképfelvételek kiértékelésével meghatároztuk a növények által kitakart pixelek számát. A négy ismétlés felhasználásával napi bontásban variancia-analíziseket végeztünk. Az átlagokat és az SzD(5%) értékeket az idő függvényében a 3. ábrán mutatjuk be.



3. ábra. A különböző kezelést kapó fehér mustár csiranövények fejlődése (pixel) a vetéstől eltelt idő (nap) függvényében

Műanyagok alacsony hőmérsékleten végzett termolízise eredményeképpen kapott maradék talajba keverhetőségét megalapozó vizsgálatok **361**

A 3. ábrán az alsó görbe az SzD(5%) értékek idő szerinti alakulását mutatja. Az ábráról leolvasható, hogy a 100% gumi pirolízis-maradék forróvízes kivonat szignifikánsan pozitív hatású volt a desztillált vizes kontrollhoz képest, a negyedik naptól kezdve. A jelenség oka valószínűleg a gumi pirolízis-maradék növényi tápelem-tartalmában (kén, magnézium) kereshető.

Jelenleg a mezőgazdasági gyakorlatban nem engedélyezett a gumi pirolízis-maradék felhasználása. Fontos pirolízis-maradékok növényekre való hatását minél sokoldalúbban vizsgálni, mert hulladéklerakás csökkentése nyomán a jövőben várható a termikus hulladékkezelés előtérbe kerülése. Ezért a várhatóan egyre nagyobb mértékben keletkező pirolízis-maradékok elhelyezési és hasznosítási lehetőségeinek kutatása a jelen és a közeljövő fontos feladata.

### **Köszönetnyilvánítás**

A kutatást támogatta a Magyar Kormány és az Európai Unió a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0015 projekt keretében.

### **Irodalomjegyzék**

- ATKINSON, C. J., FITZGERALD, J. D. & HIPPS, N. A., 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant Soil*. **33**. 1–18.
- BRUCKNER GY., 1977. Szerves kémia II-1. kötet. Tankönyvkiadó, Budapest.
- FÜLEKY, GY. & BARNÁ, SZ., 2008. Biotesting of heavy metal pollution in the soil. *Carpth. J. of Earth and Environmental Sciences*. **3**. (2) 93–102.
- KÁTAI, J., VÁGÓ, I., BORBÉLY, M., KONG, Y. H. & INUBUSHI, K., 2013. Correlation between mineral nutrients and enzyme activities in Hungarian and Japanese soils. XII. Alps-Adria Scientific Workshop Opatija, Croatia. *Növénytermelés*. **62**. Suppl. 249–252.
- KOVÁCS, ZS., TÁLLAI, M. & KÁTAI, J., 2013. Examination on the effect of lead and copper heavy metal salts on soil microorganisms under laboratory circumstances. XII. Alps-Adria Scientific Workshop Opatija, Croatia. *Növénytermelés*. **62**. Suppl. 261–264.
- MAHARANA, T., S. NEGI, Y. S. & MOHANTY, B., 2007. Recycling of polystyrene. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*. **46**. 729–736.
- NOOMAN, H. J. & FÜLEKY GY., Biotesting of soil fertility and fertilizer response. 1991/1992. *Bulletin Univ. Agric. Gödöllő*. 17–30.
- ROY, B. & BHADRA, S., 2014. Hydroponic Screening for Selection of Aluminium Tolerant Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes at Seedlings Stage Using Different Indices. *Cereal Research Communications* **42**. 463–473.
- SCHEIRS, J. & KAMINSKY, W., 2006. Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics: Converting Waste Plastics. Diesel or Other Fuels. John Wiley & Sons Ltd. New York.

- SCHULZ, H. & GLASER, B., 2012. Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* **175**. 410–422.
- SVÁB J., 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- SZABÓ A., BALLA-KOVÁCS A., KREMPER R., KINCSES S-NÉ. & VÁGÓ I., 2013. A tápközeg és az angolperje (*Lolium perenne* L.) jelzőnövény P- és K- tartalmának alakulása különböző komposztdózisok alkalmazásakor. Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában. Talajtani vándorgyűlés, Miskolc, 2012. Talajvédelem (Különszám). 459–468.
- VÁGÓ, I., CZINKOTA, I., SIMÁNDI, P., RÁ CZ, I. & TOLNER, L., 2013. Analysis of Pyrolysis Residues' UV-VIS Spectrums. International Symposia "Risk Factors for Environment and Food Safety" & "Natural Resources and Sustainable Development". November 8–9, 2013, Oradea. Anale Universitatii din Oradea, Fascicula Protectia Mediului. **21**. 765–773.