

## Műanyagfóliák a mezőgazdaságban

A műanyagfóliák egyik fontos alkalmazási területe a mezőgazdaság, ahol a legnagyobb mennyiséget a növénytermesztésben fóliasátrakként és talajtakarásra használják. Mindkét alkalmazásnál fontos az optikai és a termikus tulajdonságok optimalizálása, valamint a fénystabilitás. A vízzel szembeni viselkedést felületaktív anyagokkal szabályozzák. Újabban egyre több fejlesztés irányul a fóliák fenntarthatóságára, főleg a használat utáni lebonthatóságra, és a talaj szennyezésének megakadályozására.

*Tárgyszavak: mezőgazdasági fólia, üvegház fólia, mulcsfólia, optikai tulajdonságok, UV és NIR sugárzás, fluoreszcencia, biológiai lebonthatóság*

### A műanyagfóliák alkalmazási területei, piacok

A műanyagfóliák mezőgazdasági alkalmazása 1948-ra megy vissza, amikor egy bizonyos Emmert professzor anyagiak hiányában üvegház helyett faszerkezetre feszített cellulózacetát fóliával készített „üvegházat”. A fóliát később polietilénfóliára cserélte. A korai ötvenes években a talajtakarásra használt fóliák elterjedése vezetett a mezőgazdaságban a műanyagok nagyarányú alkalmazására. Azóta a műanyagfóliák segítségével természetlen sivatagi területeken modern mezőgazdaságot valósítottak meg. Ennek egy jellemző példája a dél-spanyolországi Almeria tartomány, amelyben az egykori sivatagok területét fóliaházak népesítik be.

A **fóliaházakat** és a magas, bejárható **fóliasátrakat** alkotó fóliák jelentik a legnagyobb mennyiséget, mintegy 1 millió tonnát. Ezeket gyakran nevezik üvegház (greenhouse) fóliának, hiszen a fóliaházak és sátrak az üvegházakat szorították ki. Erre a célra általában 80–220 µm vastag és akár 20 m széles fóliákat használnak. A fólia lehet egy- és háromrétegű, az adott ország technológiai fejlettségétől függően. A piac 80%-át az LDPE, az EVA (etilén-vinilacetát) és az EBA (etilén-butilakrilát kopolimer) adja. Ezen felül Japánban használnak lágyított PVC fóliát, más országokban LLDPE fóliát is. A fóliaházakhoz és sátrakhoz használt fóliák természetesen nagyot fejlődtek a múlt század közepe óta. Manapság élettartamuk 6–45 hónap között lehet, az alkalmazás földrajzi helyzetétől, a fólia fénystabilitásától, és még néhány egyéb tényezőtől függően. A fóliák minőségét az EN 13206:2001 számú szabvány határozza meg. Ez megadja az élettartam, a méretek, a mechanikai és optikai tulajdonságok, valamint az IR sugárzás áteresztésének vizsgálati módszereit, de nem foglalja közre a fólián belül képződő vízgőz okozta jelenségekkel, a cseppek és a köd képződésével, vagy a használt növényvédő szerek hatásával.

A fóliaházak és sátrak két földrajzi régióban koncentrálnak: Távol-Keleten (Kína, Japán és Korea) és a Földközi tenger vidékén. Az előbbi adja a fólia alatti területek 80, az utóbbi a 15%-át. Az utóbbi évtizedben a fóliás termelés területe átlagosan 20%-kal nőtt évente. A legnagyobb növekedés Kínában volt: az 1981-es 4200 hektárról 2002-re 1 250 000 hektárra nőtt (+30%/év). Legkisebb a növekedés Európában és Észak-Amerikában.

A magas fóliasátraktól megkülönböztetik az ún. **kis alagutakat (small tunnels)**, amelyek 1 m magasak és szélesek. Ezekhez 80 µm -nél vékonyabb fóliát használnak, élettartamuk általában 6–8 hónap. Ezekhez első sorban az EVA-t vagy EBA kopolimert használnak, mivel ezek átlátszóak és jó a hőszigetelő képességük. Ezen a területen is Kínában volt a legnagyobb növekedés. Ez a felhasználás jóval kisebb mennyiségeket jelent, és szerepe csökkenő.

A második legnagyobb szegmens a **talajtakarás (mulcsozás)**. A talaj takarását a növények fejlődésének kezdeti szakaszában alkalmazzák. Elsődleges célja a talaj hőmérsékletének és nedvességtartamának

egyenletesen tartása, valamint a talajerózió megakadályozása. A mulcsfólia lehet színtelen, vagy pigmentált. A fekete fólia előnye, hogy minimalizálja a gyomok növekedését, a fehér és az alumíniummal bevont fóliák visszaverik a fényt a növény alsó részére. Egyes színekkel speciális hatások érhetők el, pl. bizonyos rovarok távol tartása, vagy éppen vonzása. A mulcsfóliák vastagsága 12–80 µm. Szélességük 3 m is lehet. Ezeket a fóliákat általában 2–4 hónapos élettartamra tervezik.

Az extenzív gazdálkodásban, pl. a gabona és a pamut termesztésében az LLDPE fóliát használják, mivel ez a fólia kis vastagságoknál is jó mechanikai tulajdonságokat mutat. Igényesebb növényeknél, pl. eper vagy spárga, EVA vagy EBA kopolimer alapú fóliát használnak. A mulcs fólia EU szabványa az EN 13655:2002. A világon felhasznált mulcs fólia mennyiségét 700 000 tonnára becsülik. Mennyiségileg itt is Kína az első.

A fenti nagy mennyiségeket jelentő alkalmazások mellett további területek, ahol műanyagfóliát használnak: talajfertőtlenítés napenergiával (szolarizációval) vagy vegyi úton, különböző csövek, zsákok, takaró fóliák stb.

### Az „üvegház” fóliák legfontosabb tulajdonságai

A fóliaházakat 6–45 hónap **élettartamra** tervezik. Az élettartamot mind a fólia tulajdonságai, mind pedig a környezeti viszonyok befolyásolják. A fólia legfontosabb tulajdonságai az élettartam szempontjából:

- a polimer típusa (LDPE, EVA, EBA, LLDPE, vagy más),
- a fólia szerkezete (egy- vagy többrétegű),
- UV stabilizátorok típusa és mennyisége,
- egyéb adalékok (ásványi töltő anyagok, pigmentek),
- a fólia vastagsága,
- a fólia gyártástechnológiája.

A fóliaházak **tartósságát** befolyásoló legfontosabb tulajdonságok:

- a keretet alkotó anyag (galvanizált fém, fa, vagy más),,
- a fóliaház, illetve sátor kialakítása (magasság, szellőztetés, a fólia rögzítése stb.)
- földrajzi és meteorológiai paraméterek (napsugárzás, hőmérséklet, csapadék stb.),
- az alkalmazott vegyi anyagok (típus, összetétel, az alkalmazás gyakorisága és módja).

A fóliaházak „működése” szempontjából rendkívül fontosak az **optikai tulajdonságok**, beleértve a nagyobb hullámhosszúságú sugárzás áteresztését is. A növényeknél a fotoszintézishez a 400 és 700 nm közötti fénysugárzás áteresztése alapkövetelmény. Mindazonáltal az erős közvetlen fény már károsíthatja a növényeket, főleg a felső leveleket. Ezért a nagyon napfényes, pl. a mediterrán régiókban, homályosabb fóliákat alkalmaznak, amelynél nagyobb a fény szóródása. A homályosságot ásványi töltő anyagokkal vagy fehér pigmenttel érik el. Ez persze valamennyire csökkenti a teljes fényáteresztést.

Nagyon fontos tulajdonság az **IR sugárzással szembeni viselkedés** is, mivel ez a hőszigetelést befolyásolja. A legjobb hővisszatartást az ún. *termikus* fóliával lehet elérni, amelyek nem eresztik át a 700 és 1400 nm közötti IR sugárzást, vagyis a hősugarakat. A termikus fóliák képesek csökkenteni a fagy kockázatát is a fűtetlen fóliaházakban. Fűtött sátrakban pedig csökkentik az energiafelhasználást. Az IR sugárzás visszatartását kétféle módon oldják meg az LDPE fóliáknál. Az egyik lehetőség az ásványi adalékok, használata. Ezek lehetnek szintetikus vagy természetes szilikátok, pl. talkum, csillám, kaolin, különböző karbonátok, szulfátok, hidroxidok, továbbá hidrokarbonátok (hidrotalcitok), hidroxiszulfátok (alunitok) stb. Megoldás lehet IR abszorbens kopolimerek (EVA és EBA – etilén-vinilacetát, illetve akrilát) bekeverése.

Az üveggel szemben a műanyagfóliák **vízszító tulajdonságúak**. Ennek következtében a fóliákon vízcseppek gyűlhetnek össze, és ezek lecsapoghatnak a növényekre. A fóliákra nem-ionos felületaktív anyagot visznek fel, amelyek a nedvesség kicsapódását megváltoztatják: cseppek helyett film formájában jelenik meg a víz a fólián. Ez az ún. *antidripping* és *antifog* (csepegés és köd elleni) hatás általában nagyjából két szezonon keresztül tart, mivel a lecsapódó víz kioldja a felületaktív adalékot.

## Új fejlesztések a mezőgazdasági fóliák területén

Bizonyos betegségek és fertőzések ellen adnak védelmet az **UV sugárzást blokkoló fóliák**. Vannak ugyanis fotoszenzitív gombák, amelyek szaporodásához UV sugárzásra van szükség. Hasonlóan bizonyos vírusok bekerülését a fóliasátrakba olyan rovarok segítik, amelyek UV érzékeny receptorokkal rendelkeznek. Az UV sugárzás kirekesztése esetén vagy egyáltalán nem repülnek be a növények közé, vagy lényegesen kisebb mozgékonytságot mutatnak. A poliiolefinnek eredendően áteresztik a 300–350 nm hullámhosszúságú UV sugarakat, de viszonylag egyszerűen megoldható az UV sugárzás távoltartása megfelelő UV-abszorberekkel, amelyeket széleskörűen használnak a műanyagok stabilizálására. Azonban számolni kell ezen adalékok migrációjával. Ennek következtében a standard fóliák – amelyek UV áteresztése általában 5% – egy év után már elvesztik UV blokkoló tulajdonságukat. Ma már azonban kaphatók kifejezetten UV blokkoló antipest (betegségek ellen védő) fóliák, amelyek ezt a tulajdonságukat három szezonon keresztül is megőrzik. A migráció mellett figyelembe kell venni azt is, hogy a természetnél használt peszticidek reakcióba lépnek a HALS stabilizátorokkal a fólia gyors tönkremenetelét okozva.

A trópusi és szubtrópusi régiókban nagyon fontos a túlmelegedés elkerülése. Ennek érdekében a nap-sugárzásból főleg a közeli IR sugárzás (700–3000 nm) behatolását kell megakadályozni. A **közeli IR (NIR) sugárzást szelektíven blokkoló fóliák** előállítására olyan pigmenteket használnak, amelyek vagy visszaverik, vagy elnyelik a NIR sugárzást. Az eddig elért eredmények azonban nem kielégítőek, a módosított fóliák ára túl magas az elérhető hatáshoz képest, ezért a kutatás tovább folyik a jobb ár/érték arány elérésére.

A növények fejlődése, az alak, a szín és a virágzás is függ a fény spektrális összetételétől. Ennek optimalizálására **fluoreszkáló fóliát** fejlesztettek ki. Ezekben fluoreszcens pigmentek biztosítják az UV sugárzás eltolását a kék vagy a vörös felé. Ezek a módosított fóliák szintelenek, míg a zöld színt a vörösbe eltoló pigmentekkel narancsvörös színű lesz a fólia. A piacon kapható fluoreszcens fóliák egyelőre inkább kísérleti termékek, használatuk még nem széleskörű.

Fontos fejlesztési feladat a **termikus fóliák továbbfejlesztése**. A közelmúltban új ásványi töltőanyagokat fejlesztettek, amelyek a magas feldolgozási hőmérsékleteken sem degradálódnak, nem csökkentik a fény áteresztését, és igény szerint szabályozzák a homályosságot. Ennek eredményeképpen nagyobb mennyiségű ásványi adalék használható, ami jobb hővisszatartást mutató ún. ultratermikus (UT) fóliák gyártását teszi lehetővé.

A spanyol **Aimplas** kutatóintézetben **aktív anyagot – műtrágyát, vagy növényvédő szert** – tartalmazó fóliát fejlesztett ki. Például egy mulcs fóliához 0,3% gombaellenes szert adagoltak, és ezt összehasonlították egy adalékos nem tartalmazó fóliával. Az utóbbi fólia 24 °C-on hét nap után 50%-ban megfertőződtek, míg a gombaellenes szert használva, fertőzés egyáltalán nem lépett fel. Az aktív anyagot először hidrofíli szilikagélre viszik fel, majd ezt építik be a fóliába a gyártás során.

## A fenntarthatóság kérdései a mezőgazdasági fóliáknál

A műanyagfóliák a pozitív hatások mellett kihívást jelentenek a fenntarthatóság szempontjából. A műanyagfóliák ugyanis használat után környezeti terhelést jelentenek. A közelmúltban a mezőgazdasági fóliákról tartott konferencián több olyan fejlesztést mutattak be, amelyek a komposztálhatóság javítását és a talajszennyeződés megakadályozását célozzák. Az eddigi adatok szerint a mulcsfóliák nem megfelelő eltávolítása 12–62 kg mikroműanyag szennyeződést okoz hektáronként.

A **CJ Biomaterials** az általa gyártott PHA (polihidroxi-alkanoát) polimert PLA-val keverte. A **PHA-PLA alapanyagból** gyártott fólia lényegesen gyorsabban bomlik le, mint a szokásos fóliák. A cég a PHA-t biotechnológiai úton gyártja. A PHA alapon elméletileg akár 150 különböző alkanóat típus is előállítható. A PHA lehet kristályos, szemikristályos vagy amorf. A kristályosnak a hajlítási modulusa 1400 MPa, míg az amorfé mindössze 4 MPa. Valamennyi PHA típus sokkal inkább lebomló, mint a szintén lebomló kategóriába tartozó PLA. Ez arra vezethető vissza, hogy míg a PLA lebomlása a hidrolízisen alapul, a PHA valóban biológiai úton, enzimekkel bomlik le. A **CJ Bio** és a **PLA-t gyártó NatureWorks** együtt működésében gyártott PLA fólia 5–10% amorf PHA-t tartalmaz.

A **Minagris nevű EU projekt** a mikro- és nanoméretű műanyagrészek feldúsulását és hatását vizsgálják a talajban. A projekt 20 résztvevője 11 különböző régióban vizsgálja a talaj szennyezettségét, és ennek hatását a mezőgazdasági termelésre. Vizsgálati módszereket dolgoznak ki és ajánlásokat tesznek a szennyeződés elkerülésére.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Espi, E., Salmeron, A., Fontecha, A., Garcia, Y., és Real, I.A.: Plastic Films for Agricultural Applications – Journal of Plastic Film and Sheeting 22. k. 2006. április p. 85–102. és  
<http://jpf.sagepub.com/cgi/content/abstract/22/2/85>

Growing pains: using plastics in agricultural film - FILM & SHEET EXTRUSION 2023. április p. 13–16 és  
[www.flmandsheet.com](http://www.flmandsheet.com)