

# ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS



VOLUME 59.

NUMBER 2.

Mosonmagyaróvár  
2018



SZÉCHENYI  
ISTVÁN  
EGYETEM





# **ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS**



**Mosonmagyaróvár**

**VOLUME 59.**

**NUMBER 2.**

**2018**

**SZÉCHENYI ISTVÁN UNIVERSITY**  
Faculty of Agricultural and Food Sciences  
Mosonmagyaróvár  
Hungary

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar  
Mosonmagyaróvár

Közleményei

**Volume 59. Number 2.**

**Mosonmagyaróvár**

**2018**

**Editorial Board/Szerkesztőbizottság**

Bali Papp Ágnes Jolán PhD	Pinke Gyula PhD
Hanczné Dr Lakatos Erika PhD	Reisinger Péter CSc
Hegyi Judit PhD	Salamon Lajos CSc
Kovács Attila József PhD	Schmidt János MHAS
Kovácsné Gaál Katalin CSc	Schmidt Rezső CSc
Manninger Sándor CSc	Szalka Éva PhD <i>Editor-in-chief</i>
Molnár Zoltán PhD	Varga László PhD
Nagy Frigyes PhD	Varga-Haszonits Zoltán DSc
Neményi Miklós CMHAS	Varga Zoltán PhD
Ördög Vince DSc	

**Reviewers of manuscripts/A kéziratok lektorai**

Acta Agronomica Óváriensis Vol. 59. No. 2:

Albert Levente, Hajdú József, Huszka Péter, Juraj Lesný, Kalocsai Renátó, Kerekes Gábor,  
Kovács Norbert, Kovács Tamás, Milics Gábor, Schmidt Rezső, Tóth László, Tóth Zoltán,

**Linguistic checking of manuscripts by/A kéziratok anyanyelvi lektorai**

Acta Agronomica Óváriensis Vol. 59. No. 2.:  
Charles Seddon, Penny Colin, Richard von Fuchs

**Cover design/Borítóterv:** Andorka Zsolt © 2000  
Competitor-21 Kiadó Kft., Győr

**Address of editorial office/A szerkesztőség címe**  
H-9201 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.





## Réz, a mezőgazdaság nélkülözhetetlen eleme

<sup>1</sup>GICZI ZSOLT – <sup>2</sup>KALOCSAI RENÁTÓ – <sup>1</sup>LAKATOS ERIKA –

<sup>2</sup>DORKA-VONA VIKTÓRIA – <sup>2</sup>TÓTH ENDRE ANDOR

<sup>1</sup>SZE MÉK Élelmiszertudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár,

<sup>2</sup> SZE MÉK Víz- és Környezettudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár

### ÖSSZEFOGLALÁS

A rohamosan növekvő népesség élelmiszerral történő ellátásában megkerülhetetlen szerepe van a mezőgazdaságnak és azon belül a szántóföldi növénytermesztésnek. A XXI. században a termesztésben a mennyiségi szemlélet kizárólagos alkalmazása azonban már nem elegendő, a gazdálkodóknak hasonlóan komoly kihívást jelent a megtermelt élelmiszerek minőségével és az élelmiszerbiztonsággal szemben támasztott vevői elvárásoknak és a szabályozó hatóságok által megfogalmazott követelményeknek történő megfelelés. További figyelmet és erőfeszítéseket igényel a gazdálkodóktól a környezet és a termőföld állapotának megőrzése, ami elengedhetetlen a hosszú távon is fenntartható minőségi növénytermesztéshez.

A növénytermesztés eredményességében a sok egyéb befolyásoló tényező mellett a talajból a növények által kivont tápanyagok visszapótlása az egyik meghatározó faktor. A mezőgazdasági gyakorlat sok esetben csak a legfontosabb makro tápelemek (N, P, K) visszapótlására terjed ki, azonban a mikroelemek abszolút vagy akár relatív hiánya is gátja lehet a tervezett termésszint és minőség elérésének. Ezen szemleci a növények számára esszenciális tápelemek közül a réz előfordulásával, kémiájával, szerepével és utánpótlásával foglalkozó irodalmat tekinti át.

**Kulcsszavak:** réz, mikroelem, tápanyag utánpótlás, réz körforgás, réz felvehetőség

## A RÉZ

A réz (Cu) a természetben elemi formában is előforduló, könnyen megmunkálható fém, ezért ez volt az első fém, amit az ember megismert. Becslések szerint első használata i.e. 5000-re, vagy még korábbra tehető. Az egyiptomiak a Sínai-félszigetről származó bázisos réz-karbonátból (malachit –  $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{Cu(OH)}_2$ ) olvasztottak rezet, i.e. 3500-ig datálhatóak vissza leletek. Nem sokkal ezután a bronz is megjelent, ami a réz és az ón ötvözete. A sárgaréz (amely réz és cink ötvözete) első ismert előfordulása Augustus császár idejéből (i.e. 27 – i.sz. 14) ismert. A réz felhasználásának az elektromossággal kapcsolatos felfedezések adtak új lökést (*Massey, 1975*).

A fém és az ötvözetei rendkívül sokrétűen felhasználhatóak kedvező tulajdonságai, mint hajlékonyság, alakíthatóság, szilárdság, korrózióállóság, jó termikus és elektromos vezetőképesség miatt, ami attraktív megjelenéssel társul. Vegyületei szintén széles körben felhasználhatóak, mint katalizátor homogén és heterogén reakciókban, fungicid, peszticid, fa tartósítószer, pigment festékekben és üvegekben, magas hőmérsékletű szupravezetőkben (*Conry, 2005*).

A réz a periódusos rendszer 29. eleme, relatív atomtömege 63.546, olvadáspontja  $1083^\circ\text{C}$ , forráspontja  $2573^\circ\text{C}$ , sűrűsége  $8.95\text{ g cm}^{-3}$   $20^\circ\text{C}$ -on. Vegyületeiben jellemzően +1 vagy +2 oxidációs állapotban szerepel. A réz két stabil izotópja a  $^{63}\text{Cu}$  (69.17%) és a  $^{65}\text{Cu}$  (30.83%), ezen kívül 9 mesterségesen előállított radioaktív izotópja ismert 59 és 69 tömegszám között 31 s és 2.58 nap közötti felezési idővel. (*Conry, 2005*). A radioaktív izotópok közül jelentős a  $^{64}\text{Cu}$  ( $T_{1/2}=12.7$  óra,  $\beta^-$  39%,  $\beta^+$  17.4%, EC 43.6%), amely régóta használt orvosi diagnosztikai és terápiás célokra (*Rowshanfarzad et al., 2006, Anderson és Ferdani, 2009*). Az utóbbi időben több más radionuklid ( $[^{11}\text{C}]\text{CO}_2$ ,  $[^{15}\text{O}]\text{H}_2\text{O}$ ,  $[^{13}\text{N}]\text{N}_2$ ,  $[^{18}\text{F}]\text{F}^-$ ,  $^{107}\text{Cd}$ ,  $^{52}\text{Fe}$ ,  $[^{11}\text{C}]\text{metil-jazmonát}$ ,  $[^{18}\text{F}]\text{fluoro-2-deoxy-D-glukóz}$ ) mellett a  $^{64}\text{Cu}$  is felhasználására került élő növények pozitronemittáló izotóp vagy azzal jelzett molekula felvételének és transzportjának pozitron emissziós tomográfiai (PET, microPET) vizsgálatában, amely módszerek valós idejű, roncsolásmentes vizsgálatot tesznek lehetővé (*Partelová, et al. 2016, Watanabe et al., 2009*).

A fém réz felületén szobahőmérsékleten, tiszta levegőben réz(II)-hidroxid és réz(II)-karbonát keverékéből stabil, zöld felületi védőréteg (patina) képződik. A patina képződését egyéb oxidálószer, mint elemi kén, halogének, esetleg ózon, gyorsítják. A

réz levegő távollétében nem reagál nem oxidáló savakkal, azonban feloldódik forró tömény kénsavban és salétromsavban. A réz szintén oldódik vizes ammónia vagy cianid oldatban oxigén jelenlétében. Komplex vegyületeiben 0 és +4 közötti oxidációs állapotban szerepelhet, amelyek közül a +2 (kupri) és a +1 (kupro) messze a legáltalánosabbak, a +2 túlsúlyával. A  $d^{10} \text{Cu}^+$  ion komplex vegyületeiben két ligandum esetén a lineáris, három ligandum esetében a síkháromszöges, négy ligandum esetében a tetraédes a legjellemzőbb szerkezet. Öt ligandumot tartalmazó réz(I) komplexek meglehetősen kis számban ismertek. A  $d^9 \text{Cu}^{2+}$  ion leggyakrabban tetragonális koordinációs környezetben található, négy ekvatoriális és egy, vagy kettő axiális ligandummal, azonban négy ligandumos tetraédes és planáris komplexek is ismertek. Ezen kívül ötös koordinációs számmal trigonális bipiramis, illetve kis számban három, hét és nyolc ligandumos komplexek is ismertek (Conry, 2005). Mivel a réz(I) ionnak nincs d-d átmenete, ezért komplexei jellemzően színtelenek, néhány kivételtől eltekintve (ahol a ligandum lehetővé teszi az  $M \rightarrow L$  vagy az  $L \rightarrow M$  töltéstranszfer). A réz(II) ion komplexei jellemzően kék vagy zöld színűek a 600 és 900 nm közötti abszorpciós sáv miatt. A néhány kivételt jellemzően intenzív UV töltéstranszfer sáv okozza, amelynek a vége a látható tartomány kék szélére esik (Cotton *et al.*, 1980).

Vizes oldatban a réz(I) gyorsan (<1 s) diszproporcionálódik  $\text{Cu}(0)$  és  $\text{Cu}(II)$  formára. Vizes közegben csak a nagyon alacsony oldhatóságú vegyületek, mint a  $\text{CuCl}$  stabilak (Cotton *et al.*, 1980). Moffett és Zika kimutatták, hogy tengervízben fotokémiai reakciók során keletkezhetnek  $\text{Cu}(I)$  vegyületek, amelyek néhány óráig stabilak lehetnek (Moffett és Zika, 1987). Vizes oldatban a  $\text{Cu}^{2+}$  ionok stabilis, kék színű, hidratált kationok alakjában ( $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ ) fordulnak elő. Különböző komplexképző ligandumok jelenlétében a réz(II)-, illetve a réz(I) állapot egyaránt stabilizálódhat.

A  $\text{Cu}^+$  ion gyenge Lewis sav, így komplex vegyületeiben a gyenge („soft”) ligandumokat, mint a kén (S) preferálja. A  $\text{Cu}^{2+}$  ion keményebb sav, így a koordinációs kémiaját a nitrogén (N) és oxigén (O) donoratommal rendelkező ligandumok uralják (Conry, 2005). Fehérjékben a  $\text{Cu}^+$  a cisztein (Cys,  $\text{Cys}^-$ ) és metionin (Met) kén atomjait preferálja, a keményebb sav  $\text{Cu}^{2+}$  koordinálódhat keményebb bázisok, mint tirozin (Tyr,  $\text{Tyr}^-$ ), treonin (Thr), hisztidin (His),  $\text{OH}^-$  és  $\text{H}_2\text{O}$  oxigén és nitrogén atomjaival. Fehérjékben a ligandum természete, a koordinációs geometria és a fehérje környezet együttesen határozzák meg a réz centrum redoxipotenciálját. Míg vizes oldatban a  $\text{Cu}^+/\text{Cu}^{2+}$  redoxipotenciál  $E_0 = +153 \text{ mV}$ , addig az enzimekben megfigyelt



redoxipotenciál +183 mV (halocianin) és +785 mV (gomba lakkáz) közötti (Messerschmidt, 2010).

## A RÉZ ELŐFORDULÁSA

A réz keletkezése a világegyetemben nem teljes mértékben tisztázott, valószínűleg több folyamat figyelembevételével alkotható meg a megfelelő modell. A legvalószínűbb elképzelés szerint egy rövid időszaktól eltekintve jelenleg a nagy tömegű csillagokban a lassú neutronbefogásos („s”) folyamat a felelős a réz nukleoszintézisének nagy részéért (Romano és Matteucci, 2007). A réz a Nap spektroszkópiái vizsgálatai és meteoritok összetételének elemzése alapján a Naprendszer 25. leggyakoribb eleme (Anders és Ebihara, 1982; Lodders, 2003), a Napban becsült mennyisége 0.7 ppm (Conry, 2005).

Smith és Huyck gyűjtése szerint a földkéregben réz mennyiségére a konszenzusos tartomány 14-100 mg kg<sup>-1</sup>, gránitban 10 mg kg<sup>-1</sup>, bazaltban 100 mg kg<sup>-1</sup> (Smith és Huyck, 1999). A Huheey és társai által közölt adat 55 mg kg<sup>-1</sup> (Huheey et al., 1993), a Taylor és McLennan által közölt adat a kontinentális kőzetre 25-90 mg kg<sup>-1</sup> (Taylor és McLennan, 2009), a CRC Handbook of Chemistry and Physics által közölt 60 mg kg<sup>-1</sup> (szerk. Haynes et al., 2017), az Encyclopedia of Inorganic Chemistry által közölt 68 mg kg<sup>-1</sup> (Conry, 2005). Linder szerint az egyes vulkanikus és üledékes kőzefajtákban az alábbiak szerint alakul a réz mennyisége: gránit 10 mg kg<sup>-1</sup>, bazalt 100 mg kg<sup>-1</sup>, mészkő 4 mg kg<sup>-1</sup>, homokkő 30 mg kg<sup>-1</sup>, agyagpala 45 mg kg<sup>-1</sup> (Linder, 1991). He és társai adatai ezzel jó egyezést mutatnak: gránit 4-30 mg kg<sup>-1</sup>, bazalt 30-160 mg kg<sup>-1</sup>, mészkő 4 mg kg<sup>-1</sup>, homokkő 2 mg kg<sup>-1</sup>, agyag és agyagpala 18-120 mg kg<sup>-1</sup> (He et al., 2005). Szintén hasonló adatokat adott meg az egyes kőzettípusokra Bowen (Bowen, 1985). A réz jelentősebb ásványai a kuprit (Cu<sub>2</sub>O), tenorit (CuO), malachit (Cu<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>), azurit (Cu<sub>3</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>), kalkozin (Cu<sub>2</sub>S), bornite (Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub>), covellin (CuS), digenit (Cu<sub>9</sub>S<sub>5</sub>), kalkopirit (CuFeS<sub>2</sub>), tennantit (Cu<sub>12</sub>S(AsS<sub>3</sub>)<sub>4</sub>), tetraedrit (Cu<sub>12</sub>S(SbS<sub>3</sub>)<sub>4</sub>), enargit-luzonit (Cu<sub>3</sub>AsS<sub>4</sub>, Cu<sub>3</sub>SbS<sub>4</sub>) (Molnár, 2008). Habár több mint 150 réz-ásvány ismert, a bányászott réz legnagyobb része kalkopirit és kalkozin. A világ ismert réz tartalékának mintegy 90%-a Észak-Amerikában (USA, Kanada), Dél-Amerikában (Peru, Chile) és Afrikában (Kongói Demokratikus Köztársaság és Zambia határán) található (Conry, 2005). A világ réztermelése 2011-ben 16.1 millió tonna volt, a becsült tartalék 680 millió tonna (USGS, 2013).

Bowen szerint a réz mennyisége tiszta tengervízben a felszínen  $0.03-0.59 \mu\text{g L}^{-1}$ , 5 km mélységben  $0.2-0.69 \mu\text{g L}^{-1}$ , a part közelében  $0.3-3.8 \mu\text{g L}^{-1}$ , különböző édesvizekben  $1.2-135 \mu\text{g L}^{-1}$ , a medián koncentráció pedig  $3 \mu\text{g L}^{-1}$  (Bowen, 1985). Huheey és társai által közölt adatok  $3 \mu\text{g L}^{-1}$  tengervízre és  $5 \mu\text{g L}^{-1}$  folyóvízre (Huheey et al., 1993). A felszíni vizek réztartalma különböző területeken folyamatosan, számos publikációban vizsgált témakör (például Danielsson et al.; 1985; Nolting és De Baar, 1994; Nolting et al., 1999; Boye et al., 2012; Kashin és Ivanov, 2008). Kádár és Csathó szerint Magyarországon a TIM pontok talajainak talajvízeiben ( $n=41$ )  $0.2-20 \mu\text{g L}^{-1}$ , a Balaton vízében  $3-5 \mu\text{g L}^{-1}$ , esővíz mintákban  $4-20 \mu\text{g L}^{-1}$  réztartalmat találtak (Kádár és Csathó, 2017). Az Egyesült Államokban az ATSDR (U.S. Department of Health and Human Services – Agency for Toxic Substances and Disease Registry) toxikológiai elemzése szerint a természetes vizekben a réz medián koncentrációja  $4-10 \mu\text{g L}^{-1}$ , túlnyomó részt Cu(II) formában, amelynek nagy része komplex formában vagy szerves anyaghoz erősen kötött formában található, csak egy kis része van szabad (hidratált) vagy könnyen kicserélhető formában. A szabad réz mennyiségét a komplexképződés, adszorpció és csapadékképződés folyamatai szabályozzák. Az üledékek fontos tárolói a réznek. Egy tiszta üledék réztartalma  $<50 \text{ mg kg}^{-1}$ , egy szennyezett üledék ezzel szemben több ezer  $\text{mg kg}^{-1}$ -ot is tartalmazhat (ATSDR, 2004).

A levegőben lévő réz természetes forrásokból (talajokból szélérozóival, vulkánkitörésekből) és antropogén forrásokból, mint tüzelőberendezésekből, rezet tartalmazó anyagokat gyártó vagy feldolgozó ipari üzemekből és bányászati tevékenységből is származhat. A levegőben a réz átlagos koncentrációja  $5-200 \text{ ng m}^{-3}$  vidéki és városi helyszíneken (ATSDR, 2004). A Kilauea (Hawaii) vulkán által kibocsátott aeroszol réztartalma  $200 \text{ ng m}^{-3}$ , az Augustine (Alaszka) kibocsátása  $15-516 \text{ ng m}^{-3}$  (Bowen, 1985). Ammann és társai szerint az Etna (Olaszország) becsült réz emissziója 1991 szeptemberében  $1000 \text{ kg nap}^{-1}$  volt, de megjegyzik, hogy az adatok bizonytalansága nagy (Ammann et al., 1992). A Bowen által összegyűjtött adatok szerint nem szennyezet mintavételi helyeken  $0.5-2 \text{ ng m}^{-3}$  a levegőben mérhető réztartalom, az Antarktiszon  $0.06-0.08 \text{ ng m}^{-3}$ , városi mintavételi helyeken  $5 \text{ ng m}^{-3}$  (Belgium) és  $290 \text{ ng m}^{-3}$  (Niles, MI) közötti. Az adatok azt sugallják, hogy a légköri réz mennyiségének meghatározásában az óceánok is fontos szerepet játszanak (Bowen, 1985). Kabata-Pendias Amerikára, Európára és Japánra jellemzően  $2.5-200 \text{ ng m}^{-3}$  értékeket adott meg (Kabata-Pendias, 2011). Közlése egy kiugró adatot (Németország –

8-4900 ng m<sup>-3</sup>) tartalmaz, azonban erről további információt (szennyezés lehetséges forrása, előfordulás gyakorisága) a szerző nem adott meg.

## A TALAJOK RÉZ ELLÁTOTTSÁGA

Magyarország és a világ talajainak réztartalma széles határok között mozog. Swaine és Mitchell több mint 100 skóciai talajszelvény vizsgálata alapján azt találta, hogy a talajok nyomelem ellátottságában a legnagyobb szerepe az alapkőzetnek van (Swaine és Mitchell, 1960).

Bowen különböző irodalmi forrásokból összegyűjtve 2-660 mg kg<sup>-1</sup> értékeket közöl, a három forrása által megadott átlagértékek rendre 30, 26 és 28 mg kg<sup>-1</sup> (Bowen, 1985). Az ASTDR kockázatértékelése szerint talajokban az átlagos réz koncentráció 5-70 mg kg<sup>-1</sup> (ATSDR, 2004). Kabata-Pendias szerint a vonatkozó irodalom áttekintése után a világszerte gyűjtött adatok átlaga 14 mg kg<sup>-1</sup>, a mezőgazdasági talajok átlaga Svédországban 17 mg kg<sup>-1</sup>, a mezőgazdasági talajok átlaga Japánban 48 mg kg<sup>-1</sup>, a Parana államban (Brazília) gyűjtött minták átlaga 109 mg kg<sup>-1</sup>, az USA talajok átlaga 25 mg kg<sup>-1</sup>, az európai feltalajok átlaga 17.3 mg kg<sup>-1</sup> (Kabata-Pendias, 2011). Adriano szerint a szokásos mezőgazdasági talajok réztartalma 1-50 mg kg<sup>-1</sup>, ebből a könnyen extrahálható kivonásértől függően jellemzően 0.1-10 mg kg<sup>-1</sup> (Adriano, 1986).

Stefanovits és társai szerint a magyarországi talajok réztartalma 1-191 mg kg<sup>-1</sup> (Stefanovits et al., 1999). A felső szántott réteg 12-102 kg rezet tartalmaz hektáronként. A mozgékony rézforma ennek körülbelül az 1-2 %-a (~0.2-2 kg/ha) (Györi, 1962 és Szabó et al., 1987 cit. Barkóczy, 2004). A földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről szóló 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet szerint Magyarországon a rézre vonatkozó szennyezettségi határérték talajra 75 mg kg<sup>-1</sup>.

A FAO 1982-ben publikált felmérése, amely 30 országra terjedt ki világszerte, a talajok rézellátottságának gyakorisági eloszlását vizsgálta. Az értékelés során a szinteket statisztikailag határozták meg, nem tükrözik a kritikus hiányhoz és toxicitáshoz köthető határértékeket. A talaj- és növényvizsgálati eredmények együttes értékelése szerint Magyarország talajainak 99%-a „átlagos”, 1%-a „jó”-nak minősíthető réz ellátottság szempontjából. A felmérés összesített eredményei szerint a rézhiány meglehetősen jellemző Afrikában, illetve Új-Zéland és Finnország egyes területein, a többi vizsgált

területen viszonylag ritka. A világszerte begyűjtött 3538 talajminta átlagos extrahálható (savas ammónium-acetát – EDTA oldat: 0.5M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> + 0.5M CH<sub>3</sub>COOH + 0.02M Na<sub>2</sub>EDTA) réztartalma 6.0 mg kg<sup>-1</sup>, a magyarországi talajokra kapott átlag érték 5.4 mg kg<sup>-1</sup> (n=201), a minimum 0.6 mg kg<sup>-1</sup>, a maximum 14.6 mg kg<sup>-1</sup> (*Sillanpää*, 1982).

Kádár közlése szerint a FAO felmérés részeként gyűjtött mintákat a MÉM-NAK laboratóriumai is megvizsgálták a szokásos módszerekkel. A kapott átlagos extrahálható Cu tartalom 4.0 mg kg<sup>-1</sup> (n=133) volt, a minimum 0.3 mg kg<sup>-1</sup>, a maximum 15.9 mg kg<sup>-1</sup>. A mikroelemek közül a felvehető Cu tartalom meredeken emelkedett a kötöttséggel, azonban a talajmintákkal párhuzamosan begyűjtött növények által felvett Cu nem változott. A növényi minták Cu vizsgálati eredményei és a talaj Cu tartalma között nem volt érdemi kapcsolat. A kapott eredmények alapján úgy tűnik, hogy az EDTA-Cu adatok önmagukban nem alkalmasak a talaj Cu-ellátottságának megítélésére (*Kádár*, 1992).

Kádár 2008-as közlése szerint Magyarország talajainak 9%-a rézben gyengén ellátott, Békés megyében ez az arány 23%, Szabolcs-Szatmárban 17%, Fejér, Győr-Moson-Sopron és Tolna megyékben 10-13%. A Cu-hiányos talajok között meszes és savanyú talajokat egyaránt találtunk. Gyakori volt a meszes alapkőzetten kialakult csernozjom, öntés és réti csernozjomok gyenge ellátottsága (*Kádár*, 2008).

A mezőgazdasági talajok réztartalmára jelentős hatással lehet az alkalmazott termesztési technológia is. A réztartalmú fungicidek nagymértékű, állókultúrákban sok évig, adott esetben évtizedekig történő alkalmazása jelentős réz felhalmozódást okozhat a talajban. Farias és társai Brazíliában, szőlő kultúrában 490.3 mg kg<sup>-1</sup> összes és 320.7 mg kg<sup>-1</sup> EDTA oldható maximális réz tartalmat találtak vizsgálataik során (*Farias et al.*, 2013), Ninkov és társai Szerbiában szintén szőlő kultúrában 200.1 mg kg<sup>-1</sup> összes és 82.1 mg kg<sup>-1</sup> EDTA oldható maximális mennyiségeket (*Ninkov et al.*, 2014). Ez kedvezőtlenül befolyásolhatja a talajok mikrobiális funkcióját és termékenységét (*Wightwick et al.*, 2013). Ruyters és társai szennyezett és adalékolt talajok összehasonlító vizsgálata során nem talált – feltételezhetően a rosszabb biológiai elérhetőség miatt – szignifikáns hatást szőlőültetvények szennyezett talajai esetében, szemben a hasonló réz szintekre frissen adalékolt talajokkal (*Ruyters et al.*, 2013).

**TALAJOK FELVEHETŐ RÉZ TARTALMÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK**

Habár a réz esszenciális elem, nagy mennyiségben toxikussá válik. A környezetben viszonylag nagy mennyiségben van jelen, de felvehetősége függ a formájától (ionos, komplex, csapadék), ami függ a környezeti körülményektől, mint pH, redoxipotenciál, talajtípus, vízkeménység, szervesanyag tartalom. Ezek a faktorok a környezetben változnak, így rézhiány vagy toxicitás is kialakulhat (*Flemming és Trevors, 1989*).

A réz legnagyobb része a talajokban szerves vagy szervesetlen adszorpciós felületekhez kötve, kétértékű formában található. Előfordulhat szerves vegyületekkel komplex kötésben is, szilikátok kristályrácsában és nehezen oldható vegyületek (foszfátok, szulfátok, karbonátok, szulfidok) formájában (*Loch és Nosticzius, 2004*). A kétértékű réz ion affinitása a talaj szerves anyagához erősebb, mint más kétértékű fémionoké ( $\text{Cu} > \text{Ni} > \text{Pb} > \text{Co} > \text{Ca} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Mg}$ ) A Cu komplexeiben a ligandumokat  $\text{S} > \text{N} > \text{O}$  sorrendben preferálja. Mivel a N lényegesen nagyobb mennyiségben található meg a talajban, mint a S, ezért kelátképzésben leginkább a N vesz részt (*Mengel et al., 2001*).

A  $\text{Cu}^{2+}$  egyensúlyi koncentrációja, amit a mérsékelt oldódó réz-sók, mint a karbonátok és oxidok tartanak fent, magasabb, mint a szokásos  $\text{Cu}^{2+}$  szint a talajoldatban ( $1 \times 10^{-5} - 6 \times 10^{-4} \text{ mol m}^{-3}$ ), ezért a karbonátok és oxidok jelenlétének nincs szerepe a réz oldékonyságának korlátozásában. A réz oldhatóságát a talaj szerves és szerves részecskéihez történő adszorpció szabályozza, ezért réz nagyon immobilis a talajban és gyakorlatilag nem mosódik ki (*Mengel et al., 2001*), csak nagyon extrém körülmények között.

A növények szokásos réztartalma alacsony, aminek felvételét a legtöbb talaj képes biztosítani. Rézhiány alacsony réztartalmú talajokon képződött vagy nagyon erősen kilúgozott (podzolos) talajok esetében léphet fel, vagy sokkal gyakrabban olyan talajoknál, amelyek a lekötődés miatt nem tudják a felvehető réztartalmat biztosítani, mint a szerves és tőzeges talajok, a meszes talajok és néhány, nagyon magas agyagtartalmú talaj (*Mengel et al., 2001*).

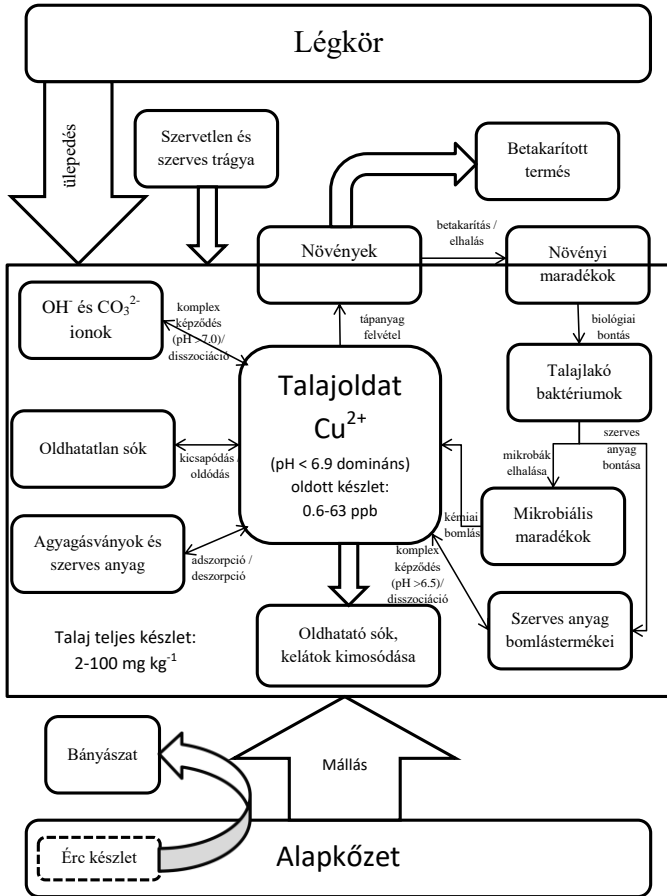
A mikroelemek, köztük a réz felvételét legmarkánsabban a pH befolyásolja. Minden olyan tevékenységnél, amely befolyásolja a talaj pH értékét (például meszezés, műtrágyázás) befolyásoljuk a réz felvehetőségét és mozgékonyságát. Túlmeszezés esetén (illetve természetesen magas mésztartalmú talajokon is) számolni kell a réz hiányával. A műtrágyázás savanyító hatása fokozza a réz oldhatóságát és ezáltal a

mobilitását. A nitrogén trágyázás szinergista hatása révén fokozza a réz felvételét, viszont rézhiányos talajon N trágyázás hatására növekvő termés Cu igényét a talaj már nem képes kielégíteni, így látszólagos antagonistá hatása jelentkezik (Kádár, 2008). Bizonyos talajokon a bőséges P-trágyázás esetén a Cu-felvétel gátlást szenvedhet, Cu-hiányt indukálva (Kádár és Csathó, 2017). Martens és Westermann is arra hívják fel a figyelmet, hogy a rézhiányt gyakran a helytelen agrotechnológiai gyakorlat okozza. Lehetséges okként ugyanezeket a veszélyforrásokat sorolják fel (Martens és Westermann, 1991). Benton Jones szerint a szerves talajok és a nagy szervesanyag tartalmú magas pH-jú talajok jelentenek rézhiány szempontjából nagyobb kockázatot (Benton Jones, 2012).

## A RÉZ KÖRFORGÁSA

Egyes elemek geokémiai körforgásának vizsgálata Friedrich Mohr óta vizsgált téma (Mohr, 1866). Napjainkban, tekintettel az emberiség tevékeny szerepére az egyes elemek körforgásában indokolt „antropogeokémiai” körforgásról beszélni, különösen a fémek esetében, ahol arányaiban nagyobb az emberi hatás szerepe, mint a makro tápelemek mobilizálásban. A réz „antropogeokémiai” körforgásáról Rauch és Gradel adott részletes áttekintést (Rauch és Gradel, 2007).

A réz körforgását a talaj-növény rendszerben Fageria tárgyalja (Fageria, 2013). Fageria nyomán a réz körforgását az *1. ábra* mutatja be.



1. ábra: A réz körforgása *Fageria* (2013) alapján, kiegészítve  
 Figure 1: Cycle of copper based on *Fageria* (2013), amended

## RÉZ SZEREPE AZ ÉLŐLÉNYEK BEN

Már az 1800-as évek elején sikeresen kimutatták a rézet a növényi, majd állati eredetű minták hamujából, ami arra utalt, hogy a réz szerepet játszhat az élő szervezetekben. Harless 1847-ben mutatta ki, hogy a csigák vérében a réz fehérjéhez kötve található. A réz esszencialitását 1925-1927 között McHargue bizonyította, amit hamarosan több más kutatócsoport is megerősített (*Linder, 1991*). Habár a réz esszencialitása ismert volt, a réz biológiai hatásait csak az 1960-as évektől kezdték jobban megérteni. Ekkortól kezdték szisztematikusan vizsgálni a rézhiány hatását a növények egyes biokémiai funkcióira, mint a fotoszintézisre és lipidszintézisre (*Baszynski et al., 1978; Droppa et*

al., 1987), a protein szintézisre (*Rasheed és Seeley, 1966*), a sötétlégzésre (*Zinkiewicz, 1985*), a lignifikációra (*Judel, 1972; Rahimi és Bussler, 1973*) vagy a mikroorganizmusok elleni védekezésre (*Wood és Robson, 1984*). Becslések szerint a fehérjék mintegy fele tartalmaz fém alkotórészt (*Thomson és Gray, 1998*). Holm és társai szerint Brookhaven Protein Data Bank 4048 fehérje kristályszerkezetet tartalmaz (1995. decemberi állapot), amelyből 2123 (52%) tartalmaz fémeket. A szerzők megjegyzik, hogy ezt az adatot ismétlődések torzítják, de így is impresszív a különböző fémek biológiai elterjedtsége (*Holm et al., 1996*).

A réz specifikus élettani hatása kis ionátmérőjével, nagy atomtömegével, változó vegyértékével és komplexképzési hajlamával függ össze (*Loch és Nosticzius, 2004*).

Réz tartalmú enzimek a baktériumokban és az eukariótákban is kimutathatóak. Előfordulásuk és funkciójuk azt sugallja, hogy biológiai funkciójukat az atmoszféra oxigénnel történő feldúsulása után kapták. A fotoszintézis – ami előbb alakult ki, mint a légköri oxigén – elektrontranszferében részt vevő enzimek később kerültek be a láncba, ennek oka a réz biológiai felvehetősége: redukáló atmoszférában és relatíve magas  $H_2S$  koncentráció mellett a réz elsősorban  $Cu^+$  formában volt, ami jellemzően vízben oldhatatlan sókat, elsősorban réz(I)-szulfidot ( $Cu_2S$ ) képez és kicsapódik, ezzel szemben a  $Fe^{2+}$  oldható formában volt jelen, így a korai élőlények be tudták építeni szervezetükbe. Az oxigén feldúsulásával párhuzamosan mindkét fém a magasabb oxidációs állapotába került, a réz oldhatósága – és így felvehetősége –  $Cu^{2+}$  formában megnövekedett, míg a vas oxidált formájává, a vízben rosszul oldódó  $Fe(OH)_3$ -á alakult (*Messerschmidt, 2010*).

A réz alkotója a kloroplasztiszokban található plasztocianinnak, ami a fotoszintézis fényreakciójában elektronszállító molekulaként vesz részt. A réznek fontos szerepe van légzési elektrontranszfer-láncban (citokróm oxidáz), különböző oxidáz hatású enzimekben (például aszkorbinsav-oxidáz, difenol-oxidáz) és peroxidáz hatású enzimekben, mint a szuperoxid-dizmutáz, a diamin-oxidáz és a fenol-oxidázok (*Fodor, 2013*).

A réz tartalmú enzimek három alapvető típusát a *I. táblázat* tartalmazza. Ezekon kívül további jellegzetes típusok találhatóak az aszkorbinsav-oxidáz (hárommagvú), a citokróm-c-oxidáz ( $Cu_A$ ,  $Cu_B$ ) vagy a dinitrogén-oxid-reduktáz ( $Cu_Z$ ) enzimekben (*Messerschmidt, 2010*).



## 1. táblázat: A réz tartalmú enzimek alapvető típusai

Table 1: Types of Copper Enzymes

Típus (1)	1-es típus (vagy kék) <sup>a</sup>	2-es típus <sup>b</sup>	3-as típus (két Cu mag) <sup>c</sup>
UV-VIS spektrum (2)	Erős abszorpció ~600 nm-en, (S(Cys)→Cu(II) töltéstransfer)	Hiányoznak az intenzív ligandum→fém töltés transzferhez kapcsolható átmenetek	Oxigént kötő formában erős abszorpciós sáv ~590 nm és ~345 nm, deoxi forma szintelen
EPR spektrum (3)	gyenge Cu csatolás	Hiányoznak az 1-es és 3-as típusok, és a többmagú fehérjék jellemzői, nagy mértékben hasonlít a szokásos Cu(II) tetragonális komplexekre	Nem detektálható (antiferromágneses csatolás)
Jellemző ligandumok (4)	2 His (N), Cys (S) ekvatoriális pozícióban; Met(S) esetleg ritkán Gln(O) axiális pozícióban (egyes esetekben koordinálatlan is maradhat)	N és O ligandumok (His, Tyr, peptid karbonil vagy N csoportok, H <sub>2</sub> O, OH-)	Mindkét Cu atomhoz 3 His kapcsolódik
Aktív centrum geometriája (5)	torzult tetraéderes, esetleg trigonális	tetragonális, 5 vagy 6 ligandummal	trigonális planáris <sup>d</sup>
Példák (6)	kupredoxinok: plasztocianin, azurin pseUDO-azurin, amicianin, rusticianin, halocianin, szulfocianin, auracianin fitocianinok: stellacianin, uclacianin, plantacianin	szuperoxid-dizmutáz, amin oxidáz, lizil oxidáz, galaktóz oxidáz, dopamin-β-monooxygenáz, peptidil-glicin monooxygenáz	hemocianin, katechol oxidáz, tirozináz, pseUDO-hemocianinok, kriptocianinok, hexamarinok

(1) Type, (2) UV-VIS spectra, (3) EPR spectra, (4) Typical ligands (5) Active –centre geometry (6) Examples  
<sup>a</sup> Hart et al (2005); <sup>b</sup> McGuirl és Dooley (2005); <sup>c</sup> Decker (2005); <sup>d</sup> Messerschmidt (2010)

Az eddig hivatkozottakon (Linder, 1991; Holm et al., 1996; Hart et al., 2005; McGuirl és Dooley, 2005; Decker, 2005; Messerschmidt, 2010) túl az irodalomban további részletes összefoglalások találhatóak a réz tartalmú enzimekről és működésükről (Malmström és Leckner, 1998; Solomon, et al., 2014).

**RÉZ HATÁSA A NÖVÉNYEKRE**

A réz az egyik legrégebb óta használt hatóanyag a növényeket károsító gombák ellen. A réz a növények számára nélkülözhetetlen, de a legtöbb növény számára csak egy szűk

koncentráció tartományban optimális, nagy mennyiségben pedig toxikus hatással rendelkezik. Egyes növények jól tolerálják és magukban felhalmozzák az egyes nehézfémeket, például a rezet, így akár fitoremediációs célra is felhasználhatóak (*Jiang et al.*, 2004, *Karczewska et al.*, 2015, *Kumari et al.*, 2016). Egyes toxikus hatású elemek, köztük a réz, és több, köztermesztésben lévő növény bevonásával Magyarországon folytatott terheléses kísérletek eredményeit Kádár foglalta össze (*Kádár*, 2012).

Benton Jones szerint a növények számára a megfelelő tartomány 3-7 mg kg<sup>-1</sup> száraz anyagra vonatkoztatva, a toxikus tartomány 20-30 mg kg<sup>-1</sup> körül kezdődik, de a növények a fungicidként alkalmazott 20-200 mg kg<sup>-1</sup> rezet is tolerálni tudják (*Benton Jones*, 2012). Csathó szerint a növények nagy része réz hiányban szenved, ha a levél Cu tartalma kisebb mint 4 mg kg<sup>-1</sup> abszolút szárazanyagban számolva. Az egészséges növények levele 5-20 mg kg<sup>-1</sup> rezet tartalmaz, a 20 mg kg<sup>-1</sup> feletti mennyiség meglehetősen ritka (*Csathó*, 1994). Loch és Nosticzius szerint a fűvek réztartalma 5-15 mg kg<sup>-1</sup>, a vörös here 8-10 mg kg<sup>-1</sup>, a zab (szalma/szem) 2-16 mg kg<sup>-1</sup> és 2-14 mg kg<sup>-1</sup>, a tavaszi búza (szalma/szem) 1-4 mg kg<sup>-1</sup> és 1-11 mg kg<sup>-1</sup>, a tavaszi árpa (szalma/szem) 2-12 mg kg<sup>-1</sup> és 1-11 mg kg<sup>-1</sup> (*Loch és Nosticzius*, 2004). Neish vizsgálatai szerint a növényi levélben (*Trifolium pratense*) a réz tartalom 74.6%-a a kloroplasztiszokban van. Vizsgálatai szerint a kloroplasztiszban a réz szinte kizárólag a szerves frakcióhoz kötve található, míg a teljes levélre vonatkoztatva 10.5% a szervetlen Cu aránya (*Neish*, 1939). Whatley és társai szerint cukorrépában a levél réztartalmának 63.8%-a található a kloroplasztiszban (*Whatley et al.*, 1951).

Réz hiány esetén a növények növekedése lelassul, a növények satnyák lesznek, a fiatal levelek torzulnak és a növekedési pontok elhalnak. A túlzott réz ellátás tünete a nagyon lassú növekedés és a satnya gyökérzet. A túlzott réz ellátottság vas hiányt és klorózist indukálhat (*Benton Jones*, 2012). Kalocsai szerint a rézhiány következtében a növények lelassult növekedése mellett a levelek szürkészöldre válnak, klorotikusak lesznek. A hiánytünetek mindig a fiatal növényeken jelentkeznek. Gabonaféléknél a Cu hiánya a levelek kifehéredésével kezdődik. Jellegzetes tünet az ún. „fehérkalászság”. A rézhiányos állományok gátolt buga-, illetve kalászképzése-, valamint a léha szemek részarányának növekedése jelentős veszteségekhez vezet. A réz feleslege ritkán fordul elő, mivel a réz a talajrészecskékhez erősen kötődik. Az erősen savanyú talajokon

esetlegesen fellépő réztöbblet következményei a satnya gyökérnövekedés, a gyökércsúcs-pusztulás, valamint a termésdepresszió (Kalocsai, 2006).

A morfológiai változások aktiválódása mellett a sejtek szintjén a rézhiány egy sor gén kifejeződésének megváltozásában is jelentkezik. A réz toxicitása származhat a fehérjék merkaptó csoportjaihoz való kötődésből, amivel az enzim elveszti funkcióját; más tápelemek hiányának indukálásából; a sejt szállítási folyamatainak károsodásából valamint oxidatív károkból. Különösen a fotoszintézis elektrontranszportja változik meg réz hiányra, vagy többletre (Yruela, 2005). A réz magasabb rendű növényekre sejszinten gyakorolt pozitív és káros hatásairól Maksymiec készített részletes áttekintést (Maksymiec, 1997). A rézfelesleg által okozott károk minimalizálására és a rézhiány kezelésére az élőlények számos stratégiát dolgoztak ki. Az irodalomban több publikáció is foglalkozik a gén expresszió szabályozásával és az alternatív reakcióutakkal különböző alacsonyabb és magasabb rendű élőlények esetében (például: metán-oxidáló baktériumok – Murell *et al.*, 2000, *Chlamydomonas reinhardtii* – Merchant *et al.*, 2006; Arabidopsis – Yamasaki *et al.*, 2008).

A termesztett növények közül rézre érzékeny növények a kukorica, a hagyma, a gabonafélék, a görögdinnye, a napraforgó, a spenót, a citrusfélék palántái, a zab, a lucerna (Benton Jones, 2012). A bab, a burgonya és a szója kevésbé érzékeny rézre (Mengel *et al.*, 2001). Debreczeniné és Sárdi szerint a gabonafélék (zab, búza, árpa), a zöldségfélék, a rostonövények, a napraforgó és a lucerna rézigényesek, míg a cukorrépa érzékenyen reagál a réz feleslegre és könnyen károsodik (Debreczeniné és Sárdi, 1999). Kalocsai szerint érzékeny növények a kukorica, a zab, a herefélék, több gyümölcsfaj, a sárgarépa és a cékla (Kalocsai, 2006). Smilde és Henkens különböző gabona fajok és fajták vizsgálatából azt állapította meg, hogy az érzékenység búza > zab > rozs sorrendben csökkent, az árpa a búza és a zab között helyezkedik el. Az érzékeny zab és árpa törzsek esetén termésnövekedés lépett fel az intenzív bokrosodás miatt, míg búzánál ez nem jelentkezett (Smilde és Henkens, 1967). Az Adriano szerint rézigényes növényeket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: Relatív érzékenység rézhiányra (Adriano, 1986)  
 Table 2: Relative sensibility to copper deficiency (Adriano, 1986)

Alacsony (1)	Közepes (2)	Magas (3)
Bab	Brokkoli	Búza
Borsó	Fejes káposzta	Lucerna
Burgonya	Karfiol	Sárgarépa
Spárga	Zeller	Saláta
Rozs	Lóhere	Spenót
Legelő fűfélék	Paszternák	Cékla
Lótuszfélék	Retek	Szudánifű
Szójabab	Cukorrépa	Citrusfélék
Csillagfűrt	Fehérrépa	Hagyma
Repce	Szóló	Lucerna
Fenyő	Ananász	Zab
Borsmenta	Uborka	Árpa
Fodormenta	Kukorica	Köles
Rizs	Gyapot	Napraforgó
Karórépa	Cirok	Kapor
	Csemegekukorica	
	Paradicsom	
	Alma	
	Őszibarack	
	Körte	
	Áfonya	
	Eper	
	Takarmányrépa	

(1) low, (2) medium, (3) high

## RÉZ UTÁNPÓTLÁSA

A növények réztartalma jellemzően alacsonyabb mint  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  szárazanyagra vonatkoztatva, ennek megfelelően a talajból felvett összes réz mennyisége is kevés (Mengel et al., 2001), de a tápelem mérleg ezzel együtt is negatív (Pais, 1980). A jellemző tápanyag kivonást és a magyarországi tápelem mérleget a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Mikroelemek kivonása a talajból (teljes növény) és a mikrotápelem mérleg (Pais, 1980)

Table 3: Microelement withdrawal from soil (whole plant) and microelement balance (Pais, 1980)

Növény (1)	Kivont mennyiség (g ha <sup>-1</sup> ) (2)					
	B	Cu	Mn	Mo	Zn	Co
Gabonafélék (3)	50-70	<b>50-70</b>	160-460	3-6	150-250	1-2
Burgonya (4)	50-70	<b>40-60</b>	300-450	3-6	200-500	1-5
Cukorrépa (5)	300-500	<b>80-120</b>	300-1000	4-20	300-600	2-8
Takarmányrépa (6)	300-500	<b>80-120</b>	250-1000	4-20	300-600	2-8
Lóhere (7)	200-300	<b>70-90</b>	300-400	5-10	200-400	2-3
Lucerna (8)	500-700	<b>70-90</b>	400-500	5-20	400-600	1-5
Fűfélék (9)	70-90	<b>30-60</b>	250-360	3-20	200-400	1-2
Tápelem mérleg (10)	Kivont mennyiség (g ha <sup>-1</sup> év <sup>-1</sup> ) (11)					
	400	<b>100</b>	700	20	400	na

(1) Plant (2) Withdrawn amount in g ha<sup>-1</sup> (3) Cereals (4) Potato (5) Sugar beet (6) Mangel beet (7) Clover (8) Alfalfa (9) Grasses (10) Nutrient balance (11) Withdrawn amount in g ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>

Már a réz esszencialitását bizonyító kísérletek előtt is voltak kutatási eredmények, amelyek azt mutatták, hogy a Bordeaux-i lével történő kezelések a termésre is hatással vannak, ami nincs összefüggésben a gombás megbetegedés kezelésével. McHargue munkájának kiegészítéseként több szerző is beszámolt a réz különböző növényekre gyakorolt hatásáról (Richardson, 1997). Magyarországon Keresztény Béla a mosonmagyaróvári Agrártudományi Egyetemen és Tölgyesi György végzett a mikroelemek, köztük a réz kutatásában úttörő munkát (Barkóczi, 2004). Pecznik szerint régen a szerves trágyázással a mikroelemek, mint a réz jelenetős része visszakerült a talajba, azonban a szintetikus műtrágyák nagyarányú használatával és a megnövekedett termésekkel jellemezhető intenzív gazdálkodás a mikroelemek utánpótlását a mai napig aktuális kérdéssé teszi (Pecznik, 1976 cit. Forró-Rózsa, 2014).

A réz utánpótlása történhet a vetőmag kezelésével, talajon keresztül vagy levéltrágyaként.

Khalid és Malik különböző koncentrációjú réz-szulfát és mangán-szulfát oldatba áztattak búza magokat, és mindkét esetben termésmegnövekedést kaptak a kezelés hatására.

Publikációjukban meghivatkoznak több más kutatást is, ahol hasonló eredményeket kaptak, de megjegyzik, hogy egyes szerzők ellentétes eredményre jutottak (*Khalid és Malik*, 1982). Malhi szerint is a rézhiány megelőzhető a magok Cu-EDTA oldatba áztatásával és a hozam emelkedését figyelte meg, de kisebb mértékben, mint levéltrágyaként vagy talajon keresztül történő alkalmazás esetén (*Malhi*, 2009).

A talajon keresztül adagolt Cu mennyisége a kötöttség, valamint a kijuttatott N hatóanyag mennyiségétől függően 3-20 kg ha<sup>-1</sup> (*Kalocsai*, 2006). Locasio szerint 2.25-9.0 kg ha<sup>-1</sup> Cu ásványi talajon és 22.5-45.0 kg ha<sup>-1</sup> tőzeges és kotus láptalajokon általában évekre elegendő (*Locasio*, 1978 cit. *Adriano*, 1986). A növények rézfelvétele jelentősen különbözhet, de a növényekben a réz koncentrációja ritkán haladja meg a 30 mg kg<sup>-1</sup> értéket nagy adagú réz kezelés alkalmazása esetén sem (*Richardson*, 1997). A talajon keresztül kijuttatott réz hatóanyagot a legtöbb növény nem akkumulálja. MacKay és társai által végzett vizsgálatok alapján tőzegen alkalmazott 511-1230 mg kg<sup>-1</sup> réz kezelése hatására a spenóttól eltekintve (63.9 mg kg<sup>-1</sup>) a többi vizsgált növényre (répa, hagyma, karfiol, saláta) nem haladta meg a réztartalom a 20 mg kg<sup>-1</sup> értéket (*Mackay et al.*, 1966). Sorteberg és Oijord szerint 50 kg ha<sup>-1</sup> CuSO<sub>4</sub>-nak megfelelő kezelése esetén a vörös here réztartalma 21.2 mg kg<sup>-1</sup>, mezei komócsin esetében 6.4 mg kg<sup>-1</sup> (*Sorteberg és Oijord*, 1977 cit. *Richardson*, 1997). Miner és társai többéves szennyvíziszap használat után vizsgálták Cd, Cu és Zn felvételét tesztnövényeken. A kapott adatok alapján a növényekben a réz kevésbé akkumulálódott (átlag koncentrációk 34.7, 13.8, 20.0 és 8.2 mg kg<sup>-1</sup>). A növények réztartalma többváltozós regressziós modellel is csak viszonylag gyengén korrelált ( $r^2 \sim 0.3$ ) a talajok felvehető réztartalmával (M3, DTPA, EDTA). Cd és Zn elemekre a korreláció sokkal jobb volt, az  $r^2$  jellemzően 0.8-0.9 körül alakult (*Miner et al.*, 1997). Ginocchio és társai szerint különböző szennyezett talajokon, különösen savas pH mellett megnövekedett a tesztnövények Cu felvétele, de nem érte el a növényi levelekre toxikus mennyiséget és az emberre veszélyes szintet (*Ginocchio et al.*, 2002). A leggyakrabban használt réz műtrágya a vízoldható CuSO<sub>4</sub>x5H<sub>2</sub>O (25.5% Cu). Egyéb források, mint a réz-oxidok (CuO, 75% Cu; Cu<sub>2</sub>O, 89% Cu), bázisos réz-szulfát (CuSO<sub>4</sub>x3Cu(OH)<sub>2</sub>, 13%-53% Cu), és réz-karbonát (CuCO<sub>3</sub>xCu(OH)<sub>2</sub>, 55%-57% Cu) is elterjedtek. A réz-kelátok is (például Na<sub>2</sub>CuEDTA, 13% Cu) használhatóak, amelyek viszonylag stabilak a talajban (lúgos talajon inkább, mint savason), így oldott formában tartják a rézet (*Adriano*,

1986). Grundon munkájában a nedvesség eloszlásának fontosságát vizsgálja talajon keresztüli tápanyag utánpótlás esetén (Grundon, 1991).

A réz levéltrágyaként történő alkalmazása rendszerint réz-szulfát, réz-oxiklorid, réz-oxid vagy kelát formában történik (Mengel *et al.*, 2001). Kelát formában általában alacsonyabb dózis használható, mint szervetlen formában, azonban a levélen keresztüli tápanyag utánpótlás hatékonysága függ az alkalmazás időpontjától is (Martens és Westermann, 1991). Brennan szerint levéltrágyaként alkalmazva a kelát (kísérletében Cu-EDTA, 15% Cu) forma a leghatásosabb, a legkevésbé hatásos a réz-oxiklorid. A kapott eredmények alapján réz-szulfátra vonatkoztatva a kelát-forma relatív hatékonysága 1.72-2.24, a réz-oxikloridé 0.47-0.63 (Brennan, 1990). Malhi és társai különböző talajon és levélen keresztüli tápanyag utánpótlási módszereket hasonlítottak össze. Eredményeik szerint a levélen keresztüli utánpótlás gyors hatást ér el a talajon keresztül alkalmazandónál kisebb dózissal (Malhi *et al.*, 2005). Rézhiányos termőhelyen a helyesen kivitelezett Cu levéltrágyázás a kalászos gabonák értékmérő tulajdonságainak akár 20%-os javulását is eredményezheti Schmidt, Szakál és társai, Leitner és társai kutatásai szerint (Kalocsai, 2006).

Magyarországon további mikroelem utánpótlással kapcsolatos vizsgálatokat végeztek Szakál és társai (például Szakál *et al.*, 2005; Schmidt *et al.*, 2005; Barkóczi *et al.*, 2006).

A réz használata növényvédelmi megfontolásokból is kiemelt jelentőségű. Rendszeres alkalmazása miatt szükséges annak vizsgálata, hogy a réz nagyobb mennyiségben hogyan befolyásolja egyéb tápelemek felvételét (Azeez *et al.*, 2015).

A réz kezelés hatására, valamint a hatékonyságot befolyásoló egyes tényezőkre (talajtípus és szerves anyag, pH, kölcsönhatás más tápelemekkel, kijuttatás módja, hőmérséklet és nedvesség, genotípus, fenológiai fázis) vonatkozó irodalomról részletes áttekintés található Richardson munkájában (Richardson, 1997). Mengel szintén mély áttekintést ad a réz utánpótlásról, jellemzően a talajon keresztüli utánpótlásra koncentrálva (Mengel *et al.*, 2001). Martens és Westerman összefoglalója kiterjed a talajon és a levélen keresztüli utánpótlásra is (Martens és Westermann, 1991). A mikroelem pótlás módszereiről Mortvedt, illetve Malhi és Karamanos ad rövid áttekintést (Mortvedt, 1986; Malhi és Karamanos, 2006). A hazai réz utánpótlás kutatásáról Forró-Rózsa összefoglalójában található áttekintés (Forró-Rózsa, 2014).

Magyarországon további mikroelem utánpótlással kapcsolatos vizsgálatokat végeztek Szakál és társai (például Szakál *et al.*, 2005; Schmidt *et al.*, 2005; Barkóczi *et al.*, 2006;

*Forró-Rózsa et al.*, 2017) vagy Kádár (*Kádár 2017a, Kádár 2017b*). A mikroelemek, köztük a réz kutatása a nemzetközi szakirodalom szerint is aktuális téma a legkülönbözőbb területeken (például *Tang et al.*, 2009, *Barbosa et al.*, 2013, *López-Rayó et al.*, 2013 vagy *Solimanzadeh et al.*, 2014).

### **Copper, an essential element in agriculture**

<sup>1</sup>ZSOLT GICZI – <sup>2</sup>RENÁTÓ KALOCSAI – <sup>1</sup>ERIKA LAKATOS –

<sup>2</sup>VIKTÓRIA DORKA-VONA – <sup>2</sup>ENDRE ANDOR TÓTH

<sup>1</sup>SZE MÉK Department of Food Science, Mosonmagyaróvár,

<sup>2</sup>SZE MÉK Department of Water and Environmental Sciences, Mosonmagyaróvár

#### **SUMMARY**

The agriculture and the crop production has an unavoidable role in the food supply of the rapidly growing population. In the 21th century the exclusive application of the quantitative approach in the production is proved not to be enough, fulfilling customer expectations and the requirements of the regulatory authorities related to the food quality and safety are similarly serious challenges for the farmers. Further attention and effort are required from farmers to preserve the condition of the environment and the arable land, which is essential for sustainable quality crop production.

In addition to the many other factors influencing crop production, the supplement of nutrients extracted from the soil by plants is one of the key factors. In many cases the agricultural practice covers only the usage of the most important macro nutrients (N, P, K), however the absolute or even the relative lack of micronutrients may also inhibit the achievement of the planned yield and quality. This article covers a review of the literature concerning copper as an essential element for plants, its occurrence, chemistry, role and supply

**Keywords:** copper, micronutrient, nutrient supply, copper cycle, copper availability



## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## IRODALOM

*Adriano, D. C.* (1986): Trace elements in the terrestrial environment. Springer Verlag. New York.

*Ammann, M., Scherrer, L., Mueller, W., Burtscher, H., Siegmann, H. C.* (1992): Continuous Monitoring of Ultrafine Aerosol Emissions at Mt.Etna. Geophysical Research Letters, **19**, 1387-1390.

*Anders, E., Ebihara M.* (1982): Solar-system abundances of the elements. Gechimica et Cosmochimica Acta Vol. **46**, 2363-2380.

*Anderson, C. J., Ferdani, R.* (2009): Copper-64 Radiopharmaceuticals for PET Imaging of Cancer: Advances in Preclinical and Clinical Research. Cancer Biotherapy and Radiopharmaceuticals, **24**, 379–393.

*ATSDR* (2004): Toxicological Profile for Copper. U.S. Department of Health and Human Services - Agency for Toxic Substances and Disease Registry, <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp132.pdf> (letöltve 2018.03.18).

*Azeez, M. O., Adesanwo, O. O., Adepetu, J. A.* (2015): Effect of Copper (Cu) application on soil available nutrients and uptake. African Journal of Agricultural Research, **10**, 359-364.

*Barbosa, R. H., Tabaldi, L. A., Miyazaki, F. R., Pilecco, M, Kassab, S. O., Bigaton, D.* (2013): Foliar copper uptake by maize plants: effects on growth and yield. Ciência Rural, **43**, 1561-1568.

*Barkóczy M.* (2004): Réz-komplex vegyületek ligandum hatásának vizsgálata az őszi búza hozamára és minőségére. Doktori (PhD) értekezés. NYME-MÉK, Precíziós növénytermesztési módszerek doktori program.

*Barkóczy M., Szakál P., Schmidt R., Kalocsai R., Giczi Zs., Halasi T.* (2006): Copper ion-exchanged zeolite in plant nutrition. Cereal Research Communications. Proceedings of the V. Alps-Adria Workshop Opatija, Croatia, 6-11 March, 2006, 397-400.

- Baszynski T., Ruszkowska, M., Król, M., Tukendorf, A., Wolinska, D.* (1978): The Effect of Copper Deficiency on the Photosynthetic Apparatus of Higher Plants. *Z. Pflanzenphysiol.*, **89**, 207-216.
- Benton Jones, J. Jr.* (2012): *Plant Nutrition and Soil Fertility Manual*, 2nd edition. CRC Press, Boca Raton
- Bowen, H. J. M.* (1985): The Cycles of Copper, Silver and Gold. In *Hutzinger, O.* (szerk.): *The Handbook of Environmental Chemistry – Volume 1 Part D*, Springer-Verlag, Berlin.
- Boye, M., Wake, B. D., Garcia, P. L, Bown, J., Baker, A. R., Achterberg, E. P.* (2012): Distributions of dissolved trace metals (Cd, Cu, Mn, Pb, Ag) in the southeastern Atlantic and the Southern Ocean. *Biogeosciences* **9**, 3231–3246.
- Brennan., R. F.* (1990): Effectiveness of some copper compounds applied as foliar sprays in alleviating copper deficiency of wheat grown on copper-deficient soils of Western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **30**, 687-691.
- Conry, R. R.* (2005): Copper: Inorganic & Coordination Chemistry. In *King, R. B.* (szerk.): *Encyclopedia of Inorganic Chemistry*, 2nd Edition. John Wiley & Sons, New York.
- Cotton, F. A., Wilkinson G., Murillo, C. A., Bochmann, M.* (1999): *Advanced inorganic chemistry*, 6th edition. John Wiley & Sons, New York.
- Csathó P.* (1994): A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest.
- Danielsson, LG., Magnusson, B., Westerlund, S.* (1985): Cadmium, copper, iron, nickel and zinc in the north-east Atlantic ocean. *Marine Chemistry*, **17**, 23-41.
- Debreczeni B.-né, Sárdi K.* (1999): Növényi tápanyagok. In *Füleky Gy.* (szerk.): *Tápanyag-gazdálkodás*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Decker, H.* (2005): Copper Proteins with Dinuclear Active Sites. In *KING, R. B.* (szerk.): *Encyclopedia of Inorganic Chemistry*, 2nd Edition. John Wiley & Sons, New York.
- Droppa, M., Masojidek, J., Rózsa Zs., Wolak, A., Horváth L., Farkas T., Horváth G.* (1987): Characteristics of Cu deficiency-induced inhibition of photosynthetic electron transport in spinach chloroplasts. *Biochimica et Biophysica Acta*, **891**, 75-84.
- Fageria, N. D.* (2013): *Mineral Nutrition of Rice*. CRC Press, Boca Raton.
- Farias, J. G., Antes, F. L. G., Nunes, P. A. A., Nunes, S. T., Schaich, G., Rossato, L. V., Miotto, A., Giroto, E., Tiecher, T. L., Dressler, V. L., Nicoloso, F. T.* (2013): Effects of

excess copper in vineyard soils on the mineral nutrition of potato genotypes. *Food and Energy Security*, **2**, 49–69.

*Flemming, C. A., Trevors, J. T.* (1989): Copper toxicity and chemistry in the environment: a review. *Water, Air, and Soil Pollution*, **44**, 143-158.

*Fodor F.* (2013): A növények vízháztartása, ásványi táplálkozása, transzportfolyamatok. In *Fodor F.* (szerk): A növényi anyagcsere élettana. Digitális Tankönyvtár – <http://www.tankonyvtar.hu/hu> (letöltve: 2018.03.13.).

*Forró-Rózsa E.* (2014):Réz a talajban. *Acta Agronomica Óváriensis*, **56**, 97-108.

*Forró-Rózsa E., Szakál P., Csatai R.* (2017): The qualitative and quantitative impact of copper and zinc applications on winter wheat cultivation. *African Journal of Plant Science*, **11**, 351-361.

*Ginocchio, R., Rodríguez, P.H., Badilla-Ohlbaum, R., Allen, H.E., Lagos G.,E.* (2002): Effect of soil copper content and pH on copper uptake of selected vegetables grown under controlled conditions. *Environ Toxicol Chem.*, **21**, 1736-1744.

*Grundon, N. J.* (1991): Copper deficiency of wheat: effects of soil water content and fertilizer placement on plant growth. *Journal of Plant Nutrition*, **14**, 499-509.

*Hart, P. J., Nersissian, A. M., George, S. DB.* (2005): Copper Proteins with Type 1 Sites. In *King, R. B.* (szerk.): *Encyclopedia of Inorganic Chemistry*, 2nd Edition. John Wiley & Sons, New York.

*Haynes, W. M., Lide, D. R., Bruno, T. J.* (szerk.) (2017): *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 97th edition 2016-2017. Taylor & Francis Group, Boca Raton.

*He, Z. L., Yang, Y. E., Stoffella, P. J.* (2005): Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, **19**, 125–140.

*Holm, R. H., Kennepohl, P., Solomon, E. I.* (1996): Structural and Functional Aspects of Metal Sites in Biology. *Chem. Rev.*, **96**, 2239-2314.

*Huheey, J. E., Keiter, E. A., Keiter, R. L.* (1993): *Inorganic Chemistry – Principles of Structure and Reactivity*, Fourth Edition. HarperCollins College Publishers, New York.

*Jiang, L. Y., Yang, X. E., He, Z. L.* (2004): Growth response and phytoextraction of copper at different levels in soils by *Elsholtzia splendens*. *Chemosphere*, **55**, 1179–1187.

- Judel, G. K.* (1972): Einfluß von Kupfer- und Stickstoffmangel auf die Aktivität der Phenoloxidase und den Gehalt an Phenolen in den Blättern der Sonnenblume (*Helianthus annuus*). Pflanzenernährung und Bodenkunde, **131**, 159-170.
- Kabata-Pendias, A.* (2011): Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton.
- Kádár I.* (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei, 2. kiadás. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest.
- Kádár I.*, (2008): A mikroelemkutatások eredményeiről, különös tekintettel a Cu és Zn elemekre. Acta Agronomica Óváriensis, **50**, 9-13.
- Kádár I.* (2012): A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest.
- Kádár I., Csathó P.* (2017): A főbb makro- és mikroelemek közötti kölcsönhatások kísérletes vizsgálata. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest.
- Kádár I.* (2017a): Nitrogén, réz és molibdén kölcsönhatások repcére (*Brassica napus* L.). Agrokémia és Talajtan, **66**, 349-360.
- Kádár I.* (2017b): Nitrogén, réz és molibdén kölcsönhatások lucerna kultúrában (*Medicago sativa* L.). Agrokémia és Talajtan, **66**, 375-390.
- Kalocsai R.* (2006): Mikroelem trágyázás. In *Birkás M.* (szerk.): Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Karczewska A., Mocek A., Goliński P., Mleczek M.* (2015): Phytoremediation of Copper-Contaminated Soil. In: Ansari A., Gill S., Gill R., Lanza G., Newman L. (szerk) Phytoremediation. Springer, Cham.
- Kashin, V. K., Ivanov, G. M.* (2008): Copper in Natural Waters in Transbaikalia. Water Resources, **35**, 228–233.
- Khalid, B. Y., Malik, N.S.A.* (1982): Presowing soaking of wheat seeds in copper and manganese solutions, Communications in Soil Science and Plant Analysis, **13**, 981-986.
- Kumari, A., Lal, B., Rai, U. N.* (2016): Assessment of native plant species for phytoremediation of heavy metals growing in the vicinity of NTPC sites, Kahalgaon, India. Int. J. Phytoremediation, **18**, 592-597.
- Linder, M. C.* (1991): Biochemistry of copper. Springer, New York.
- Loch J. – Nosticzius Á.* (2004): Agrokémia és növényvédelmi kémia, IV. javított, átdolgozott kiadás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

- Lodders, K.* (2003): Solar system abundances and condensation temperatures of the elements. *The Astrophysical Journal*, **591**, 1220–1247.
- López-Rayó, S., Nadal, P., Pozo, M. A., Dominguez, A., Lucena, J. J.* (2013): Efficacy of Micronutrient Chelate Treatments in Commercial Crop of Strawberry on Sand Culture. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **44**, 826–836.
- MacKay, D. C., Chipman, E. W., Gupta, U. C.* (1966): Copper and Molybdenum Nutrition of Crops Grown on Acid Sphagnum Peat Soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **30**, 755–759.
- Maksymiec, W.* (1997): Effect of copper on cellular processes in higher plants. *Photosynthetica*, **34**, 321-342.
- Malhi, S. S., Cowell, L., Kutcher, H. R.* (2005): Relative effectiveness of various sources, methods, times and rates of copper fertilizers in improving grain yield of wheat on a Cu-deficient soil. *Canadian Journal of Plant Science*, **85**, 59-65.
- Malhi, S. S., Karamanos, R. E.* (2006): A review of copper fertilizer management for optimum yield and quality of crops in the Canadian Prairie Provinces. *Canadian Journal of Plant Science*, **86**, 605-619.
- Malhi, S. S.* (2009): Effectiveness of seed-soaked Cu, autumn- versus spring-applied Cu, and Cu-treated P fertilizer on seed yield of wheat and residual nitrate-N for a Cu-deficient soil. *Canadian Journal of Plant Science*, **89**, 1017-1030.
- Malmström, B. G., Leckner, J.* (1998): The chemical biology of copper. *Current Opinion in Chemical Biology*, **2**, 286-292.
- Martens, D. C., Westermann, D. T.* (1991): Fertilizer Applications for Correcting Micronutrient Deficiencies. In *Mortvedt, J. J., Cox, F., R., Shuman, L. M., Welch, R. M.* (szerk.): *Micronutrients in Agriculture*, Soil Science Society of America, Madison.
- Massey, A. G.* (1975): Copper. In *Massey, A. G., Thompson, N. R., Johnson, F.G.* (szerk.): *The Chemistry of Copper, Silver and Gold*. Pergamon Press, Oxford.
- McGuirl, M. A., Dooley, D. M.* (2005): Copper Proteins with Type 2 Sites. In *King, R. B.* (szerk.): *Encyclopedia of Inorganic Chemistry*, 2nd Edition. John Wiley & Sons, New York.
- Mengel, K., Kirkby, E. A., Kosegarten, H., Appel, T.* (2001): *Principles of Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

- Merchant, S. S., Allen, M. D., Kropat, J., Moseley, J. L., Long, J. C., Tottey, S., Terauchi, A. M.* (2006): Between a rock and a hard place: Trace element nutrition in *Chlamydomonas*. *Biochimica et Biophysica Acta*, **1763**, 578–594.
- Messerschmidt, A.* (2010): Copper metalloenzymes. In *Mandler, L., Liu, H.W.* (szerk.): *Comprehensive Natural Products II: Chemistry and Biology*. Volume 8: Enzymes and Enzyme Mechanisms. Elsevier, Amsterdam.
- Miner, G. S., Gutierrez, R., King, L. D.* (1997): oil Factors Affecting Plant Concentrations of Cadmium, Copper, and Zinc on Sludge-Amended Soils. *Journal of Environmental Quality*, **26**, 989-994.
- Moffett, J. W., Zika, R. G.* (1987): Photochemistry of Copper Complexes in Sea Water. In *Zika, R. G., Cooper, W. J.* (szerk.): *Photochemistry of Environmental Aquatic Systems*. ACS Symposium Series 327; American Chemical Society, Washington, DC.
- Mohr, F.* (1866): *Geschichte der Erde – Eine Geologie auf neuer Grundlage*. Verlag von Max Cohen & Sohn, Bonn, digitizált verzió: [https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.\\$b50628;view=1up;seq=1](https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.$b50628;view=1up;seq=1), (letöltve: 2018.03.29).
- Molnár F.* (2008): Ércék, salakok, fémek. A Miskolci Egyetem Közleménye – A sorozat, *Bányászat*, **74**, 91-111.
- Mortvedt, J. J.* (1986): Methods of Applying Micronutrient Fertilizers to Correct Deficiencies of Crops. *Outlook on Agriculture*, **15**, 135-140.
- Murell, J. C., McDonald, I. R., Gilbert, B.* (2000): Regulation of expression of methane monooxygenases by copper ions. *Trends in Microbiology*, **8**, 221-225.
- Neish, A. C.* (1939): Studies on chloroplasts ii. their chemical composition and the distribution of certain metabolites between the chloroplasts and the remainder of the leaf. *Biochem J.*, **33**, 300-308.
- Ninkov, J., Vasin, J., Milic, S., Sekulic, P., Zeremski, T., Milenkovic, S.* (2014): Copper content and distribution in vineyard soils of central Serbia. *Eurasian Journal of Soil Science*, **3**, 131 – 137.
- Nolting, R. F., de Baar, H. J. W.* (1994): Behaviour of nickel, copper, zinc and cadmium in the upper 300 m of a transect in the Southern Ocean (57°-62°S, 49°W). *Marine Chemistry* **45**, 225-242.

- Nolting, R. F., de Baar, H. J. W., Timmermans, K. R., Bakker, K.* (1999): Chemical fractionation of zinc versus cadmium among other metals nickel, copper and lead in the northern North Sea. *Marine Chemistry* **67**, 267–287.
- Pais I.* (1980): A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Partelová, D., Horník, M., Lesný, J., Rajec, P., Kováč, P., Hostin, S.* (2016): Imaging and analysis of thin structures using positron emission tomography: Thin phantoms and in vivo tobacco leaves study. *Applied Radiation and Isotopes*, **115**, 87–96.
- Rahimi, A., Bussler, W.* (1973): The effect of copper deficiency on the tissue structure of higher plants. *Z. Pflanzenerachr.*, **135**, 183-195.
- Rasheed, M. A., Seeley, R. C.* (1966): Relationship between the Protein and Copper Contents of Some Plants, *Nature*, **212**, 644-645.
- Rauch, J. N., Graedel, T. E.* (2007): Earth's anthropobiogeochemical copper cycle. *Global Biogeochemical Cycles*, **21**, pp. 13.
- Richardson, H. W.* (1997): *Handbook of Copper Compounds and Applications*. Marcel Dekker, New York.
- Romano, D., Matteucci F.* (2007): Contrasting copper evolution in  $\omega$  Centauri and the MilkyWay. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **378**, 59–63.
- Rowshanfarzad, P., Sabet, M., Jalilian, A. R., Kamalidehghan, M.* (2006): An overview of copper radionuclides and production of  $^{61}\text{Cu}$  by proton irradiation of  $^{nat}\text{Zn}$  at a medical cyclotron. *Applied Radiation and Isotopes*, **64**, 1563–1573
- Ruyters, S., Salaets, P., Oorts, K., Smolders, E.* (2013): Copper toxicity in soils under established vineyards in Europe: A survey. *Science of the Total Environment*, **443**, 470–477.
- Schmidt R., Szakál P., Kalocsai R., Giczi Zs.* (2005): The effect of copper and zinc treatments and precipitation on the yield and baking quality of wheat. Réz, cink a környezetben szakmai konferencia. *Acta Agronomica Óváriensis*, **47**, 195-203.
- Sillanpää, M.* (1982): Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study. *FAO Soils Bulletin* 48. Food and Agricultural Organisation, Róma.
- Smilde, K. W., Henkens, CH. H.* (1967): Sensitivity to copper deficiency of different cereals and strains of cereals. *Neth. J. Agric. Sei.*, **15**, 249-258.
- Smith, K. S., Huyck, H. L. O.* (1999): An Overview of the Abundance, Relative Mobility, Bioavailability, and Human Toxicity of Metals. In *Plumlee, G. S., Logdson,*

- M. J.* (szerk.): *Reviews in Economic Geology*, Vol. 6A, Society of Economic Geologists, Inc, Littleton.
- Solimanzadeha, A., Mozafaria, V., Kamalia, M.* (2014): Treatment of Pistachio Trees with Zinc and Copper in Time of Swollen Bud in Two Consecutive Years. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **45**, 1025–1036.
- Solomon, E. I., Heppner, D. E., Johnston, E. M., Ginsbach, J. W., Cirera, J., Qayyum, M., Kieber-Emmons, M. T., Kjaergaard, C. H., Hadt, R. G., Tian, L.* (2014): Copper Active Sites in Biology. *Chemical Reviews*, **114**, 3659–3853.
- Stefanovits P., Filep Gy., Füleky Gy.* (1999): Talajtan. Digitális Tankönyvtár – <http://www.tankonyvtar.hu/hu> (letöltve: 2018.03.26.).
- Swaine, D. J., Mitchell, R. L.* (1960): Trace-element distribution in soil profiles. *Journal of Soil Science*, **11**, 347–368.
- Szakál P., Kerekes G., Schmidt R., Barkóczi M., Giczi Zs., Kalocsai R.* (2005): Influencing the organic matter content of potato by macro and trace element fertilisers. *Cereal Research. Communications*, **33**, 415–418.
- Tang, M., Hu, F., Wu, L., Luo, Y., Jiang, Y., Tan, C., Li, N., Li, Z., Zhang, L.* (2009): Effects of copper-enriched composts applied to copper-deficient soil on the yield and copper and zinc uptake of wheat. *International Journal of Phytoremediation*, **11**, 81–93.
- Taylor, R. S., McLennan, S. M.* (2009): *Planetary crusts: their composition, origin and evolution.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Thomson, A. J., Gray, H. B.* (1998): Bio-inorganic chemistry. *Current Opinion in Chemical Biology*, **2**, 155–158.
- USGS* (2013): *Mineral Commodity Summaries 2013.* U.S. Geological Survey, Virginia.
- Watanabe, S., Iida, Y., Suzui, N., Katabuchi, T., Ishii, S., Kawachi, N., Hanaoka, H., Watanabe, S., Matsuhashi, S., Endo, K., Ishioka, N. S.* (2009): Production of no-carrier-added  $^{64}\text{Cu}$  and applications to molecular imaging by PET and PETIS as a biomedical tracer. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **280**, 199–205.
- Whatley, F. R., Ordin, L., Arnon, D. I.* (1951): Distribution of micronutrient metals in leaves and chloroplast fragments. *Plant Physiol.*, **26**, 414–418.
- Wightwick, A. M., Salzman, S. A., Reichman, S. M., Allinson, G., Menzies, N. W.* (2013): Effects of copper fungicide residues on the microbial function of vineyard soils. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **20**, 1574–1585.



Wood, M. J., Robson, A. D. (1984): Effect of copper deficiency in wheat on the infection of roots by *Gaeumannomyces Graminis* var. *Tritici*. Australian Journal of Agricultural Research, **35**, 735-742.

Yamasaki, H., Pilon, M., Shikanai, T. (2008): How do plants respond to copper deficiency? Plant Signal Behav., **3**, 231–232.

Yruela, I. (2005): Copper in plants. Braz. J. Plant Physiol., **17**, 145-156.

Zinkiewicz, E., Ruszkowska, M., Samiec, H. (1985): Rate of dark respiration of oats at various levels of copper supply. Acta Agrobotanica, **38**, 23-32.

*A szerző levélcíme – Address of the author:*

GICZI ZSOLT

Széchenyi István Egyetem

Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

Élelmiszertudományi Tanszék

H-9200 Mosonmagyaróvár, Lucsony u. 15-17.

E-mail: giczi.zsolt@sze.hu

9200 Mosonmagyaróvár Lucsony u. 15-17.



## Talajvizsgálat Magyarországon: az infravörös és röntgen-fluoreszcens analízis alkalmazásának lehetőségei

DORKA-VONA VIKTÓRIA<sup>1</sup> – KALOCSAI RENÁTÓ<sup>1</sup> – SARJANT SAM<sup>2</sup> – GICZI ZSOLT<sup>1</sup> – VAN ERP PETER<sup>2</sup> – KOVÁCS ATTILA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
Mosonmagyaróvár

<sup>2</sup> AgroCares Research B.V., Wageningen

### ÖSSZEFOGLALÁS

A közép-infravörös (MIR) és a röntgen fluoreszcens (XRF) szenzorok talajvizsgálatban történő alkalmazásának egyik legnagyobb kihívása a módszer kalibrálása és validálása. Ennek során alapvető feladatunk a kalibrációs talajminták összegyűjtése és olyan megbízható kalibrációs modellek megalkotása, amelyek összevetik a talajok MIR, illetve XRF spektrumait azok laboratóriumi eredményeivel. A SoilCares (talajvizsgálati kutatóintézet, innovatív fejlesztő cég) 2017 végén már rendelkezett egy kalibrációs modellel, amely 25 országból származó, összesen 11000 db talajmintát tartalmazó globális kalibrációs adatbázison alapul. Magyarországon, 2017 közepén 557 db talajminta begyűjtését kezdtük meg mezőgazdasági területeiről, melyek közül 2017 decemberére már 250 mintának megvizsgáltuk a MIR és XRF spektrumát a kémhatásra ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ), a szerves szénre, az összes kalcium- és a kicserélhető magnézium tartalomra vonatkozóan.

Elvégeztünk egy előzetes kalibrációs vizsgálatot, hogy meghatározzuk a kémhatásra, a szerves szénre, a kicserélhető magnézium- és az összes kalciumtartalomra vonatkozó kalibrációs modellek teljesítményét, miután a globális kalibrációs adatbázisba feltöltöttük a magyarországi 237 db minta adatainak 0, 50 és 100%-át. Később a kalibrációs modell validálása érdekében a sokasághoz hozzáadtunk 24 db független, akkreditált laboratóriumban végzett magyarországi talajminta adatait.

Az eredmények szoros összefüggést mutatnak a becült és a valós értékek között ( $r^2 > 0.9$ ) és a becslési hiba (RMSE) mértéke is elfogadható a szerves szén, a kémhatás és az összes kalciumtartalom tekintetében. A magnézium esetében a kalibrációs modell szintén jól teljesített, de még további fejlesztésre szorul. Az összesen 557 db magyarországi kalibrációs minta globális adatbázisba történő feltöltésével várhatóan javulni fog valamennyi kalibrációs modell teljesítménye. Összességében igazolódni látszik, hogy Magyarországon is elkezdődhet a közép-infravörös és a röntgen fluoreszcens szenzorok alkalmazása a rutin talajvizsgálatokban.

**Kulcsszavak:** talajvizsgálat, szenzor technológia, kalibrációs modell, röntgen-fluoreszcencia, infravörös spektroszkópia

## BEVEZETÉS

Magyarországon a mezőgazdasági területek talajainak termőképessége folyamatosan csökken, ezért szükség van egy olyan tápanyag gazdálkodási stratégiára, amely a talaj aktuális tápanyag-szolgáltató képességén alapul. A hagyományos talajvizsgálatok időigényesek és költségesek, ezért elengedhetetlen fontosságú egy gyors, megfizethető és precíz talajvizsgálatot lehetővé tevő technológia kidolgozása.

Öt évvel ezelőtt a SoilCares kutatómunkába kezdett annak érdekében, hogy közeli-infravörös (MIR) és röntgen fluoreszcens (XRF) szenzorok segítségével kifejlesszen egy gyors, precíz és megfizethető talajvizsgálati módszert. A legnagyobb kihívás a kalibrációs talajminták összegyűjtése és a megbízható előrejelzési modellek megalkotása volt. Egy adatelemző technika, az ún. gépi tanulás (machine learning) alkalmazásával megtörtént a talajok MIR, illetve XRF spektrumai és a laboratóriumi eredmények összefüggéseinek modellezése. A SoilCares a világ számos tájáról származó talajmintákkal kalibrált globális előrejelzési modellt hozott létre, amely helyi viszonyokra is vonatkoztatható (*Terhoeven-Urselmans et al. 2015*).

2017 végén a fejlesztők összesen 11000 db talajmintát tartalmazó globális kalibrációs adatbázissal rendelkeztek, de ezek között még nem volt magyarországi minta. A Magyarországra is érvényes kalibrációs modell fejlesztése érdekében 2017-ben kezdetét vette egy alátámasztó kalibrációs tanulmány. Összesen 557 db talajmintát vettek meghatározott területekről, amelyeket Hollandiába, a SoilCares kalibráló laboratóriumába szállítottak. 2017 decemberére már 261 mintának megvizsgálták a MIR

és XRF spektrumát a kémhatásra ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ), a szerves szénre, a teljes kalcium és a kicserélhető magnézium tartalomra vonatkozóan.

Ebben a dolgozatban bemutatjuk az előzetes alátámasztó kalibrációs tanulmány eredményeit, ami a helyi kalibrációs minták globális talaj adatbázisba történő feltöltésének az kalibrációs modell teljesítményére gyakorolt hatását vizsgálja. A fent említett 261 minta adatait használtuk, illetve ezekből 24 talajmintát kiválasztottunk, melyeket független, akkreditált magyarországi laboratóriumban vizsgáltak és ezek alapján végeztük el a validálást.

## **IRODALMI ÁTTEKINTÉS**

A hagyományos vizsgálati módszerekkel a minta laboratóriumi előkészítését követő vizsgálatok (mint például AAS, ICP-AES, UV/VIS spektrofotometria) révén meghatározhatjuk a növény számára szükséges elemek, talajban megtalálható koncentrációját (*Read 1921, Rayment et al. 1992*). A hagyományos talajvizsgálati módszerek jól kivitelezhetőek és analitikai teljesítőképességük megfelelő, általában időigényesek és olyan anyagokat kell felhasználni az elvégzésükkor, mint savak, sók és ioncserélt víz. A mérgező és környezetre káros anyagok használata és az alkalmazandó berendezések és műszerek jellemzői miatt a vizsgálatokat csak laboratóriumi körülmények között lehet elvégezni, ahol ezen vegyi anyagok használata és ártalmatlanítása engedélyezett és biztosítottak a vizsgálatok megbízható elvégzéséhez szükséges szervezeti, környezeti, műszaki és személyi feltételek (MSZ EN ISO/IEC 17025).

A fent említett hagyományos módszerek használata során felmerülő problémák elkerülése miatt a növény által felvehető tápanyagtartalom vizsgálatának egy másik lehetséges módja a spektroszkópiai módszerek (röntgen-fluoreszcencia spektrometria vagy az infravörös spektroszkópia) alkalmazása. E technikák gyorsabbak és alig, vagy nem igényelnek vegyi anyagokat és éppen ezért képesek gyors, megfizethető megoldást kínálni, továbbá akár terepi körülmények között is végrehajthatók (pl. infravörös spektroszkópia) (*Viscarra et al. 2006, Cohen et al. 2005*).

Az infravörös spektroszkópia a fény és a vizsgált minta molekuláinak kölcsönhatásán alapuló mérési technika. A különböző minták az eltérő kémiai összetételükből adódóan, különböző hullámhosszúságú infravörös sugárzást nyelnek el. Az abszorbeált sávokat

rögzítve egy olyan spektrumot kapunk, amely a különböző tulajdonságú minták esetén eltér egymástól és emiatt valószínűleg értékes információval bír. (Nocita et al. 2015).

A talaj reflektancia spektrumának gazdag információ tartalma lehetővé teszi, hogy egyetlen görbéből számos ásványtani, kémiai, és fizikai információt nyerjünk. Ezáltal lehetőség nyílik korrelációs analízisek elvégzésre a spektrum és az egyéb talajvizsgáló módszerek által kapott kémiai és fizikai paraméterek összevetésével. Pusztán a közeli-infravörös spektrumokból a legtöbb esetben nem lehetséges messzemenő következtetéseket levonni, szükség van a spektrum és valamely vizsgált tulajdonság közti összefüggés (korreláció) feltárására.

Ehhez olyan tudás elsajátító számítógépes módszerre (ún. machine learning) van szükség, amely megfelelően nagy mintasokaságra vonatkozóan tartalmaz spektrális adatokat és referencia értékeket olyan paraméterekre, amelyeket a jövőben becsülni kívánunk (Goodacre 2003).

A közeli infravörös spektroszkópia mint korrelatív gyorsvizsgálati módszer gyakorlati értékelése (Tóth et al. 2018):

A spektrumok és az egyéb módszerek által nyert releváns információk (pl. laboratóriumban mért Mg tartalom) kombinálása révén matematikai-statisztikai módszerekkel becslő modelleket lehet felállítani, amelyek segítségével az újonnan beérkező minták kérdéses tulajdonságai (pl. Mg tartalom) NIR-spektrumuk alapján becsülhetők (Soriano-Disla et al. 2014).

A talajtulajdonságok reflektancia spektrum alapú származtatása többváltozós kalibrációs eljárások alkalmazásával valósítható meg (Martens és Naes 1989).

A többváltozós kalibrációs eljárások alkalmazásának célja független változók (X-változók, pl. spektrális adatok) és függő változók (Y-változók, pl. talajparaméter értékek) közötti kvantitatív kapcsolat modellezése. Leggyakrabban lineáris regresszió alapú módszereket alkalmaznak (pl. Multiple Linear Regression (MLR) (Andrews, 1974), Stepwise Multiple Linear Regression (SMLR), Principal Component Regression (PCR) és a Partial Least Squares Regression (PLSR) (Geladi 1985, Stenberg et al. 2010)).

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Magyarországon 557 talajmintát vettünk kalibrálás céljából. A mintavételi helyszíneket *Minasny* és *McBratney* (2006) és *Roudier* és *Hedley* (2013) tanulmányai alapján választottuk ki. Olyan szempontokat vettünk figyelembe, mint a területhasználat, a talajtípus, a jellemző klíma, a hozzáférhetőség és a piaci érték.

Összesen 261 mintát vizsgáltunk a  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  (ISO 10390:2005), a szerves szén (EN 15936:2012), a kicserélhető Mg (ISO 23470:2007) és a összes Ca-tartalom (ISO 18227:2014) tekintetében, illetve meghatároztuk az adott minták MIR és XRF spektrumát is Bruker Alpha és Panalytical Epsilon 3 spektrométerekkel. A 261 mintából 24-et az ún. visszatartó módszerrel („hold-out validation”) validáltunk, mivel ezek a minták megközelítőleg azonos helyszínről származnak, mint a kalibrációs adatok.

Az kalibrációs modelleket a WEKA software (Hall et al. 2009) és az ADAMS program (*Reutemann* és *Vanschoren* 2012) segítségével dolgoztuk ki. Az ADAMS egy információkezelési rendszer, amely korszerű adatbányászaton, gépi tanuláson, statisztikai elemzésen és vizuális számítási technológiákon alapul. A gyakorlati alkalmazást megelőzően a kalibrációs adatokat megtisztítottuk a kiugró adatoktól egy „Mean-Absolute Error” (előrejelzési hibák abszolút értékének egyszerű számtani átlaga) kiugró adatok eltávolítását végző algoritmussal (*Savitzky* és *Golay* 1964). A többi minta segítségével pedig kiépítettük az kalibrációs modelleket úgy, hogy mintánként egy modell előrejelzését végeztük el. A kombinált MIR-XRF és a laboratóriumi vizsgálat eredményeinek összevetéséhez minden modellnél a Locally Weighted Learning PLS programot (*Vinzi et al.* 2010) és a Gauss eliminációs módszert (*Rasmussen* és *Williams* 2006) használtuk.

A SoilCares által alkalmazott kalibrációs modellek a MIR és XRF szenzorok spektrum adatait használják fel úgy, hogy az spektrum adatokat egyetlen eredménnyé „olvasztják össze”. Ez azt jelenti, hogy a szenzorok által közösen szolgáltatott spektrum adat jóval átfogóbb előrejelzést tud adni, mint amire az egyes szenzorok képesek lennének (*Elmenreich* 2002). Egy kalibrációs modell megalkotásához mindkét szenzor spektrum adatára, illetve referenciaként a laboratóriumi talajvizsgálatok eredményeire is szükség van.

A magyarországi talajminta eredmények különbségeinek illusztrálására mintánként három különböző kalibrációs modellt hoztunk létre az elérhető magyarországi

kalibrációs adatok 0%-ának, véletlenszerűen kiválasztott 50%-ának, illetve 100%-ának feltöltésével (kivéve a visszatartó módszerrel validált mintákat). Mindegyik modell teljesítményét a visszatartó módszer segítségével értékeltük. A teljesítmények közötti eltérések bemutatása céljából a talajok minőségi jellemzői közül négy paramétert választottunk ki. Két értékelési módszer kerül bemutatásra:  $r^2$ , az előrejelzési és a valós értékek közötti egyezések mérésére, illetve az átlagos négyzetes eltérés statisztikai mutató (Root Mean Squared Error), ami a minták közötti eltérést, vagyis az előrejelzési hibát adja meg.

## EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉS

A kísérletben a minták szerves szén, összes kalcium, kicserélhető magnézium-tartalmát, illetve a kémhatását vizsgáltuk (pH-KCl). Az *1. táblázatban* látható, hogy a szerves szén, az összes kalcium-tartalom, illetve a kémhatás esetében az  $r^2$  értéke több mint 0,95 már a magyarországi talajminták globális adatbázisba történő feltöltése előtt.

*1. táblázat:* Az előrejelzési modellek teljesítménye a 24 validációs minta függvényében

*Table 1.* Performance of the prediction models using the 24 validation samples

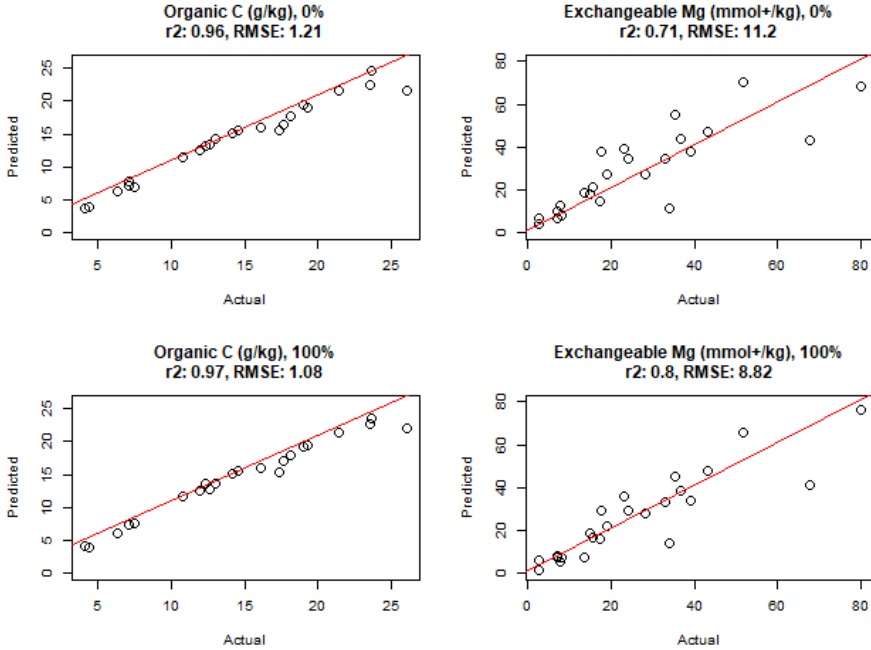
Magyar kalibrációs minták <sup>(1)</sup>	Szerves C <sup>(2)</sup> (g/kg)		Összes Ca <sup>(3)</sup> (g/kg)		Kicserélhető Mg <sup>(4)</sup> (mmol+/kg)		pH-KCl <sup>(5)</sup>	
	R <sup>2</sup>	RMSE	R <sup>2</sup>	RMSE	R <sup>2</sup>	RMSE	R <sup>2</sup>	RMSE
0%	0,96	1,21	1,00	1,67	0,71	11,2	0,98	0,25
50%	0,97	1,11	1,00	1,58	0,79	9,10	0,98	0,25
100%	0,97	1,08	1,00	1,50	0,80	8,82	0,98	0,24

<sup>(1)</sup> Hungarian calibration samples <sup>(2)</sup> Organic C, <sup>(3)</sup> Total Ca, <sup>(4)</sup> Exchangeable Mg, <sup>(5)</sup> pH-KCl

A magyarországi kalibrációs minták hozzáadásával az  $r^2$  értékében egy kismértékű javulás tapasztalható. A kicserélhető magnézium eredményei elfogadhatóak, ám tisztán látszik, hogy a kalibrációs minták hozzáadása után lényegesen magasabb lett az  $r^2$  érték.

Az *1. ábra* az kalibrációs modellek teljesítménybeli különbségeit mutatja a kalibrációs minták adatbázisba történő feltöltésének függvényében. Azok a modellek, amelyek  $r^2$  értéke már eleve magas volt (>0,95), a magyarországi minták hozzáadását követően nem teljesítettek sokkal jobban, csak az átlagos négyzetes eltérés (RMSE) értéke

csökkent esetükben. A gyengébben teljesítő modelleknél viszont - mint például a kicserélhető magnézium – a helyi minták hozzáadása nagyobb hatással volt az  $r^2$  és az RMSE értékeire.



*1. ábra:* A magyarországi kalibrációs minták adatbázisba történő feltöltésének (alsó ábrák) hatása a szerves szén (bal oldal) és a kicserélhető magnézium (jobb oldal) előrejelzési modelljeire (a regressziós egyenes piros vonallal jelölve).

*Figure 1* The effect of uploading Hungarian calibration samples into the database (bottom diagrams) on the predictive models of organic carbon (left) and exchangeable magnesium (right) predictor (regression line marked by red line).

A kísérletben a minták szerves szén, teljes kalcium, kicserélhető magnézium-tartalmát, illetve a kémhatását vizsgáltuk. Az eredményekből kiderül, hogy a SoilCares globális adatbázisa elegendő információval rendelkezik más országok hasonló talajairól, hogy a négy talajtulajdonságot sikeresen megbecsülje attól függetlenül, hogy a magyarországi minták 0, 50 vagy 100%-a adtuk-e hozzá. A helyi minták adatbázisba



történő feltöltésével azonban az előrejelzési modell teljesítménye javult az olyan gyengébben teljesítő modellek esetében, mint a kicserélhető magnézium.

A további, összesen 557 db magyarországi minta globális adatbázisba történő feltöltését követően az előrejelzési modellek további javulása várható, mivel így beazonosíthatjuk a helyi körülmények jellemző hatásait. Ennek a munkának az eredménye 2018-ban fog megtörténni, mint ahogy az előrejelzési modellek több talaj tulajdonságra történő kibővítése is.

A Magyar Tápanyag-gazdálkodási Szaktanácsadó Rendszer (pl. MÉM-NAK, Pro Planta, 3RP) a hagyományos talajvizsgálati módszerek eredményei alapján számolja ki a kijuttatandó tápanyag mennyiségét. 2018-ban egy olyan tanulmány elvégzését tervezzük, amelyben összevetjük a SoilCares által kidolgozott és a hagyományos magyar talaj vizsgálati módszerek eredményeit. Ezzel az átváltással lehetővé válik a SoilCares eredményeinek használata a magyar szaktanácsadási rendszerben.

Az előzetes tanulmány eredményei alapján elmondható, hogy a SoilCares MIR/XRF szenzor technológiájával történő talajvizsgálati módszere ígéretes lehet a magyar gazdálkodók számára.

### **Routine soil testing in Hungary: perspectives of the use of Infrared and X-ray fluorescence sensor technology.**

VIKTÓRIA DORKA-VONA<sup>1</sup>, RENÁTÓ KALOCSAI<sup>1</sup>, SAM SARJANT<sup>2</sup>, ZSOLT GICZI<sup>1</sup>, PETER VAN ERP<sup>2</sup>, ATTILA KOVÁCS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Food Sciences, Department of Biosystems and Food Engineering

<sup>2</sup>AgroCares Research B.V., Wageningen, The Netherlands.

### **SUMMARY**

One of the major challenges of using Mid-Infrared (MIR) and X-ray Fluorescence (XRF) sensor technology for routine soil testing is the collection of soil calibration samples, and derivation of reliable prediction models linking soil MIR/XRF spectra to

wet chemistry data of the samples. As of late 2017, the company SoilCares has prediction models based on a global soil calibration set consisting of about 11,000 calibration samples from 25 countries. In mid-2017, SoilCares started collecting 557 Hungarian soil samples from agricultural land and by December 2017 about 250 samples of these were analysed on MIR and XRF spectra for pH-KCl, organic carbon, total calcium and exchangeable Mg data.

A preliminary calibration and validation study was carried out to determine the performances of the pH-KCl, organic carbon (C), exchangeable magnesium (Mg), and total calcium (Ca) prediction models after addition of 0%, 50%, and 100% of 237 Hungarian samples to the global soil calibration database. Subsequently, the prediction models were validated using an independent validation set of 24 Hungarian soil samples.

The results show that the  $r^2$  between the predicted and actual values is good ( $r^2 > 0.9$ ) and prediction error is acceptable for organic C, pH-KCl, and total Ca. Performance of the Mg prediction models is sufficient but needs further improvement. It is expected that the performance of all prediction models will improve further when all 557 Hungarian calibration samples are added to the global soil calibration set. We conclude that Hungary is ready to use MIR/XRF sensor technology for routine soil testing.

**Keywords:** soil testing, sensor technology, calibration model, X-ray fluorescence, infrared spectroscopy

## **KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS**

A kutatást az EFOP-3.6.1-16-2016-00017 „Nemzetköziesítés, oktatói, kutatói és hallgatói utánpótlás megteremtése, a tudás és technológiai transzfer fejlesztése, mint az intelligens szakosodás eszközei a Széchenyi István Egyetemen“ projekt támogatta.

## **IRODALOM**

*Cohen, M.J.- Prenger, J.P.- DeBusk, WF. (2005): Visible–near infrared reflectance spectroscopy for rapid, nondestructive assessment of wetland soil quality. Journal of Environmental Quality. 34: 1422–1434.*

*Elmenreich, W. (2002): Sensor Fusion in Time-Triggered Systems. PhD thesis*

- Geladi, P.- Kowalski, B. R.* (1985): Partial least squares regression: a tutorial. *Analytica Chimica Acta*. 185: 1-17.
- Goodacre, R.* (2003): Explanatory analysis of spectroscopic data using machine learning of simple, interpretable rules. *Vibrational Spectroscopy*. 32: 33-45.
- Hall, M. - Frank, E.- Holmes, G.- Pfahringer, B.- Reutemann, P.- Witten. I. H.* (2009): The WEKA data mining software: An update. *SIGKDD Explorations*. 11, (1) 10–18.
- Martens, H.- Naes, T.* (1989): *Multivariate Calibration*. John Wiley & Sons, Chichester, Egyesült Királyság, 419.
- Minasny, B. - Mcbratney, A.* (2006): A Conditioned Latin Hypercube Method for Sampling in the Presence of Ancillary Information. *Computers and Geosciences*. 32, 1378-1388.
- Nocita, M.- Stevens, A.- Wesemael, B.- Aitkenhead, M.- Bachmann, M.- Barthès, B.- Ben-Dor, E., Brown, D.- Clairotte, M., Csorba A.- Dardenne, P.- Dematté, JA.- Genot, V.- Guerrero, C.- Knadel, M.- Montanarella, L.- Noon, C.- Ramirez-Lopez, L.- Robertson, J.- Wetterlind, J.* (2015): *Soil Spectroscopy: An Alternative to Wet Chemistry for Soil Monitoring*. *Advances in Agronomy*. 132, 139-159.
- Rasmussen CE.- Williams, C.* (2006): *Gaussian Processes for Machine Learning*, the MIT Press, Massachusetts Institute of Technology.
- Rayment, G. E.- Lyons, D. J.* (1992): *Soil chemical methods – Australasia*. CSIRO Publishing
- Read, J. W.* (1921): Rapid dry combustion method for the simultaneous determination of soil organic matter and organic carbon. *Industrial and Engineering Chemistry*. 13: 305-307.
- Reutemann, P.- Vanschoren, J.* (2012): Scientific Workflow Management with ADAMS. *Proceedings of the Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases (ECML-PKDD), Part II, LNCS 7524*, 833–837.
- Roudier, P.- Hedley, C.B.* (2013): Smart sampling to assist on-farm nutrient management. In: *Accurate and efficient use of nutrients on farms (szerk: Currie, LD, Christensen, C L)*. Occasional Report No. 26. Fertilizer and Lime Research Centre, Massey University, Palmerston North, NZ.
- Savitzky, A.- Golay, M.J.E.* (1964): Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least-Squares Procedures. *Analytical Chemistry*. 36, 1627-1639.

*Soriano-Disla, J. M.- Janik, L. J.- Viscarra Rossel, R. A.- Macdonald, L. M.- McLaughlin, M. J.* (2014): The Performance of Visible, Near-, and Mid-Infrared Reflectance Spectroscopy for Prediction of Soil Physical, Chemical, and Biological Properties, *Applied Spectroscopy Reviews*. 49: 139-186.

*Stenberg, B.- Viscarra Rossel, A.- Mouazen, A.- Wetterlind, J.* (2010): Visible and near infrared spectroscopy in soil science. In: Sparks, D. L.: *Advances in Agronomy*. 107, 163 – 215.

*Terhoeven-Urselmans, T.- Vedder, H.- van der Meer, R.- van Erp, P.J.* (2015): ‘Affordable soil testing and advisory services for small holder farmers using infrared spectroscopy’, Presentation on the 4th Global Workshop on Proximal Soil Sensing 2015 “Sensing Soil Condition and Function”. 12-15 May 2015, Hangzhou, China.

*Tóth T.- Bázár Gy.- Romvári R.* (2018): A közeli infravörös spektroszkópia mint korrelatív gyorsvizsgáló módszer gyakorlati értékelése. *Állattenyésztés*. 3, 99-100.

*Vinzi, V. E.- Trinchera, L.- Amato, S.* (2010): PLS path modelling: From foundations to recent developments and open issues for model assessment and improvement, in *Handbook of Partial Least Squares: Concepts, Methods and Application*. In Vinzi, E., Chin, V., Henseler, W, J. Wang, H. (szerk.), Springer, Germany, 36, 47-82.

*Viscarra Rossel, R.A.- Walvoort, D.J.J.- McBratney, A.B.- Janik, L.J.- Skjemstad, J.O.* (2006): Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. *Geoderma*. 131: 59–75.

*A szerzők levélcíme – Address of the authors:*

Dorka-Vona Viktória - Kalocsai Renátó - Giczi Zsolt - Kovács Attila

Széchenyi István Egyetem,

Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,

H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

E-mail: viktorias.dorka-vona@csernozjom.com, kalocsai.renato@sze.hu,

giczi.zsolt@sze.hu, kovacs.attila@sze.hu

Sarjant Sam - van Erp Peter

AgroCares Research B.V., Nieuwe Kanaal 7C, 6709PA,

Wageningen, Hollandia

E-mail: sam.sarjant@soilcaresresearch.com,

peter.vanerp@soilcaresresearch.com



## Introduction to fossil free grain production

TIBOR HORVÁTH – ANIKÓ NYÉKI – MIKLÓS NEMÉNYI

Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Food Sciences

Department of Biosystems and Food Engineering

Mosonmagyaróvár

### SUMMARY

Agriculture is a crucially important industry for mankind. This is the industry that has been with us since the dawn of history, producing products that are indispensable to our lives. It is therefore crucial that the system should remain sustainable in its energy use, not only at a given moment in time, but also over the long term.

Within agriculture, the area of grain production has been of primary importance both economically and in terms of territory. In Hungary 56% of arable land in 2017 was used for grain production, of which the vast majority was given over to winter wheat and maize, over a total area of almost 2 million ha. These two grains also carry enormous significance worldwide. Due to their great importance, we examined the energy balance of the production of these two grains.

In contrast to the current open energy system, we examined how the energy balance of the system would develop under a closed system. The closed system relies exclusively on biogas produced from the straw or maize stalks remaining as by-products of farming, as energy inputs. This can be used directly for fertilizer production and as fuel, or indirectly as a fuel used in heat or electricity generation. It can be calculated whether the by-products produced from one hectare of arable land, could be used to entirely cover the energy needs of the production, or in what way the energy balance would change compared with the current one.

In the course of the study, it was found that in the case of maize, the largest energy demand was from nitrogen-based fertilizer (more than a quarter of the total energy

demand). In the case of wheat, partly due to the plant's lower nitrogen needs, and partly due to technology, the total amount of energy consumed is less than in the case of maize. However, the amount of biogas that can be obtained from wheat straw is lower than that from maize.

The study assumes that the energy use of by-products will occur only through biogas technology, meaning it could be done in a decentralized manner.

**Keywords:** energy balance, biogas, biogas-based power generation, maize production, wheat production

## INTRODUCTION AND LITERATURE REVIEW

In Hungary, according to the official 2017 data, there were 4,33 million ha of arable land, of which 56% was used to grow grain (*Hungarian Central Statistical Office, 2017*). The two most important grains were maize and wheat. The area of the former was 1.0 million ha, while the latter occupied 908 thousand ha. In the past few years this value has shown a slightly downward trend, but nevertheless these two grains remain the two largest crops, covering a total area of 1,9 million ha, or 20,51% of the total area countrywide (*Hungarian Central Statistical Office, 2017*).

These crops are also of great importance worldwide: according to the FAO data, 229,1 million ha of maize and 221,0 million ha of wheat were produced in the world (the latter does not include only winter wheat, as it does in Hungary) (*FAO, 2017*).

Bearing in mind the continuing growth of the world's population, it is crucial for the production of the above two grains to remain energetically sustainable. The worldwide population's demand for wheat and maize can only be ensured through integrated crop production methods. Without nitrogen-based fertilizers, the food needs of only about half of the world's population could be met. (*C.J. Dawson et al, 2011*). Since population growth is unceasing, nitrogen fertilizers are of paramount importance. In terms of energy, they are a significant factor in production, in the case of maize production the energy demand of N-fertilizers accounts for more than a quarter of the total energy used (*Horvath T. et al, 2018*). For this reason it is worth addressing nitrogen fertilizers separately.

One of the main problems of industrial agricultural production is the huge demand for and dependence on the fossil fuel based N-fertilizer production (*Carl F. Jordan, 2016*).

It is important to know and examine the fact that the natural gas used for fertilizer production suffers shrinkage (leaks) at several points during overland transport. *N. G. Phillips et al* (2013) produced a study of USA losses in gas transportation, and the *International Energy Agency* (2006) produced studies of Russian losses, both of which had values between 3-8%, though both studies also indicated a likely deviation between the data provided by the operators and reality, to the extent that real losses are likely to be higher. For this reason, we elected to use the 8% figure in the studies, though we can suppose that even this loss is less than the real figure.

Beyond this, additional energy needs arise during production from seed sowing through the transportation used in harvesting, which would mainly be in the form of fuel use.

The Slovak *Bartalos* (2016) and *Pimentel* (2009) from the USA produced energy balance studies based on *Neményi* (1983) and *Pimentel* (1980), which can be used as a basis for the comparison of the results of our model, which examines the two most important and widely planted grains in Hungary in a closed, energetically balanced self-sustaining system. Because nitrogen-based fertilizer is an important raw material for integrated agricultural production, the study also sheds light on the amount of greenhouse gas that is released into the air in conjunction with use of the nitrogen-based fertilizer due to the transport losses alone, which could be avoided if a closed system were used.

## **MATERIALS AND METHODS**

In determining energy requirements, we have elected to separately consider the energy requirements of manufacturing nitrogen-based fertilizer and the energy needs of other energy inputs, due to the transportation-related fuel losses incurred in the course of manufacturing. We separately calculated the maize and winter wheat energy balances in the traditional production process, as well as under a supposed closed energy system.

The closed production system assumed in the model is based on the byproduct of the given grain. In the case of maize, this is the stalk and the husk, in the case of winter wheat this is the wheat straw. As regards biogas production, the byproduct was considered as the only input. We bring the fact into relief, that in practice, in the course of biogas production, in order to keep the ratio of C:N at an optimal level, other



byproducts are also required (for example food waste, byproducts or blown food from food industry, or manure from farms), however even in its present form the model is a good reflection of the energy potential of the closed system.

In making our model, we have taken into account those sources which provide realistic input and output data derived from scientific and practical experience. An additional assumption of the model is that the energy content of the byproduct, and the energy used for harvesting, transporting, and storing the same, is greater than the input energy.

Following the calculation of the amount of natural gas required for the nitrogen fertilizer production, the carbon dioxide equivalent to the amount of additional greenhouse gas emissions which can be spared through elimination of shipping losses incurred during natural gas transportation alone.

## INPUT ENERGY NEEDS

According to the calculations of *Pimentel* (2009), 1 ha of maize has an associated energy input total of  $e_{inp} = 34.449 [MJ/ha]$ , while on the basis of the data of *Bartalos* (2016), the average of this value is  $e_{inp} = 20.757 [MJ/ha]$ . The input values can vary by approx. +/-15% depending on the soil cultivation method and the amount of manure that is used. We used average values for the calculation.

In the case of wheat, by averaging *Pimentel*'s data of  $e_{inp} = 17.905 [MJ/ha]$  with *Bartalos*'s data, the total energy input is calculated at  $e_{inp} = 14.095 [MJ/ha]$ .

These values do not take into account the transport-related losses of natural gas associated with the production of nitrogen fertilizer.

The energy required to produce the nitrogen-based fertilizer can be calculated. The methane demand of the Haber-Bosch process which is used in fertilizer production is known, in the technical literature modern fertilizer production of 1 kg of nitrogen requires  $e_{N-fert} = 35 [MJ/kg]$  natural gas, including all requirements associated with every manufacturing process involved, insofar as the fertilizer plant's energy input is exclusively natural gas (*Alghren et al.*, 2010).

The transportation losses of  $r_{loss,gas} = 8\%$  must also be accounted for, on the basis of the following formula:

$$e_{lost,gas} = (r_{loss,gas} \times e_{N-fert}) - e_{N-fert}$$

In other words, the yielded nitrogen fertilizer for each kg results in 2,8 MJ of natural gas (0,081 m<sup>3</sup>) leaking into the atmosphere as shipping losses. If we further add this to the energy requirement, then the full energy input of normal (not closed system) production changes as summarized in *Table 1*.

*Table 1: Energy input needs of maize and wheat production*

	Maize		Wheat	
	Hungarian data	USA data	Hungarian data	USA data
Total input ( $E_{inp}$ )	21.124 MJ/ha	34.860 MJ/ha	14.405 MJ/ha	17.701 MJ/ha
- of which energy needs of nitrogen fertilizer	5.670 MJ/ha	5.859 MJ/ha	4.196 MJ/ha	2.586 MJ/ha
Fraction of nitrogen fertilizer out of total energy input	26,8%	16,8%	29,1%	14,6%

The quantity of nitrogen fertilizer yielded during wheat production depends greatly on the previous crop, as well as the method of farming. In European practice, larger yielded quantities are the norm, while in USA lower quantities can be assumed. On the basis of experience in Hungary, between 65 kg/ha and 111 kg/ha of nitrogen fertilizer were used depending on the previous crop, which matches Bartalos's values for Slovakia. In the case of the USA the average is 68,4 kg/ha (*Pimentel*, 2009). In analyzing the Hungarian data, we calculated using the largest values taking into consideration practical experience with the model.

#### **YIELD, QUANTITY OF BYPRODUCT THAT CAN BE USED**

Besides input factors, the other important starting point in our model is the amount of byproduct of maize or wheat production. Under the closed production system under consideration within our model, this serves as the exclusive energy source. Current energy production and conversion technologies are already capable of meeting fuel needs from the biogas directly, or using electronic energy developed with biogas.

The yields from grain and its byproducts are shown in *Table 2*.

While for maize production in USA, Pimentel’s study shows an average of  $Y_{grain} = 9.400 [kg/ha]$ , in Hungary taking into account the past three years of production,  $Y_{grain} = 7.413 [kg/ha]$  can be used to calculate 15% ( $f_{grain} = 0,15$ ) moisture content (Hungarian Central Statistical Office, 2017). The situation is the reverse in terms of wheat. While in USA the average production was  $Y_{grain} = 2.900 [kg/ha]$ , in Hungary taking into account the average over the past three years, this value was  $Y_{grain} = 5.330 [kg/ha]$  (Hungarian Central Statistical Office, 2017). In this case we calculated with a 14% moisture content ( $f_{grain} = 0,14$ ).

In the case of maize, a ratio of 1:1 seed / stem ( $r_{stalk} = 1,0$ ), while for wheat 0,945:1 seeds/stalk were assumed ( $r_{stalk} = 0,945$ ) as applied to clean, dry product. This can be used to calculate the expected quantity of byproduct as follows:

$$Y_{stalk,dry} = Y_{grain} \times (1 - f_{grain}) \times r_{stalk} = 6.301 [kg/ha]$$

Table 2: Biomass yields of maize and wheat production

	Maize		Wheat	
	Hungarian data	USA data	Hungarian data	USA data
Grain yield ( $Y_{grain}$ )	7.413 kg/ha	9.400 kg/ha	5.330 kg/ha	2.900 kg/ha
Grain moisture ( $f_{grain}$ )	15%	15%	14%	14%
Grain dry yield ( $Y_{grain,dry}$ )	6.301 kg/ha	7.990 kg/ha	4.583 kg/ha	2.494 kg/ha
Grain/stalk ratio ( $r_{stalk}$ )	1,0	1,0	0,945	0,945
Quantity of stalk and hulk byproduct ( $Y_{stalk,dry}$ )	6.301 kg/ha	7.990 kg/ha	5.036 kg/ha	2.639 kg/ha

It is important to note that insofar as nitrogen fertilizer is produced using biogas, then in this case based on the literature data, the full fossil fuel energy used during the entire process can be reduced from 35 MJ/kg to 2-4 MJ/ kg nitrogen, which is the energy required to transport the base product from which the biogas is derived (Alghren et al., 2010). In our present closed model, this energy need of 2-4 MJ is also assumed to be met from energy having a biogas source.

## RESULTS

### *Energy balance using traditional farming*

The calculated energy balance of crop production using traditional farming is summarized in *Table 3*. It must be noted that in calculating the energy inputs, only the solar energy utilized directly by the crops is not considered, as this is received “for free” from nature.

*Table 3: Maize and wheat energy balance for 1 ha*

OUTPUT	Maize		Wheat	
	Hungarian data	USA data	Hungarian data	USA data
Amount of grain yield (15% moisture content) ( $Y_{grain}$ )	7.413 kg/ha	9.400 kg/ha	5.330 kg/ha	2.900 kg/ha
Amount of maize stalk and cob ( $Y_{stalk,dry}$ )	6.301 kg/ha	7.990 kg/ha	5.036 kg/ha	2.639 kg/ha
Energy content of grain ( $E_{grain,dry}$ ) <sup>a</sup>	<b>111.195 MJ</b>	141.000 MJ	<b>84.321 MJ</b>	45.878 MJ
Energy content of maize stalk and cob ( $E_{stalk,dry}$ ) <sup>b</sup>	<b>97.666 MJ</b>	123.845 MJ	<b>80.237 MJ</b>	42.042 MJ
<b>TOTAL OUTPUT</b> ( $E_{out,norm}$ )	<b>208.861 MJ</b>	264.845 MJ	<b>164.558 MJ</b>	87.920 MJ
INPUTS				
<b>Total energy input in the case of traditional method</b> ( $E_{inp,norm}$ )	<b>21.124 MJ</b>	34.860 MJ	<b>14.406 MJ</b>	17.701 MJ
$E_{out,norm}/E_{inp,norm}$	<b>9,89</b>	7,60	<b>11,42</b>	4,97

<sup>a</sup> $E_{grain,dry} = Y_{grain} \times (1 - f_{grain}) \times e_{grain,dry}$ , where energy content of grain is:  $e_{grain,dry} = 15 [MJ/kg]$  in case of maize and  $e_{grain,dry} = 15,82 [MJ/kg]$  in case of wheat

<sup>b</sup> $E_{stalk,dry} = Y_{stalk,dry} \times e_{stalk,dry}$ , where energy content of stalk is:  $e_{stalk,dry} = 15,5 [MJ/kg]$  in case of maize and  $e_{stalk,dry} = 15,93 [MJ/kg]$  in case of wheat

<sup>c</sup> $E_{out,norm} = E_{stalk,dry} + E_{grain,dry}$

### ***Biogas production from byproducts***

Using total energy content of  $H_{biogas} = 21,48 [MJ/m^3]$  we can calculate the total biogas energy content that can be collected from the byproduct of 1 ha of crop (Kacz K., 2008., *Chamber of Commerce and Industry Csongrád County*, 2011).

*Table 4: Biogas yield from maize production byproduct*

	Maize		Wheat	
	Hungarian data	USA data	Hungarian data	USA data
Biogas yield for dry material in the case of stalks ( $v_{biogas,stalk}$ )	420 l/kg dry matter	420 l/ kg dry matter	250 l/kg dry matter	250 l/ kg dry matter
Biogas yield for maize stalk harvested from 1 ha ( $V_{biogas}$ ) <sup>a</sup>	2.646,4 m <sup>3</sup> /ha	3.355,8 m <sup>3</sup> /ha	1.259,2 m <sup>3</sup> /ha	659,8 m <sup>3</sup> /ha

$${}^aV_{biogas} = Y_{stalk,dry} \times \frac{v_{biogas,stalk}}{1000}$$

### ***Fertilizer yield from biogas only***

*Table 5* illustrates how much biogas is needed when energy needs for manufacturing the nitrogen fertilizer necessary for 1 ha of maize or wheat is to be met using exclusively biogas input. The last two lines of the table illustrate the transport-related energy requirements of the biogas used to produce the fertilizer, which can also be met with a biogas-based energy supply.

Table 5: The energy input demand of N-fertilizer in the case of biogas

	Maize		Wheat	
	Hungarian data	USA data	Hungarian data	USA data
Methane demand of 1 kg N-fertilizer <sup>a</sup> ( $d_{CH_4,fert}$ )	0,981 m <sup>3</sup> /kg			
Amount of biogas used for the production of 1 kg N-fertilizer <sup>b</sup> ( $d_{biogas,fert}$ )	1,636 m <sup>3</sup> /kg			
The amount of N-fertilizer necessary for the production of 1 ha maize ( $m_{N-fert}$ )	150 kg	155 kg	111 kg	68,4 kg
Biogas demand for N-fertilizer ( $D_{biogas,fert}$ ) <sup>c</sup>	<b>245,4 m<sup>3</sup></b>	<b>253,6 m<sup>3</sup></b>	<b>181,6 m<sup>3</sup></b>	<b>111,9 m<sup>3</sup></b>
Input energy demand due to wrapping and transport because of biogas raw material <sup>d</sup> ( $E_{transport}$ )	<b>1.231,7 MJ/ha</b>	<b>1.657,1 MJ/ha</b>	<b>1.030,7 MJ/ha</b>	<b>1.141,1 MJ/ha</b>
- this supported by the use of biogas (taking into account 10% loss) ( $D_{biogas,transport}$ ) <sup>e</sup>	<b>63,71 m<sup>3</sup>/ha</b>	<b>85,72 m<sup>3</sup>/ha</b>	<b>53,31 m<sup>3</sup>/ha</b>	<b>59,02 m<sup>3</sup>/ha</b>

<sup>a</sup>In the case of 35 MJ full natural gas energy input demand, of which the methane content is  $f_{CH_4,gas} = 97\%$  and its calorific value is  $h_{gas} = 34,58[MJ/m^3]$ . *Tóth P. et al (2011)*.

<sup>b</sup>The methane content of the produced biogas is  $f_{CH_4,biogas} = 60\%$ , and the equation is the following

$$d_{biogas,fert} = \frac{d_{CH_4,fert}}{f_{CH_4,biogas}} = \frac{\frac{e_{N-fert}}{h_{gas}} \times f_{CH_4,gas}}{f_{CH_4,biogas}}$$

<sup>c</sup> $D_{biogas,fert} = d_{biogas,fert} \times m_{N-fert}$

<sup>d</sup>In our case I calculated using the *Gockler (2013)* equivalent for harvesting and transportation, which is in line with Hungarian conditions. According to this, the amount of gas oil needed for wrapping and bale-packaging is 14,4 kg/ha and 6 kg/tkm for 50 km of road transportation.

$$D_{biogas,transport} = \frac{E_{transport}}{\eta_{biogas}},$$

where the calorific value of biogas is  $h_{biogas} = 21,48 [MJ/m^3]$ , and the efficiency of biogas usage is  $\eta_{biogas} = 0,9$

### Savings from gas transmission losses

In the case of production of nitrogen fertilizers using biogas only, the previously mentioned  $r_{loss,gas} = 8\%$  natural gas transportation loss will not present. The chapter reviewing the literature showed that numerically 2,8 MJ of gas transportation will cause

$v_{loss,gas} = 0,081 \frac{m^3}{kg N fertilizer}$  of losses, showing the expected size of natural gas

shrinkage associated with the nitrogen fertilizer required for 1 ha of farming, and on this

basis we can calculate the total losses from natural gas leaks associated with nitrogen fertilizer production for all of Hungarian maize and wheat production, as shown in Table 6 (Hungarian Central Statistical Agency, 2017).

Table 6: CO<sub>2</sub> equivalent values of natural gas loss on account of N-fertilizer production

	Hungarian data	
	Maize	Wheat
Natural gas leakage by reason of 1 kg N-fertilizer production	0,081 m <sup>3</sup> /kg	0,081 m <sup>3</sup> /kg
N-fertilizer input in the case of 1 ha crop production	150 kg/ha	111 kg/ha
Natural gas loss because of 1 ha crop production	12,15 m <sup>3</sup> /ha	8,99 m <sup>3</sup> /ha
Total production area of Hungary in ha (average of the last 3 years)	1.116,37 ha	1.062,12 ha
Natural gas leakage on account of N-fertilizer usage for total crop production in Hungary	13.559.150 m <sup>3</sup>	9.546.189 m <sup>3</sup>
Leaked CH <sub>4</sub> greenhouse gas	13.152.375 m <sup>3</sup>	9.259.803 m <sup>3</sup>
weight of this	9.417.101 kg	6.630.019 kg
CO <sub>2</sub> equivalent of this	<b>235.427.518 kg CO<sub>2</sub> eqv.</b>	<b>165.750.475 kg CO<sub>2</sub> eqv.</b>
Leaked CO <sub>2</sub> greenhouse gas	71.457 m <sup>3</sup>	50.308 m <sup>3</sup>
weight of this	<b>141.270 kg CO<sub>2</sub> eqv.</b>	<b>99.460 kg CO<sub>2</sub> eqv.</b>

### *Input energy needs in the case of a fully biogas-based energy supply*

In the case of the full production process we have separated the nitrogen production and all other energy needs, since we separately treated the fertilizer production process using the Haber-Bosch process, assuming use of biogas for this purpose. On this basis for maize the Hungarian case showed  $E_{inp,norm} = 21.124 [MJ/ha]$ . If we deduct the nitrogen-based fertilizer production from this value, then the remaining need above this amount is  $E_{inp,cultivation} = 15.454 [MJ/ha]$ . We performed the same calculation for wheat, and for both maize and wheat calculated the USA figures. To this we must then add the baling and transport energy needs associated with 100% biogas-based fertilizer production, as well as the biogas required to produce the fertilizer itself. The results are

shown in Table 7. A conversion loss of 10% was calculated for all biogas utilization processes with the exception of fertilizer production using the Haber-Boschprocess.

Table 7: Input values of the production of 1 ha grain using their own byproducts based on 100% biogas input

	Maize		Wheat	
	Hungarian data	USA data	Hungarian data	USA data
Energy inputs with the exception of N-fertilizer production ( $E_{inp,cultivation}$ )	<b>15.454,4 MJ/ha</b>	29.001 MJ/ha	10.210 MJ/ha	15.115 MJ/ha
- amount of biogas necessary for this ( $D_{biogas,cultivation}$ )	<b>799,42 m<sup>3</sup>/ha</b>	1.500,15 m <sup>3</sup> /ha	528,14 m <sup>3</sup> /ha	781,86 m <sup>3</sup> /ha
The amount of maizestalk necessary for the production of fertilizer ( $D_{biogas,fert}$ )	<b>245,45 m<sup>3</sup>/ha</b>	253,63 m <sup>3</sup> /ha	181,6 m <sup>3</sup> /ha	111,9 m <sup>3</sup> /ha
The amount of maizestalk necessary for the energy demand of wrapping and transport ( $D_{biogas,transport}$ )	<b>63,71 m<sup>3</sup>/ha</b>	85,72 m <sup>3</sup> /ha	53,31 m <sup>3</sup> /ha	59,02 m <sup>3</sup> /ha
<b>The full biogas demand in the case of a 100% biogas based production process</b> ( $D_{biogas,production}$ )	<b>1.108,58 m<sup>3</sup>/ha</b>	<b>1.839,50 m<sup>3</sup>/ha</b>	<b>763,08m<sup>3</sup>/ha</b>	<b>952,81 m<sup>3</sup>/ha</b>
<b>The amount of maize stalk necessary for the production of the full biogas amount</b> ( $M_{stalk,demand}$ ) <sup>a</sup>	<b>2.639,5 kg</b>	<b>4.379,8 kg</b>	<b>1.816,9kg</b>	<b>2.268,6 kg</b>
Its energy content) ( $E_{stalk,demand}$ ) <sup>b</sup>	<b>40.912 MJ</b>	67.886 MJ	<b>28.942 MJ</b>	26.139MJ
<b>How many hectares' full input can the total amount of maizestalk produce on 1 ha supply?</b>	<b>2,39 ha</b>	<b>1,82 ha</b>	<b>1,65 ha</b>	<b>0,69 ha</b>

$$^a M_{stalk,demand} = \frac{D_{biogas,production}}{\frac{v_{biogas,stalk}}{1000}}$$

$$^b E_{stalk,demand} = M_{stalk,demand} \times e_{stalk,dry}$$



***Energy ratios in the case of 100% biogas-based production***

In the case of production within a closed system, in which 100% of the energy input is produced using biogas from the system's own byproducts, we do not have to account for the losses that would occur from natural gas transportation used for traditional nitrogen fertilizer production. The collection and transport of the raw materials to be used for biogas production (baling and transport processes) do, however, need to be accounted for, as an additional input factor.

When calculating energy output, the amount of biomass byproduct used for producing the biogas should be subtracted from the full biomass output, as this is will be removed from the system.

On the basis of averages in the technical literature, the output/input energy balance of biogas production itself is 2,56:1, meaning every MJ of energy input is sufficient for production of 2,56 MJ of biogas output. Thus the total necessary biogas fuel input required is 1/2,56 in order to maintain the system.

*Table 8: The energy demand of maize production in the case of 100% biogas sourced production*

	Maize		Wheat	
	Hungarian data	USA data	Hungarian data	USA data
<b>ENERGY OUTPUTS</b>				
<b>Total outputs (<math>E_{out,bio}</math>)<sup>a</sup></b>	<b>170.301 MJ/ha</b>	<b>264.845 MJ/ha</b>	<b>137.637 MJ/ha</b>	<b>54.019 MJ/ha</b>
<b>ENERGY INPUTS</b>				
Full biogas demand for the whole production process ( $D_{biogas,production}$ )	1.108,58 m <sup>3</sup> /ha	1.839,50 m <sup>3</sup> /ha	<b>763.08 m<sup>3</sup>/ha</b>	<b>952.81 m<sup>3</sup>/ha</b>
Total calorific value of biogas ( $H_{biogas,production}$ ) <sup>b</sup>	23.812,4MJ/ha	39.512,4 MJ/ha	16.391,0 MJ/ha	20.466,4 MJ/ha
<b>delivered input energy for this biogas (<math>E_{input,biogas process}</math>)<sup>c</sup></b>	<b>9.301,72MJ/ha</b>	<b>17.561,1MJ/ha</b>	<b>6.402,7 MJ/ha</b>	<b>9.096,2 MJ/ha</b>
<b><math>E_{out,bio} / E_{input,biogas process}</math></b>	<b>18,31</b>	<b>11,39</b>	<b>21,50</b>	<b>5,94</b>

$${}^a E_{out,bio} = E_{out,norm} - E_{stalk,demand}$$

$${}^b H_{biogas,production} = D_{biogas,production} \times h_{biogas}$$

$${}^c E_{input,biogas process} = \frac{H_{biogas,production}}{2,56}$$

## CONCLUSIONS

Based on the results of the model derived in the study, the results should be broken down in two ways. On the one hand from an energy standpoint (energy balance increase, energy balance decrease), and on the other hand the results can be evaluated from an ecological standpoint (the environmental damage of leaks during natural gas transmission associated with nitrogen fertilizer production, and its reduction).

### *Energy changes in the case of maize production*

In the case of maize production, both Hungarian and USA modes of production could achieve considerably higher energy levels in the case of a closed system. In the case of

production in Hungary, the full energy balance of the system would increase from 9,89 to 18,31, while evaluation of the USA data shows that there the energy rate would increase from 7,60 to 11,34. The maize produced on 1 ha is sufficient for meeting the total energy requirements of 2,3 ha in the Hungarian case and 1,8 ha in the case of the USA.

If we consider data from more years, then energy balance of maize production trends about 12-20 in the case of a closed production system, depending on the actual yield and the method of the production.

This means that investigation of the practicality of a closed system, as well as examination of the ways of using byproducts for optimizing the C:N ratio of biogas production, is certainly worth further investigation.

### ***Energy changes in the case of wheat production***

In the case of wheat production, the results are more varied. On the basis of Hungarian data, it can be stated that a clear increase in energy ratio can be achieved, from 11,42 to 21,50. However, on the basis of the USA data, the energy ratio can “only” increase from 4,97 to 5,93, where the whole of the input is provided by biogas produced from wheat straw, which is a non-negligible increase, though there remains one important consideration. While the quantity of wheat produced on 1 ha in the Hungarian case is sufficient for 1,65 ha, in case of the USA it is sufficient for the total energy requirements of only 0,69 ha of wheat production. In other words, using the USA production mode, insufficient wheat straw is generated on 1 ha to meet the total energy need of 1 ha of production, instead it is only able to meet 69% of the energy requirement. An underlying assumption of our model is that evaluation of the closed-system production makes sense only if the yield (and quantity of byproduct) is sufficient to meet at least its own energy requirement. This depends on environmental conditions, and due to differing farming methods it will not be possible in the case of every plant in all parts of the world.

This problem could be solved in the present instance by utilizing byproducts from different sectors (e.g. maize production) to compensate for missing byproducts, from sectors that have much more byproducts than their own requirements. This assumes an extended model and can be the basis of further research.

Another important aspect is that the model does not account for utilization of the sludge or fermentation liquid remaining after production of biogas – for example, by spraying it on arable land. This would increase energy requirement (transport, machinery) however, it also increases energy yield (increased biomass yield). On the basis of Hungarian experiments, dilute slurry poured into alfalfa resulted in a 50% biomass increase (6 instead of 4 reaping possibilities: *Tomócsik, A. et al.*, 2007 and *Petis, M.*, 2017., oral statement).

### ***Ecological aspect***

In the case of purely biogas-based production, the amount of fossil fuel can be saved for which we instead use biogas-based energy. Besides the obvious potential for savings, it is vital to emphasize also the potential savings from leaked natural gas which would have occurred due to nitrogen fertilizer production. The extent of this has not been specifically addressed to date in the literature. Results of natural gas leakage, shown in *Table 6.*, and their CO<sub>2</sub> values mean a huge amount of greenhouse gas emissions, which could be saved.

In the case of Hungary, leakage loss due to the N-fertilizer production associated with the maize and wheat production sector accounts for 0,74% of the country's CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> emissions (on CO<sub>2</sub> equivalent basis), which does not seem to be much. However, we know that most of the leakage loss is methane (97%) and only a low part is CO<sub>2</sub> (0,56%). If we only examine Hungary's present methane emissions, the leakage loss accounts for 5,26% of the country's total methane emissions (based on data from the *Hungarian Central Statistical Office*, 2017).

It is interesting to note that in the year 2016, 650 thousand tons of CO<sub>2</sub> equivalent methane were dropped in the air due to leakage losses. Based on our calculations, only 401,2 thousand t CO<sub>2</sub> equivalent of methane is emitted in the air for the Hungarian wheat and maize production (which of course does not apply only to Hungary). There is no information about what part of this emission is allocated to Hungary's territory. The literature is also incomplete regarding how calculated the gas transport losses have been calculated in the national economic statistics reports.

Research of this would require a separate study, because of its overriding importance.

## **Bevezetés a fosszilis energiahordozó mentes gabonatermesztésbe**

TIBOR HORVÁTH – ANIKÓ NYÉKI – MIKLÓS NEMÉNYI

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

Biológiai Rendszerek és Élelmiszeripari Műszaki Tanszék

Mosonmagyaróvár

### **ÖSSZEFOGLALÁS**

A mezőgazdaság kiemelkedően fontos iparág az emberiség számára. Ez az ágazat, amely a történelem során végigkísér bennünket, hiszen az élethez nélkülözhetetlenül szükséges termékeket állít elő. Ezért kiemelkedően fontos, hogy energiateljesítmény szempontjából ne csak egy adott pillanatban, hanem hosszú távon is fenntartható legyen a rendszer.

A gabonatermesztés ágazata mind gazdasági mind területi szempontból elsődleges a mezőgazdasági területeket figyelembe véve. Magyarországon 2017.-ben a szántónak minősített területek 56%-án gabonát termeltek, melynek túlnyomó részét az őszi búza és a kukorica tette ki, összesen csaknem 2 millió ha vetésterülettel. Világviszonylatban is óriási súlya van ennek a két gabonának. Nagy jelentőségük miatt e két gabona termelésének energiamérlegét vizsgáltuk.

A jelenleg alkalmazott nyílt energetikai rendszerhez képest vizsgálatra került, hogy zárt rendszer esetén hogyan alakulna a rendszer energiamérlege. A zárt rendszer kizárólag a melléktermékként megmaradó szalma illetve kukoricaszársegítségével előállított biogázra támaszkodik, mint input energiára. Ez közvetlen módon használható műtrágya előállításra és hajtóanyagként, vagy közvetett módon hőenergia vagy villamos energia termelésre. Kiszámítható, hogy egy hektár termőföldön keletkező melléktermék segítségével fedezhető lenne-e a termelés teljes energiaigénye, illetve hogyan változna a termelés energiamérlege a jelenlegihez képest.

A vizsgálat során kiderült, hogy a kukorica esetében a legnagyobb energiaigényt a N alapú műtrágya termelése követelt (több, mint a teljes energiaigény negyede). A búza esetében részben a növény alacsonyabb N igénye, részben a technológia miatt a bevitt összes energiamennyiség kevesebb, mint a kukoricánál. A búzaszalmából nyerhető biogáz mennyisége viszont kevesebb, mint a kukorica esetében.

A tanulmány a maradvány termékek energetikai felhasználását kizárólag biogáz technológiával feltételezi – ez decentralizált módon is megvalósítható.

**Kulcsszavak:** energia mérleg, biogáz, biogáz alapú energiatermelés, kukoricatermelés, őszi búza termelés

#### ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my special thanks to Mihály Petis, who supported us with oral and written data about biogas production in their biogas plant of Bátortrade Ltd. in Nyírbátor, Hungary.

This research was supported by VKSZ-12-1-2013-0034 “Agricultural Climate” Competitiveness and Excellence Contract.

#### REFERENCES:

*Alghren, S. et al.* (2010.): Nitrogen fertiliser production based on biogas – Energy input, environmental impact and land use – *Bioresource Technology* (9/2010), pp. 7181–7184.

*Bartalos, G.* (2016): Szántóföldi energiatermelés energia mérlege, különös tekintettel az őszi búzára és kukoricára - Szakdolgozat, Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Kar, Biológiai rendszerek és Élelmiszeripari Műszaki tanszék, Mosonmagyaróvár. pp. 36.

Csongrád County Chamber of Commerce and Industry(2011):Tanulmány a biogáz-termeléslehetőségeiről a Temes és Csongrád megye határmenti régióban

*Dawson, C.J. - Hilton, J.* (2011): Fertilizer availability in a resource-limited world: Production and recycling of nitrogen and phosphorus - *Food Policy*, Volume 36, Supplement 1, pp. S.14-S.22

Food and Agriculture Organization of United Nations (2017): FAOSTAT, Harvested area of maize in the world

Food and Agriculture Organization of United Nations (2017): FAOSTAT, Harvested area of wheat in the world

*Gockler, L.* (2013.): Mezőgazdasági gépi munkák költsége 2013.-ban, Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Gödöllő.

- Horváth T. et al* (2018): The energy balance of maize production – alternative approaches, *Acta Agraria Debreceniensis*, Debrecen - in print
- Hungarian Central Statistical Agency (2017): Idősoros éves területi adatok, 6.4.1.5. táblázat: A kukorica termelése (2000–)
- Hungarian Central Statistical Agency (2017): Statisztikai tükör, A fontosabb növények vetésterülete - 2017. június 1.
- International Energy Agency: Optimizing Russian Natural Gas (2006) - OECD/IEA, 2006.
- Jordan, C. F.* (2016): The Farm as a Thermodynamic System: Implications of the Maximum Power Principle, *Biophysical Economics and Resource Quality*, (2016, vol. 1, issue 2), pp. 1-14.
- Kacz, K.* (2008): Utilization of biomass as biogas. Renewable Energy Series Books. 4. Interreg Österreich-Hungary. Publ. Monocopy, Mononmagyaróvár, Hungary, pp. 44.
- Neményi, M.* (1983): Improvement of energy balance of maize production, in particular the factors affecting the heat consumption of artificial drying of grain. PhD thesis, Mosonmagyaróvár, Agricultural Faculty, Hungarian Academy of Sciences. (In Hungarian)
- Phillips, N. G. et al.* (2013): Mapping urban pipeline leaks: Methane leaks across Boston - *Environmental Pollution* volume 173. pp. 1-4
- Pimentel, D.* (1980): *Handbook of Energy Utilization in Agriculture*. CRC Press.
- Pimentel, D.* (2009): Energy Inputs in Food Crop Production in Developing and Developed Nations - *Energies* 2009/2, pp. 6. Table 5.
- Tomócsik, A. et al.* (2007): Tápanyagutánpótlás biogázüzemi fermentlével, *Biohulladék* (4/2007), pp. 22-24.
- Tóth, P. et al.* (2011): Energetika, 7.1. táblázat - a földgáz tipikus összetétele, pp. 184.

*Address of the authors:*

HORVÁTH Tibor – NYÉKI Anikó – NEMÉNYI Miklós  
Széchenyi István University  
Faculty of Agricultural and Food Sciences  
Department of Biosystems and Food Engineering  
9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.



## Módszertan a kukoricatermesztés kockázatainak gazdasági elemzéséhez<sup>1</sup>

### I.RÉSZ

SZABÓ JÓZSEF – KOVÁCS NORBERT – SZÁRMES PÉTER

Széchenyi István Egyetem

### Összefoglalás

A kukoricatermesztés kockázatai és a kockázatkezelési lehetőségek a termőhely jellegzetességeitől, a tenyésztési alatti időjárástól, mint külső tényezőktől, valamint a termelési tervtől, a technológiától, az információktól, a kialakult helyzetekre való reagálástól, mint belső tényezőktől függenek. Jelen tanulmányban részletesen leírunk egy elemzési eljárást, amely a kukorica termés hozamok szimulációja és a mezőgazdasági események, tevékenységek jellemző példáin megmutatja, hogy a várható termés hozam ingadozása és a felmerülő agrártevékenységek hogyan hatnak egy farmgazdaság bevételeire és kiadásaira, ezáltal pedig hogyan befolyásolják a mezőgazdasági üzem jövedelmezőségét. Az elemzés és a kockázatkezelési folyamat eredményeit úgy alakítjuk ki, hogy azok könnyen átvezethetők legyenek a farmgazdálkodási tervébe. Arra törekedtünk, hogy megmutassuk a termésbecslés és az éves farmgazdálkodási terv összefüggéseit. A bemutatott példa jól illusztrálja, hogy a működő Excel alkalmazás a tervezéshez nagy segítséget nyújt. A becslésekhez felhasználhatunk statisztikai adatokat, tapasztalati adatokat, szakértői véleményeket és saját megfigyeléseinket. Ezáltal a gazdasági hatások is pontosabban becsülhetők előre, elősegítve így a megfelelő felkészülést és az üzem biztosabb működését.

**Kulcsszavak:** kockázatkezelés a mezőgazdaságban, termés hozamok szimulációja Monte Carlo módszerrel, mezőgazdasági üzem gazdasági eredményének

---

<sup>1</sup>A tanulmány a “Nemzetköziesítés, oktatói, kutatói és hallgatói utánpótlás megteremtése, a tudás és technológiai transzfer fejlesztése, mint az intelligens szakosodás eszközei a Széchenyi István Egyetemen” elnevezésű, EFOP-3.6.1-16-2016-00017 azonosítóval ellátott projekt keretében készült.



becsléseszimulációja Monte Carlo módszerrel, mezőgazdasági üzem gazdasági eredményének becslése

## **BEVEZETÉS**

A kukoricatermesztés kockázatai és a kockázatkezelési lehetőségek a termőhely jellegzetességeitől, a tenyészidő alatti időjárástól, mint külső tényezőktől, valamint a termelési tervtől, a technológiától, az információktól, a kialakult helyzetekre való reagálástól, mint belső tényezőktől függenek. Néhány olyan tényező is említhető, amely adottság is, de előző döntés következményeként kell vele számolni, például az elővetemény faja, fajtája, a talajművelésről hozott döntések etc.

A felsoroltakból a precíziós gazdálkodás sajátos szempontja miatt kiemeljük, hogy a termőterületre telepített eszközök nyújtotta gyors, azonnali és folyamatos információszerezés esélye mellett hozzáértés, gyakorlat, gyors elemzés, megfelelő értékelés, valamint helyes döntés és hatékony beavatkozás is szükséges a termés mennyiségének és minőségének növelésére és javítására.

Jelen tanulmányban részletesen leírunk egy elemzési eljárást, amely a kukorica terméshozamok szimulációja és a mezőgazdasági események, tevékenységek jellemző példáin megmutatja, hogy a várható terméshozam ingadozása és a felmerülő agrártevékenységek hogyan hatnak egy farmgazdaság bevételeire és kiadásaira, ezáltal pedig hogyan befolyásolják a mezőgazdasági üzem jövedelmezőségét. A farm általános üzemvitelével, a kukoricatermesztésen kívüli tevékenységeivel összefüggő tényezőket most figyelmen kívül hagyjuk. További egyszerűsítés, hogy bár a precíziós gazdálkodás lehetőséget biztosít helyspecifikus (táblafolt szintű) adatkezelésre, de a módszertan jobb érthetősége érdekében egyszerűen átlagértékekkel számolunk.

Javaslatot teszünk a kockázatok elemzésére szolgáló források használatára, az elemzés módszerére, és alkalmazási példát mutatunk be. Az elemzés és a kockázatkezelési folyamat eredményeit úgy alakítjuk ki, hogy azok illeszthetők, átvezethetők legyenek a farm gazdálkodási tervébe. A cikk első részében a kukoricatermesztés kockázatmenedzsmentjének mezőgazdasági vonatkozásait és az módszertani, elméleti kereteket tekintjük át, majd a második részben konkrét példákon keresztül mutatjuk be az elemzés menetét és a bekövetkező események gazdasági hatásait.

**ANYAG ÉS MÓDSZER - KOCKÁZATELEMZÉS ÉS ÉRTÉKELÉS**

A kockázatkezelés folyamatát a következő lépésekre bontjuk:

- a kockázatnak kitett értékek meghatározása, a tenyészidő termesztési szakaszokra (fenofázisokra) való felosztása
- a kockázatok szakaszonként és az egész tenyészidőre vonatkozó elemzése és értékelése
- döntési lehetőségek az egyes fázisokban, kockázatkezelési megfontolások, várható hatások vizsgálata

Valószínűségi változóként kezeljük a fázisok kezdési idejét, időtartamát és a terméshozamot.

Az idő az egyes fenofázisok hosszát és az egész tenyészidő időtartamát jelenti. Az időtartamokat a szakirodalmi források szerint határoztuk meg. Ugyancsak az irodalomra támaszkodtunk a vetésidő kezdeti időpontjának meghatározásakor is.

A kezdési időpontot a naptár szerinti 106. napban állapítottuk meg. Ezzel a gazdálkodási tervvel való összesítés lehetőségét teremtjük meg. Így lehet a precíziós gazdálkodással és a kockázatkezeléssel kapcsolatos költségeket átvezetni a farm gazdálkodási tervébe, és a tervben a terméshozamra vonatkozó becsléseket feltüntetni. A rögzített kezdési időpont kivételével minden további terminus valószínűségi változó.

A fenológiai szakaszok átlagos, legrövidebb és leghosszabb időtartama egy FAO 400-as éréscsoportba tartozó hibrid esetén a már idézett előzmény (*Szármes szerk. 2015*) szerint:

*1. táblázat: A kukorica fenológiai fázisai*

*Table 1. Phenological phases of maize*

<b>FÁZIS</b>	<b>ÁTLAG</b>	<b>ALSÓ</b>	<b>FELSŐ</b>
<b>VETÉS - KELÉS</b>	10 nap	5 nap	12 nap
<b>KELÉS - NÉGYLEVELES ÁLLAPOT</b>	14 nap	12 nap	18 nap
<b>NÉGYLEVELES ÁLLAPOT - CÍMERHÁNYÁS</b>	50 nap	48 nap	55 nap
<b>CÍMERHÁNYÁS - NŐVIRÁGZÁS</b>	5 nap	4 nap	8 nap
<b>ÉRÉS - BETAKARÍTÁS</b>	65 nap	60 nap	75 nap
<b>ÖSSZESEN</b>	144 nap	129 nap	168 nap

A fázisok ideje mellett a másik kockázatnak kitett értéket a terméshozam jelenti, ezt szintén valószínűségi változóként kezeljük. Mivel a terméshozam csak a tenyészidő végén értelmezhető, minden fázisban csak a terméshozamra vonatkozó várakozás, előrejelzés határozható, illetve becsülhető meg. A másik változó tehát a terméshozamra vonatkozó várakozás, amelyet minden fázisban az aktuális körülmények alapján lehet megállapítani, illetve módosítani felfelé vagy lefelé. Az egyes fázisoknál a terméshozamra vonatkozó várakozásnál már szerepet játszanak a kockázatkezelési megfontolások is. A terméshozam becslésére vonatkozóan áttekintést nyújt *Hajós* (é. n.). Ez az irodalmi tétel bemutatja a szakértői munka szerepét, megadja azok korlátait, vázolja a mérések és a szakértői tudás együttes lehetőségét.

A két változó együttes mérlegelésére az idézett kézirat (*Szabó* 2016) szerinti elveknek megfelelően már adtunk egy példát egy másik szakterületen (építőipar). Az ott alkalmazott ún. kockázati ablakok alkalmasnak bizonyultak a kockázatelemzés elvégzésére, és nagyon jól bemutathatóvá teszik a folyamat során változtatott becsléseket és az eredményeket. A most bemutatott eljárás is részben ezt a módszertant követi. A kockázati ablakok mérete és alakja a folyamat alatt változik, az idő múlásával a határok egyre közelebb kerülnek egymáshoz, az ablak méretei csökkennek.

A kockázatnak kitett értékeket érintő kockázati tényezőket a következő módon csoportosíthatjuk:

- termesztési, technológiai tényezők
- időjárási tényezők
- rendkívüli körülmények, extrém időjárási tényezők
- tápanyagellátási tényezők
- növénybetegségek, fertőzések
- kártevők

A kockázatelemzés két dimenziója tehát az időtartamra és a terméshozamra vonatkozó várakozás. Mindkettőt valószínűségi változóként kezeljük.

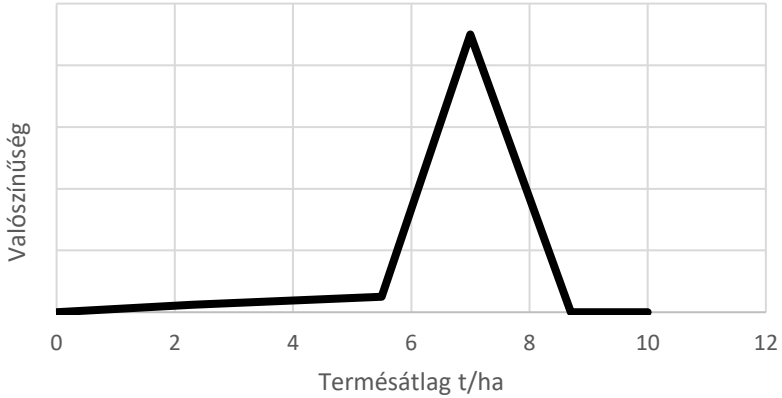
Az időtartamok alsó, felső és átlagos értékeit a fenti táblázatban megadtuk. A teljes tenyészidő és az egyes fenológiai szakaszok időtartamára, eloszlásukra a szakirodalom kismértékben eltérő, de egymáshoz nagyon közelálló értékeket ad meg. Az adatokból nem olvasható ki egyértelmű tendencia, a földrajzi hely sem ad markáns eligazítást, ezért döntöttünk az egyenletes eloszlás alkalmazása mellett.

A termésátlagra is nyilvánvalóan vannak legkisebb, legnagyobb, illetve átlagos adatok saját, statisztikai, illetve historikus, tapasztalati forrásból. Kérdés, hogy a három értékkel kapcsolatban milyen eloszlást feltételezünk. Az első lehetőség az, hogy az alsó és a felső adat között minden értéket azonosan valószínűnek tartunk, vagyis egy véletlenszám-generátorra bízunk a várható érték becslését. A második, hogy az alsó és felső adat között sávokat határozunk meg, például hat részre osztjuk a tartományt, a középső kettőnek nagyobb, a jobbra-balra következő kettőnek kisebb, a szélső kettőnek még kisebb valószínűséget állapítunk meg. Így súlyozzuk a valószínűségeket, például a normális eloszlás egy, kettő és három szigma tartományba eső értékek területarányai szerint. Számolhatunk az alsó, közép és felső értékekkel a béta eloszlás szabályai szerint is. A módszer a várható értéket az alsó és a felső érték, valamint a középerék négyszeresével számolja. A szórás az alsó és felső érték különbségének hatodrésze. Mivel ez egy sztochasztikus módszer, természetesen másféle módon is számíthatók ezek a jellemzők.

A béta-eloszlás mellett szól az, hogy a kockázati elemzés jellemző ábrája mindig ez az aszimmetrikus sűrűségfüggvény, amely a kedvezőtlen, kockázati oldalon hosszabb, az esély-oldalon rövidebb. A béta-eloszlás egyszerűsíthető egy háromszög alakú sűrűségfüggvénnyel. A béta-eloszlás mindig véges tartományt jelöl ki, vagyis mind a két végén nulla az ordináta.

Itt a továbbiakban a következő döntés szerint járunk el: az időtartam meghatározásánál a legegyszerűbb módszert választjuk: a megadott alsó és felső határérték között minden időtartamra vonatkozóan azonos valószínűséget tervezünk, minden érték azonos eséllyel lehet várható érték.

A terméshozamra vonatkozó várakozásnál kompromisszumos megoldás mellett döntöttünk. A béta-eloszláshoz hasonlóan hármass becsléseket végeztünk: az alsó, a felső és az átlagos értékre vonatkozóan. A görbe vonalú sűrűségfüggvényt így háromszöggel helyettesítettük. A kockázati, kedvezőtlen oldalon egy kis háromszög betoldásával azt is tudtuk érzékelteni, hogy a termesztés közben a termést katasztrofális, végzetes hatások is érhetik. A háromszög méreteit úgy határoztuk meg, hogy a teljes terület 5%-át tegye ki. A másik, a kedvező esélyoldalon is be lehetne építeni egy hasonló elemet, de ezt nem tartjuk indokoltnak. A felhasznált sűrűségfüggvény tehát az **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** szerinti általános alakot veszi fel.

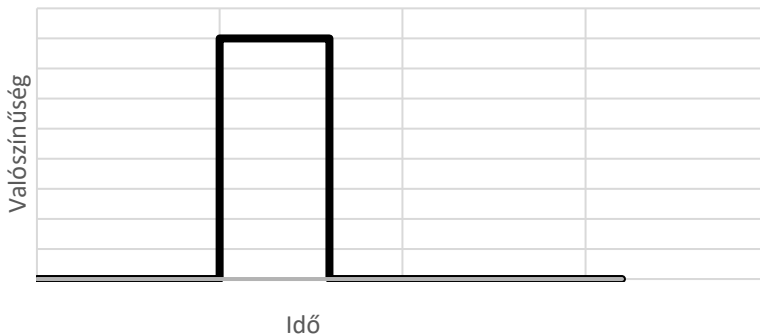


1. ábra: A terméshozam sűrűségfüggvénye

Figure 1: Distribution function of crop yield

Az 1. ábra szerinti függvényen a várható érték a legmagasabb ponttól kissé balra helyezkedik el, de az eltérés lényegtelen, elhanyagolható. A további ábrákon ez a sűrűségfüggvény a jobb szélén fog megjelenni, fordított tengelyelhelyezéssel.

A 2. ábra az egyenletes eloszlás nagyon egyszerű sűrűségfüggvénye látható, a becsült, megadott határok között minden érték azonos valószínűséggel bír, egyszerű, súlyozatlan véletlenszám-generálással választhatjuk ki a várható időpontot.



2. ábra: Az érés idejének sűrűségfüggvénye

Figure 2: Distribution function of crop maturation time

Az elemzésnél egy adott fázisban a növényfejlődés és más körülmények elemzésével és mérlegelésével a következő előrejelzésekre kerülhet sor:

- Időpont becslése a következő fenofázisok bekövetkezésére. Végezhetünk becsléseket egy (közéérték) vagy három időpontra (várható, minimum és maximum).
- Terméshozamra vonatkozó várakozásainkat minden fázis után csak az érés előre jelzett időpontjára adunk, három értéket megjelölve.

Az elemzésnél a két dimenzió tehát az idő és a terméshozamra vonatkozó várakozás.

Az időnél a gazdasági év szerinti beosztást alkalmazzuk. A felsorolt öt fenofázis közül a harmadikat és a negyediket összevonjuk és beiktatunk egy közbenső fázist július és augusztus fordulójában. A fenofázis szerinti tagolásnál feltüntetjük a maximális, átlagos és minimális értéket.

A korábban ismertetett fázisidőpontok alsó és felső értékeit átszámítottuk a naptári napokra, a következő módon:

2. táblázat: A kukorica fenológiai fázisai naptári napokban

Table 2. Phenological phases of maize in calendar days

FÁZIS	ALSÓ	FELSŐ
<b>VETÉS IDŐPONTJA</b>	100. nap	110. nap
<b>VETÉS - KELÉS</b>	105. nap	122. nap
<b>KELÉS - NÉGYLEVELES ÁLLAPOT</b>	117. nap	140. nap
<b>NÉGYLEVELES ÁLLAPOT - NŐVIRÁGZÁS</b>	169. nap	203. nap
<b>ÉRÉS - ARATÁS</b>	229. nap	278. nap

A terméshozamnál több szintet határozhatunk meg. Ezek lehetnek a becslések határai, illetve a várakozásokat ezekhez az értékekhez viszonyíthatjuk.

A Magyarországon termesztett kukorica éghajlati-biológiai terméshozamát általában hektáronként 9,5 és 10,5 tonnára teszik, bár termésversenyeken értek már el 18 tonnás hozamot is. A szántóföldi termesztésben stabilan elérhető hozamok értéke a statisztikai adatok alapján hektáronként 9,0-9,5 tonna (KSH 2017). Mi az elemzésnél 9,5-10,5 tonnás maximális terméshozamokból indultunk ki.

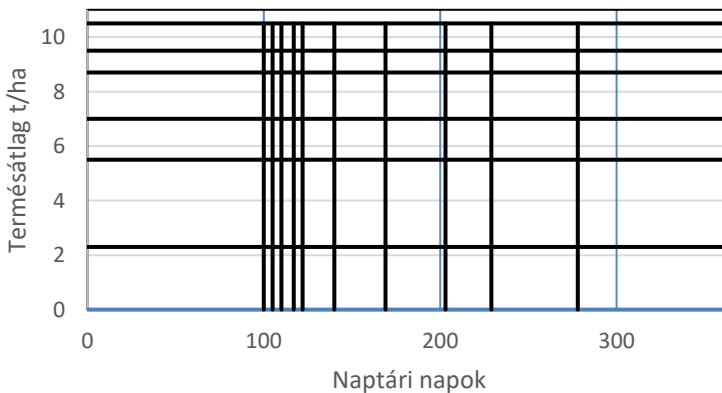
Példánkban a maximumot a Kisalföldön 2016-ban elért hozammal 8,66 tonnára vesszük fel. A minimális terméshozam ugyancsak a Kisalföldön 2015-ben, 5,51 tonna

volt hektáronként. Átlagértéknek az elmúlt tíz gazdasági évben elért hozamok egyszerű átlagaként 6,95 tonnát veszünk fel. A precíziós gazdálkodás eszközei segítségével ezek az értékek jelentősen felfelé tolhatók el, ezért becslésünk erősen konzervatívnak tekinthető, és érdemes lenne a terméshozam értékeket precíziós gazdálkodást folytató gazdaságok adatai alapján meghatározni.

Az elért minimum alatti értékek a nagyon rossz évekre vonatkoznak. A nagyon rossz jelző azt jelenti, hogy a tapasztalati adatok alapján végzett becslések arra az évre, amikor különösen kedvezőtlen időjárás van, és egy-két extrém jelenség is fellép, általában az átlagtermés harmadát jelölik meg termésminimumnak, ez példánkban 2,32 tonna hektáronként. És az utolsó érték a nulla, amennyiben a teljes termés elpusztul, vagy a maradék mennyiséget nem takarítják be, vagy betakarított termés az eredeti célra nem használható fel, nem értékesíthető.

A 3. ábra vízszintes tengelyén tehát két beosztást alkalmaztunk: a naptári beosztás mellett feltüntettük a szakirodalom által megadott fenofázisokra vonatkozó időértékeket. A kötött kiinduló vetési időpontra kívül a keret minden fenofázisra ad közép, maximális és minimális értéket.

A függőleges tengelyen szerepelnek a szakirodalomból megismert határok, illetve a konkrét termelési helyre vonatkozó, példaként szolgáló maximum, minimum és átlaghozamok.

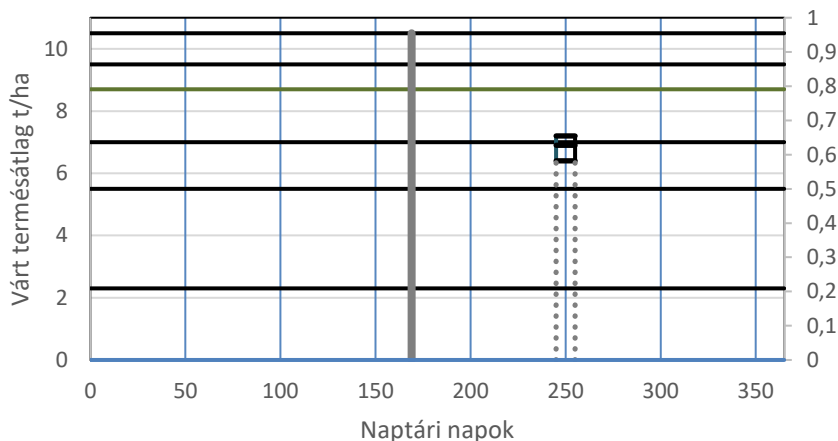


3. ábra: Az elemzés keretei

Figure 3: Framework of our analysis

Ebben a keretben végezhetjük el fázistól fázisra haladva a kockázatelemzést, megadhatjuk a konkrét fázisban jelentkező kockázati tényezőket, a lehetséges káros hatásokat, illetve a kockázat észlelésére, a kockázatkezelésre alkalmas eszközöket.

Az érés várható időpontjánál a két dimenzió szerinti minimumok és a maximumok vonala jelöli ki a kockázati ablakot. Az időre és a terméshozamra vonatkozó becsléseink a kockázati ablakban együttesen ábrázolhatók. A terméshozamnál a várható érték is jelölhető. A 4. ábra látszik, hogy a függőleges tengelyen a becsült maximum és minimum értéke között jelöltük ki az ablakot, a becsült minimumérték alatt a vízszintes tengelyig terjedő tartományt pontozott vonallal jeleztük. Ez mindig az elemzés kereteinél megállapított 5%-nyi területet képező tartomány nagyon súlyos károk bekövetkezésénél kialakult helyzetre. Az időnél a várható érték hiányzik, illetve bármelyik lehet.



4. ábra: Kockázati ablak

Figure 4: Risk window

A kockázati ablak mérete, alakja minden elemzési időpontban változik. Normál körülmények között az oldalhosszak és az ablak területe is jellemzően csökkenő tendenciát mutat. Ha a dimenziók közül egyik vagy másik, vagy mindkettő nő, akkor valami rendkívüli dolog történt, vagy ilyen helyzet kialakulását várjuk, jelezzük elő.

A 4. ábra egy, a 169. naptári napon készült becslést mutat. A függőleges vonal a június közepére eső dátumot mutatja, az ablak három vízszintes osztása pedig a



minimális (6,4 t/ha), a várható (6,9 t/ha), illetve a maximális (7,2 t/ha) termés hozamra vonatkozó előrejelzést.

A növény zavartalan fejlődését akadályozó károsítóknál a szakirodalom szerinti csoportosítást követtük. Kártevőknek tekintettük a gerinces állatokat, a rovarokat és a fonálférgeket. A kórokozók csoportjai a vírusok, baktériumok és a gombák. Károsítók még a haszonnövények konkurensei, a gyomnövények. A mezőgazdasági technológiára és a károsítók elleni védekezésre vonatkozó leírásainkat elsősorban *Keszthelyi et al. 2009, Bozsik et al. é. n., Csajbók 2012, Fischl et al.:é.n., Varga-Haszonits Zoltán et al. 2006* irodalmi tételek segítségével készítettük el.

### ***Vetés előtti műveletek***

A vetés előtti műveletek az őszi munkákkal kezdődnek. Az ősszel, illetve tavasszal, közvetlenül a vetés előtt elvégzett technikai művelet a tarlóművelés, amely a tarlólántásból és a tarlóápolásból áll. Az alapművelés, (szántás, vagy forgatás nélküli), az alapművelés elmunkálása, illetve a magágyészítés.

Kockázati tényezők:

- kedvezőtlen talajviszonyok (felázott, járhatatlan talaj) nehezíti vagy akadályozzák a munkákat
- emberi hibák
- gépek meghibásodása

Hatások:

- késés
- nem egyenletes eldolgozás

Felismerési és kockázatkezelési lehetőségek és eszközök:

- helyszíni megfigyelések
- gyakorlott gépkezelők alkalmazása
- megfelelően karbantartott gépek használata

### ***Vetéstől a kelésig***

A vetés és a kelés között a hőmérséklet, illetve annak változása a legfontosabb időjárási befolyásoló tényező. A szakirodalom szerint a talajhőmérséklet egészen kismértékű változásai is nagymértékben befolyásolják a fázis hosszát. A vetés-kelés

fenológiai szakasz hossza szinte csak ettől a tényezőtől függ. A káros hatások kivédésére csak a vetés időpontjának megváltoztatása jöhet szóba. Az elvetett mag károsítói ebben a fázisban a talajlakó kártevők és a rovarok lárvái. Nagy részük a megfelelő talajmunka és gyomtalanítás során elpusztul. A megfelelő megelőző védekezés módja a csávázott vetőmag alkalmazása, illetve a vetéssel együtt végzett fertőtlenítés. A csírázáskor megjelenhetnek a vadak, elsősorban a vaddisznó, ellenük is védekezni kell. A védekezés módja lehet fizikai akadály alkalmazása (kerítés, villanypásztor), vagy szagosító anyaggal telített csomagok kihelyezése.

Kockázati tényezők:

- alkalmatlan vetőanyag
- hideg időjárás, alacsony talajhőmérséklet
- talajban élő károkozók
- vadkárok
- emberi hibák
- gépek meghibásodása, helytelen beállítások

Hatások:

- vetési hibák
- késői kelés
- hiányos csírázás, kelés, alacsony tőszám
- részben elpusztított csírák

Felismerési és kockázatkezelési lehetőségek és eszközök:

- megfelelő vetőanyag
- időjárási előrejelzések figyelése
- helyszíni megfigyelőeszközök adatainak feldolgozása
- vegyszeres védekezés
- csapdák, riasztás, távoltartás alkalmazása a vadak ellen
- trágyázás

*Keléstől a négyleveles állapotig*

Az időjárási hatások ebben a májusi fázisban a fiatal növényt érik. Ebben az időszakban még előfordulhat éjszakai fagy, tartós hideg idő, de nagyon meleg idő is. A vadkárok elkerülését és enyhítését segíti az illetékes vadászati szervezettel való

együttműködés. Megjelennek a madarak, főként a fácán és a galamb veszélyes, lecsipkedik a kihajtott növény csúcsát.

A fázis kártevői még a lárvák és a kifejlett rovarok (pl.: kukoricabarkó, muharbolha). Vegyszeres irtásukat sorközbe dolgozott anyaggal javasolják elvégezni. Számos betegség is megtámadhatja a friss növényt, gyakori a csírákori gombás betegség.

Kockázati tényezők:

- fagy, tartós hideg időjárás
- vadak, madarak kártevése
- gombás betegségek
- rovarok kártevése

Hatások:

- tőszámcsökkenés
- fejlődést gátló betegségek kialakulása

Felismerési és kockázatkezelési lehetőségek és eszközök:

- szakértői jelentések vizsgálata
- károkozó-előrejelzések figyelése
- helyszíni megfigyelőeszközök adatainak feldolgozása
- vegyszeres védekezés
- csapdák, riasztás, távoltartás alkalmazása a vadak és madarak ellen

*Négyleveles állapottól a címerhányásig, valamint a címerhányástól a nővirágzásig*

A címben jelzett második szakasz rövidsége miatt a két fázist összevonva tárgyaljuk. Júniusban szükség lehet a tápanyag-pótlásra, lombtrágyázásra. A kártevők közül ebben az időszakban főleg a kukoricamolylepke, gyapottok bagolylepke, amerikai kukoricabogár ellen kell védekezni, de számos más kártevő is kifejlődik. A vadak, a szarvas és az őz a termésre már végig, a betakarításig komoly veszteségeket okozhatnak, a védekezést folyamatosan fenn kell tartani.

Kockázati tényezők:

- vadak, madarak kártevése
- gombás betegségek
- rovarok kártevése

Hatások:

- tőszámcsökkenés
- fejlődést gátló betegségek kialakulása

Felismerési és kockázatkezelési lehetőségek és eszközök:

- szakértői jelentések vizsgálata
- károkozó-előrejelzések figyelése
- helyszíni megfigyelőeszközök adatainak feldolgozása
- vegyszeres védekezés
- csapdák, riasztás, távortartás alkalmazása a vadak és madarak ellen

### *Érés*

Az érés szakasza az itt alkalmazott szakaszolás szerinti leghosszabb fázis. A terméshozam nagysága a július-augusztus hónapok időjárástól nagymértékben függ, a legfontosabb tényező a napsütés, a hőmérséklet és a megfelelő vízellátás. A vadak, rágcsálók (mezei pocok, ürge, hörcsög) és a vadak ellen védekezni kell. Jelentős károkat okozhatnak a rovarok, bogarak. A fejlődő kukoricát számos betegség fenyegeti, ezek egy része ellen védekezni kell, mások nem okoznak problémát. Az érési szakaszt a következő részben ismertetett példánkban két részre osztottuk, külön kezelve a júliusi, illetve az augusztustól a betakarításig tartó időszakot.

Kockázati tényezők:

- forróság
- csapadékhiány, aszály
- vadak, madarak kártevése
- gombás betegségek
- rovarok kártevése

Hatások:

- a tenyészidő meghosszabbodása
- gyenge szemfejlődés, alacsony hozamot ígérő fejlődés
- fejlődést gátló betegségek kialakulása
- tápanyaghiány

Felismerési és kockázatkezelési lehetőségek és eszközök:

- időjárási jelentések figyelése

- szakértői jelentések vizsgálata
- károkozó-előrejelzések figyelése
- helyszíni megfigyelőeszközök adatainak feldolgozása
- vegyszeres védekezés
- öntözés
- csapdák, riasztás, távoltartás alkalmazása a vadak és madarak ellen

#### *Betakarítás, szállítás, tárolás*

A betakarítást a nagytömegű árukukoricánál kombájnokkal végzik. A kombájnok csőtörő adapterrel, morzsolva végzik a munkát. A betakarításnál a betakarító és a szállító gépek együttműködésére van szükség. A kukoricát nedvességtartalmának megfelelően mesterséges szárítás után vagy szárítás nélkül tárolják be.

Kockázati tényezők:

- csapadékhiány, aszály
- vadak, madarak kártevése
- gombás betegségek
- rovarok kártevése

Hatások:

- a tenyészedő meghosszabbodása
- gyenge szemfejlődés, alacsony hozamot ígérő fejlődés
- fejlődést gátló betegségek kialakulása
- tápanyaghiány

Felismerési és kockázatkezelési lehetőségek és eszközök:

- szakértői jelentések vizsgálata
- károkozó-előrejelzések figyelése
- helyszíni megfigyelőeszközök adatainak feldolgozása
- vegyszeres védekezés
- lombtrágyázás
- csapdák, riasztás, távoltartás alkalmazása a vadak és madarak ellen

Az elemzést a már bemutatott 4. ábra látható kockázati elemzési keretek között végezzük el. Az elemzés dinamikus, végig követi a folyamatot, a tervezés minden

fázisban a tényeknek megfelelő módon kerül aktualizálásra, módosításra. Minden fázis után módosíthatók a következő fázisok bekövetkezésére, illetve a terméshozamra vonatkozó várakozások. A módosításoknál már elemezni, értékelni kell a kockázati helyzetet, meghatározhatjuk a kezelési intézkedéseket, illetve megbecsülhetjük, kalkulálhatjuk az intézkedések költségeit.

Az elemzésnél terméshozamra vonatkozó várakozások becslésére Monte Carlo módszert használtunk. A Monte Carlo módszer előrejelzésre, becslésre, kockázatelemzésre használható véletlen szám generátor. Lehetővé teszi a nagyszámú lehetséges kimenet mesterséges előállítását és a domináns mintázatok elemzését. Közgazdaságtudományi területen leggyakrabban a kockázatelemzés, érzékenységvizsgálat és előrejelzés céljából alkalmazzák. A módszer egyszerűsége lehetővé teszi, hogy a matematikusok mellett más tudományterületek kutatói is könnyen alkalmazzák. A módszer alkalmazása eredményeképpen a modellek futtatása során nagy, tetszőleges számosságú lehetséges jövőbeni kimenet áll elő, így az eredmény várható alakulásával, lehetséges kimeneteivel kapcsolatban pontosabb képet kapunk, miközben a véletlenszerűséget és a jövővel kapcsolatos bizonytalanságot is figyelembe vesszük. A szimuláció eredményeképpen feltárt jövőbeli utak elemzése fontos döntéselőkészítési elem.

Az előzőekben bemutatott háromszögeloszlást követő véletlen terméshozamok tetszőleges számban állíthatók elő. A kísérletek számának növelésével és a kísérletsorozatok ismétlésével a terméshozamok sűrűségfüggvénye folyamatosan változik. A változás mértékének értelmezési tartománya és értékkészlete a terméshozam intervallumának minimuma, maximuma, valamint a leggyakrabban előforduló érték (ami speciális esetben lehet a hosszútávú átlag is) egyre pontosabb becslésével folyamatosan változik (az értelmezési tartomány szűkül, az értékkészlet bővül).

A terméshozam alakulásának, változásainak a gazdasági hatását egy 100 hektáros farm példáján mutatjuk be. Meghatároztuk a bevételi és kiadási kategóriákat, illetve azok egy jellemző megoszlását szakirodalmi adatok alapján. A bevételek nagyságát alapvetően a terméshozam és a felvásárlási árak, illetve a területarányos támogatások határozzák meg, a kiadások nagyságát pedig az időjárás és a növénytermesztéshez szükséges tevékenységek költségei.

Egy farmgazdaság gazdasági körülményeinek leírása meglehetősen bonyolult feladat, a kiadások és bevételek szinte tetszőleges bontásban adhatók meg. A kockázati elemzés

céljaira a következő felsorolásokba foglalt tételeket adjuk meg, természetesen ez a helyi viszonyoknak és az elemzés kívánt szintjének megfelelően tetszőlegesen módosítható, szűkíthető és bővíthető. A cash flow ebben a példában az adott időszakban történő bevételek és kiadások egyenlegét jelenti, minden módosítás, átértékelés és hatásvizsgálat nélkül, minden áthúzódó hatást is figyelmen kívül hagyva.

Az elemzésben technikailag a kiadásokat és bevételeket jelentkezésük gyakorisága szerint csoportosítottuk. A példa kidolgozása érdekében állást foglaltunk minden tételnél abban a kérdésben, hogy évente, félévente, negyedévente vagy havonta keletkezik. A felsorolásban megadottak természetesen javaslatok, módosíthatók.

Javasolt bevételi kategóriák:

- Tagi, tulajdonosi befizetések (évente)
- Támogatások (állami és egyéb közpénz-támogatások) (félévente)
- Kártérítés, kárenyhítés, állami (félévente)
- Kártérítések, biztosítás alapján (félévente)
- Értékesítési bevételek (fő tevékenység) (negyedévente)
- Értékesítési bevételek (egyéb gazdálkodási tevékenység) (negyedévente)
- Nyújtott szolgáltatások bevétele (negyedévente)
- Beérkező bérleti díjak (havonta)
- Hitelek, hitelkeretek terhére lehívások (negyedévente)
- Kamatbevételek (negyedévente)
- Pénzügyi műveletekből származó bevételek (negyedévente)
- Kapott osztalékok (évente)
- Adó-visszatérítések, kompenzációs felár (havonta)
- Egyéb bevételek (havonta)

Javasolt kiadási kategóriák

- Tulajdonosi pénzkivétel, osztalék (évente)
- Központi bérek, menedzsment, adminisztráció (havonta)
- Rendszeres, alkalmazotti bérek és kiegészítő juttatások (havonta)
- Alkalmi bérek (havonta)
- Munkáltatói költségek, hozzájárulások (havonta)

- Közterhek (havonta)
- Adók (havonta, negyedévente, félévente, évente)
- Energiaközmű díjai (havonta)
- Közlekedéssel kapcsolatos kiadások (havonta)
- Telekommunikációs díjak (havonta)
- Kommunális szolgáltatások kiadásai (havonta)
- Beszerzések, tartós eszközök, gépek, járművek, berendezések (félévente)
- Építés (évente)
- Fő tevékenység beszerzései, anyagok, eszközök stb. (negyedévente)
- Egyéb tevékenységhez szükséges beszerzések (negyedévente)
- Bérleti díjak, lízingdíjak (negyedévente)
- Igénybe vett szolgáltatások díja (negyedévente)
- Javítási, karbantartási kiadások (negyedévente)
- Értékesítési- és marketingkiadások, jutalékok (félévente)
- Általános kiadások, posta, írószer, reprezentáció stb. (negyedévente)
- Biztosítási díjak (félévente)
- Adósságszolgálat (negyedévente)
- Tagsági díjak (évente)
- Reprezentáció (félévente)
- Egyéb kiadások (félévente)

Az 5. és 6. ábra a bevételek és a kiadások százalékos megoszlását mutatja havi bontásban.



**Bevételek**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
3 Tagi, tulajdonosi befizetések	3,00												3,00
2 Kapott osztalékok	2,00												2,00
25 Támogatások (állami és egyéb közpénz-támogatások)	12,50						12,50						25,00
3 Kártérítés, kárenyhítés, állami	1,50						1,50						3,00
7 Adó-visszatérítések, kompenzációs felár	0,35	0,35	0,70	0,35	0,35	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	7,00
40 Értékesítési bevételek (fő tevékenység)	4,00			8,00			12,00			16,00			40,00
10 Értékesítési bevételek (egyéb gazdálkodási tevékenység)	2,50			2,50			2,50			2,50			10,00
1 Nyújtott szolgáltatások bevétele	0,25			0,25			0,25			0,25			1,00
1 Beérkező bérleti díjak	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10	0,10	1,00
2 Kártérítések, biztosítás alapján	1,00						1,00						2,00
2 Hitelek, hitelkeretek terhére lehívások	0,50			0,50			0,50			0,50			2,00
1 Kamatbevételek	0,25			0,25			0,25			0,25			1,00
1 Pénzügyi műveletekből származó bevételek	0,25			0,25			0,25			0,25			1,00
2 Egyéb bevételek	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,20	0,20	0,16	0,16	0,16	2,00
100													

5. ábra: A bevételek százalékos megoszlása

Figure 5: Breakdown of revenues in percentages

**Kiadások**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
4 Tulajdonosi pénzkivétel, osztalék	4,00												4,00
4 Központi bérek, menedzsment, adminisztráció	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,40	0,40	0,32	4,00
18 Rendszeres, alkalmazotti bérek és kiegészítő juttatások	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,80	1,80	1,44	18,00
3 Alkalmi bérek	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,45	0,45	0,45	0,45	0,15	0,15	0,15	3,00
2 Munkáltatói költségek, hozzájárulások	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,20	0,20	0,16	2,00
8 Közterhek	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,80	0,80	0,64	8,00
9 Adók	0,45	0,45	1,35	0,45	0,45	1,35	0,45	0,45	1,35	0,45	0,45	1,35	9,00
2 Energiaközmű díjai	0,20	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	2,00
2 Közlekedéssel kapcsolatos kiadások	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	2,00
2 Telekommunikációs díjak	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,20	0,20	0,16	0,16	0,16	2,00
1 Kommunális szolgáltatások kiadásai	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08	1,00
1 Általános kiadások, posta, fröszer, reprezentáció stb.	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08	1,00
3 Beszerzések, tartós eszközök, gépek, járművek, berendezések	2,10						0,90						3,00
3 Építés	3,00												3,00
16 Fő tevékenység beszerzései, anyagok, eszközök stb.	5,60			5,60			3,20			1,60			16,00
4 Egyéb tevékenységhez szükséges beszerzések	1,40			1,40			0,80			0,40			4,00
3 Igénybe vett szolgáltatások díja	0,30			1,20			0,30			1,20			3,00
2 Javítási, karbantartási kiadások	0,60			0,40			0,60			0,40			2,00
1 Értékesítési- és marketingkiadások, jutalékok	0,50						0,50						1,00
2 Bérleti díjak, lízingdíjak	0,50			0,50			0,50			0,50			2,00
2 Adósságszolgálat, bankköltségek	0,50			0,50			0,50			0,50			2,00
1 Biztosítási díjak	0,25			0,25			0,25			0,25			1,00
1 Precíziós termelés eszközeinek kiadásai	0,25			0,25			0,25			0,25			1,00
1 Egyéb kiadások, tagsági díjak, reprezentáció	1,00												1,00
5 Korrekció a bevételi többlet miatt	5,00												5,00
100													

6. ábra: A kiadások százalékos megoszlása

Figure 6: Breakdown of expenses in percentages

## Methodology for the economic assessment of risk effects in corn production

### Part I.

JÓZSEF SZABÓ – NORBERT KOVÁCS – PÉTER SZÁRMES

Széchenyi István University

#### SUMMARY

External factors like agricultural properties of land, weather effects during growing season and internal factors like crop production plan, agricultural technology, available information, reactions to situations influence risks and risk management measures. In this paper, we described a methodology using yield simulation taking into account important agricultural events and activities to determine how yield fluctuations and agricultural activities affect the revenues and costs of a farm and its profitability. We designed the products of risk assessment and risk management so that they can be easily transferred into the business plan. We show the link between yield assessments and economic effects on the business plan revised monthly. Our example clearly illustrates how an Excel application can support the planning and revision process. For a more precise estimate, we can use statistical and empirical data and expert opinions. It also helps to make a better estimate of economic effects, and thereby allows for a more appropriate preparation and a more secure operation of the farm.

**Keywords:** risk management in agriculture, crop yield simulation with Monte Carlo simulation, estimation of economic results and profitability for an agricultural farm

#### IRODALOM

*Bozsik A. - Bujáki G. - Bürgés Gy. - Czencz K. - Deli J. - Glits M. - Folk Gy. - Hunyadi K. - Ipsits Cs. - Járfás J. - Kadlicskó S. - Kiss J. - Koppányi M. - Kozma E. - Kövics Gy. - Kuroli G. - Lánszki I. - Petrányi I. - Petróczi I. - Pécsi S. - Péntes B. - Pintér Cs. - Radócz L. - Reisinger P. - Sáringer Gy. - Szabolcs J. - Szalay-Marzsó L. - Takács A. - Tomcsányi E. - Tóth A. - Tóth I., Virányi F. (é.n.): Mezőgazdasági üzemtan. Szántóföldi növénytermesztés és kertészet. Növényvédelem. Mezőgazda Kiadó é. n. Elektronikus anyag. Letöltés: 2017. május 30.*

*Csajbók J. (2012): Szántóföldi növények termesztése és növényvédelme. Egyetemi jegyzet. Debrecen, 2012. Elektronikus anyag*

<http://www.agr.unideb.hu/ebook/szantofoldinovenyek/index.html>, letöltés: 2017. május 7.

*Fischl G. - Horváth J. - Kadlicskó S. - Kiss E. - Pintér Cs. - Bíró K.* (é.n.): A szántóföldi növények betegségei. Elektronikus anyag. Mezőgazda Kiadó, é. n. Letöltés: 2017. május 19.

*Hajós L.* (é. n.): A mezőgazdasági termelés gyakorlatának alapismeretei. Szaktudás Kiadó Ház. Elektronikus anyag. Mezőgazda Kiadó, é. n. Letöltés: 2017. május 19.

*Keszthelyi S. - Vörös G. - Szőke K. - Fischl G.* (2009): Az árukukorica növényvédelme. Növényvédelem, 45. (5), 2009 257-278. old.

*Koppány K. - Kovács N. - Szabó J.* (2013): Építőipari projektkockázatok mérésének egyes módszertani kérdései. Konferencia-előadás. Növekedés és egyensúly, Kautz Gyula Emlékkonferencia, Magyarország, Győr

*Koppány K. - Kovács N. - Szabó J.* (2014): Módszertani építőköcskák a projektkockázatok elemzéséhez. Konferencia-előadás. A tudomány és a gyakorlat találkozása, konferencia a Széchenyi István Egyetem Kautz Gyula Gazdaságtudományi Karán, Győr

*Kovács N. – Koppány K.* (2014): Kockázateleméleti és módszertani építőköcskák, in: Kovács Norbert (szerk.): Építőköcskák, Universitas-Győr Nonprofit Kft., Győr

*KSH* (2017): 6.4.1.5. A kukorica termelése (2000–) Elektronikus anyag: [http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_omn013a.html](http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn013a.html), letöltés: 2017.05.24.

*Szabó J.* (2014): Bevezető gondolatok az építőipari kockázatok menedzseléséhez, in: Kovács Norbert (szerk.): Építőköcskák, Universitas-Győr Nonprofit Kft., Győr

*Szabó J.* (2016): Szabó József: A kockázat rétegei. Kézirat. Győr

*Szármes P.* (2015): Élő Gábor, Koppány Krisztián, Kovács Norbert, Szabó József, Szármes Péter (szerk.): Precíziós gazdálkodás: Kockázatmenedzsment. Győr: Universitas-Győr Nonprofit Kft., 2015. 106 p. (ISBN:978-615-5298-52-3)

*Varga-Haszonits Z. - Varga Z. - Lantos Zs. - Enzsölné Gerencsér E.* (2006): Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. Nyugat Magyarországi Egyetem, Mosonmagyaróvár

*A szerzők levélcíme – Address of the authors:*

Szabó József – Kovács Norbert – Szármes Péter

Széchenyi István Egyetem,

Kautz Gyula Gazdaságtudományi Kar,

H-9026 Győr, Egyetem tér 1.

E-mail: [szaboj@sze.hu](mailto:szaboj@sze.hu), [kovacsn@sze.hu](mailto:kovacsn@sze.hu), [peter.szarmes@gmail.com](mailto:peter.szarmes@gmail.com)



## Módszertan a kukoricatermesztés kockázatainak gazdasági elemzéséhez<sup>2</sup>

### II.RÉSZ

KOVÁCS NORBERT – SZÁRMES PÉTER – SZABÓ JÓZSEF

Széchenyi István Egyetem

#### ÖSSZEFOGLALÁS

A kukoricatermesztés kockázatai és a kockázatkezelési lehetőségek a termőhely jellegzetességeitől, a tenyésztő alatti időjárástól, mint külső tényezőktől, valamint a termelési tervtől, a technológiától, az információktól, a kialakult helyzetekre való reagálástól, mint belső tényezőktől függenek. Jelen tanulmányban részletesen leírunk egy elemzési eljárást, amely a kukorica termés hozamok szimulációja és a mezőgazdasági események, tevékenységek jellemző példáin megmutatja, hogy a várható termés hozam ingadozása és a felmerülő agrártevékenységek hogyan hatnak egy farmgazdaság bevételeire és kiadásaira, ezáltal pedig hogyan befolyásolják a mezőgazdasági üzem jövedelmezőségét. Az elemzés és a kockázatkezelési folyamat eredményeit úgy alakítjuk ki, hogy azok könnyen átvezethetők legyenek a farmgazdálkodási tervébe. Arra törekedtünk, hogy megmutassuk a termésbecslés és az éves farmgazdálkodási terv összefüggéseit. A bemutatott példa jól illusztrálja, hogy a működő Excel alkalmazás a tervezéshez nagy segítséget nyújt. A becslésekhez felhasználhatunk statisztikai adatokat, tapasztalati adatokat, szakértői véleményeket és saját megfigyeléseinket. Ezáltal a gazdasági hatások is pontosabban becsülhetők előre, elősegítve így a megfelelő felkészülést és az üzem biztosabb működését.

**Kulcsszavak:** kockázatkezelés a mezőgazdaságban, termés hozamok szimulációja Monte Carlo módszerrel, mezőgazdasági üzem gazdasági eredményének becslése

---

<sup>2</sup> A tanulmány a "Nemzetköziesítés, oktatói, kutatói és hallgatói utánpótlás megteremtése, a tudás és technológiai transzfer fejlesztése, mint az intelligens szakosodás eszközei a Széchenyi István Egyetemen" elnevezésű, EFOP-3.6.1-16-2016-00017 azonosítóval ellátott projekt keretében készült.

## **BEVEZETÉS**

A kukoricatermesztés kockázatai és a kockázatkezelési lehetőségek a termőhely jellegzetességeitől, a tenyészidő alatti időjárástól, mint külső tényezőktől, valamint a termelési tervtől, a technológiától, az információktól, a kialakult helyzetekre való reagálástól, mint belső tényezőktől függenek. A felsoroltakból a precíziós gazdálkodás sajátos szempontja miatt kiemeljük, hogy a termőterületre telepített eszközök nyújtotta gyors, azonnali és folyamatos információszerzés esélye mellett hozzáértés, gyakorlat, gyors elemzés, megfelelő értékelés, valamint helyes döntés és hatékony beavatkozás is szükséges a termés mennyiségének és minőségének növelésére és javítására.

Jelen tanulmányban részletesen leírunk egy elemzési eljárást, amely a kukorica terméshozamok szimulációja és a mezőgazdasági események, tevékenységek jellemző példáin megmutatja, hogy a várható terméshozam ingadozása és a felmerülő agrártevékenységek hogyan hatnak egy farmgazdaság bevételeire és kiadásaira, ezáltal pedig hogyan befolyásolják a mezőgazdasági üzem jövedelmezőségét. A farm általános üzemvitelével, a kukoricatermesztésen kívüli tevékenységeivel összefüggő tényezőket most figyelmen kívül hagyjuk. További egyszerűsítés, hogy bár a precíziós gazdálkodás lehetőséget biztosít helyspecifikus (táblafolt szintű) adatkezelésre, de a módszertan jobb érthetősége érdekében egyszerűen átlagértékekkel számolunk.

Javaslatot teszünk a kockázatok elemzésére szolgáló források használatára, az elemzés módszerére, és alkalmazási példát mutatunk be. Az elemzés és a kockázatkezelési folyamat eredményeit úgy alakítjuk ki, hogy azok illeszthetők, átvezethetők legyenek a farm gazdálkodási tervébe. A cikk első részében a kukoricatermesztés kockázatmenedzsmentjének mezőgazdasági vonatkozásait és az módszertani, elméleti kereteket tekintjük át, majd a második részben konkrét példákon keresztül mutatjuk be az elemzés menetét és a bekövetkező események gazdasági hatásait.

## **EREDMÉNYEK EGY ESETPÉLDA ALAPJÁN**

Az esetpélda leírása során a fenológiai fázisok időtartamára vonatkozó adatokat a korábban megadottak szerint tüntettük fel, ugyanígy jártunk el a terméshozamnál is. Példánkban az eddigi leírások szerinti három érték becsléséből indulunk ki, minden

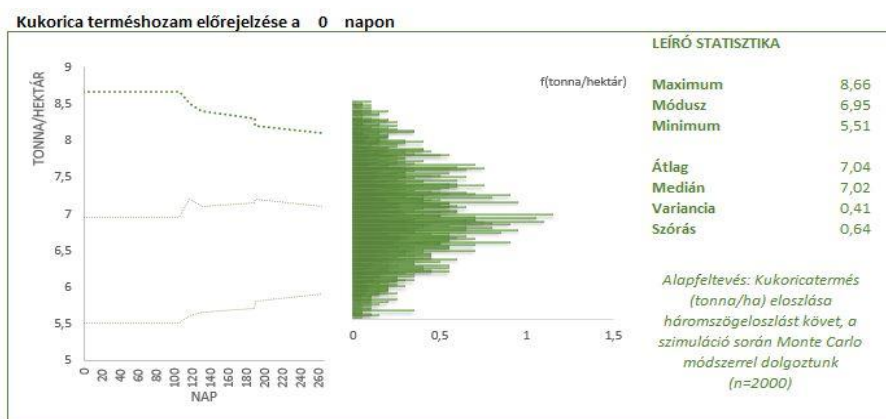
időpontban feltételezzük ezt a három termésátlagra vonatkozó várakozást és feltételezzük, hogy terméshozam alakulása három-szögeloszlást követ, az 1. ábra bemutatott, a lehetőségek 5%-át jelentő tartományt elhanyagolva.

A következőkben a tenyészidő néhány meghatározó időpontjában elvégzett szimulációk eredményeit ismertető ábrákat mutatjuk be.

Az 1. ábra a gazdasági év kezdetén készített terméshozam alakulására vonatkozó várakozás adott feltételek mellett szimulált értékei láthatók. Az ábra baloldalán látható, síkbeli, derékszögű koordináta rendszer jobb felső negyedének ordináta tengelye mutatja a termésátlagok fajlagos értékét, abszcissza tengelye pedig az év napjait.

A terméshozamra három becsült értéket, a maximálist, a legvalószínűbbet és a minimálist rendre 8,66, 6,95, illetve 5,50 tonna hektárra, vagyis a már bemutatott évtized tényadatoknak megfelelően vettük fel. Ezek az értékek, az ábrán látható módon, az idő függvényében egyre pontosabbak lesznek, köszönhetően az év közben folyamatosan végzett méréseknek és tapasztalatoknak.

A 1. ábra jobb oldalán 90 fokkal elforgatva a kukoricatermés szimulációval létrehozott sűrűséghistogramja látható. A sűrűségfüggvényt közelíteni hivatott sűrűséghistogramot azért forgattuk el 90 fokkal, hogy az értelmezési tartomány legyen az ordináta tengelyen. Az értékkészlet így értelemszerűen az abszcissza tengelyre került. A 1. ábra jobb szélén a szimulált terméshozamok eloszlásának leíró statisztikája, pontosabban annak néhány nevezetes indikátora szerepel. Minimum, módusz, maximum, átlag, szórás és a variancia.



1. ábra: Termésbecslés a gazdasági év elején

Figure 1: Yield estimate at the beginning of the business year

A tervezett termés hozam száz hektáron: 100 ha, 7,04 t/ha, 704 tonna. Az őszre előrebecsült kukoricaár 40 ezer forint tonnánként, a várható termés értéke így októberi eladással számolva 704 tonna mennyiség szorozva a 40 ezer forint/t árral, vagyis 28,16 millió forint. Ennek alapján az következő oldalon található ismertetett bevétel és kiadási szerkezetet felhasználva 2. ábrán látható pénzügyi tervet készíthetjük el a gazdaságra.



## Bevételek

(eFt)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Össz.				
Tagi, tulajdonosi befizetések	1 500												1 500				
Kapott osztalékok	1 000												1 000				
Támogatások (állami és egyéb közpénz-támogatások)	2 500						2 500						5 000				
Kártérítés, kárenyhítés, állami Adó-visszatérítések, kompenzációs felár	750			750			750						1 500				
Értékesítési bevételek (fő tevékenység)	175	175	350	175	175	350	350	350	350	350	350	350	3 500				
Értékesítési bevételek (egyéb gazdasági tevékenység)	0				1 000				1 000				28 000				30 000
Nyújtott szolgáltatások bevétele	625				625				625				625				2 500
Beérkező bérleti díjak	125				125				125				125				500
Kártérítések, biztosítás alapján	40				40				40				40				500
Hitelek, hitelkeretek terhére lehívások	500						500						1 000				
Kamatbevételek	250				250				250				250				1 000
Pénzügyi műveletekből származó bevételek	125				125				125				125				500
Egyéb bevételek	80	80	80	80	80	80	80	100	100	80	80	80	1 000				
	7 795	295	470	2 545	295	470	6 470	490	490	29 720	480	480	50 000				

## Kiadások

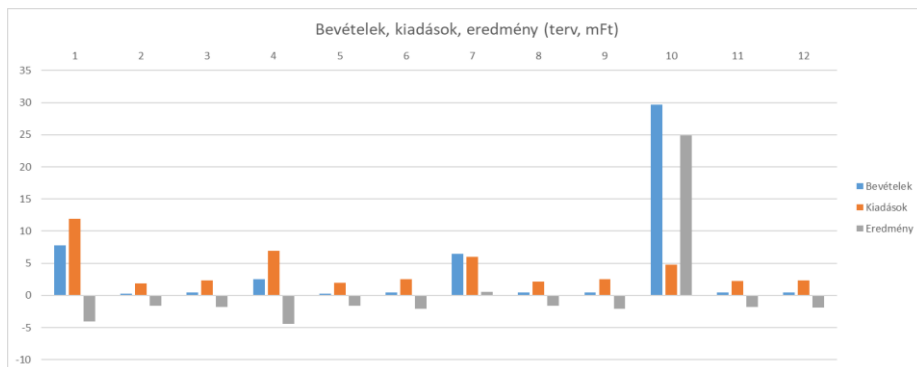
(eFt)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Össz.				
Tulajdonosi pénzkivétel, osztalék	2 000												2 000				
Központi bérek, menedzsment, adminisztráció	160	160	160	160	160	160	160	160	160	200	200	160	2 000				
Rendszeres, alkalmazotti bérek és kiegészítő juttatások	720	720	720	720	720	720	720	720	720	900	900	720	9 000				
Alkalmi bérek	75	75	75	75	75	225	225	225	225	75	75	75	1 500				
Munkáltatói költségek, hozzájárulások	80	80	80	80	80	80	80	80	80	100	100	80	1 000				
Közterhek	320	320	320	320	320	320	320	320	320	400	400	320	4 000				
Adók	225	225	675	225	225	675	225	225	675	225	225	675	4 500				
Energiaközmű díjai	100	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	100	1 000				
Közlekedéssel kapcsolatos kiadások	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	50	1 000				
Telekommunikációs díjak	80	80	80	80	80	80	80	100	100	80	80	80	1 000				
Kommunális szolgáltatások kiadásai	40	40	40	40	40	40	40	50	50	40	40	40	500				
Általános kiadások, posta, írószór, reprezentáció stb.	40	40	40	40	40	40	40	50	50	40	40	40	500				
Beszerezések, tartós eszközök, gépek, járművek, berendezések	1 050						450						1 500				
Építés	1 500						1 500						1 500				
Fő tevékenység beszerzései, anyagok, eszközök stb.	2 800				2 800				1 600				800				8 000
Egyéb tevékenységhez szükséges beszerzések	700				700				400				200				2 000
Igénybe vett szolgáltatások díja	150				600				150				600				1 500
Javítási, karbantartási kiadások	300				200				300				200				1 000
Értékesítési- és marketingkiadások, jutalékok	250						250						500				
Bérleti díjak, lízingdíjak	250				250				250				250				1 000
Adósságszolgálat, bankköltségek	250				250				250				250				1 000
Biztosítási díjak	125				125				125				125				500
Precíziós termelési eszközeinek kiadásai	125				125				125				125				500
Egyéb kiadások, tagsági díjak, reprezentáció	500						500						500				
Tervezett eredmény	2 500												2 500				
	14 390	1 870	2 320	6 970	1 920	2 520	5 970	2 110	2 560	4 790	2 240	2 340	50 000				

2. ábra: Pénzügyi terv a gazdasági év elején

Figure 2: Financial plan at the beginning of the business year

A 3. ábra havonta összesítve mutatja a bevételeket és a kiadásokat, és az ezekből eredő eredményt.

Bevételek	7 795	295	470	2 545	295	470	6 470	490	490	29 720	480	480	50 000
Kiadások	11 890	1 870	2 320	6 970	1 920	2 520	5 970	2 110	2 560	4 790	2 240	2 340	47 500
Eredmény	-4 095	-1 575	-1 850	-4 425	-1 625	-2 050	500	-1 620	-2 070	24 930	-1 760	-1 860	2 500



3. ábra: Tervezett eredmény a gazdasági év elején

Figure 3: Planned revenue at the beginning of the business year

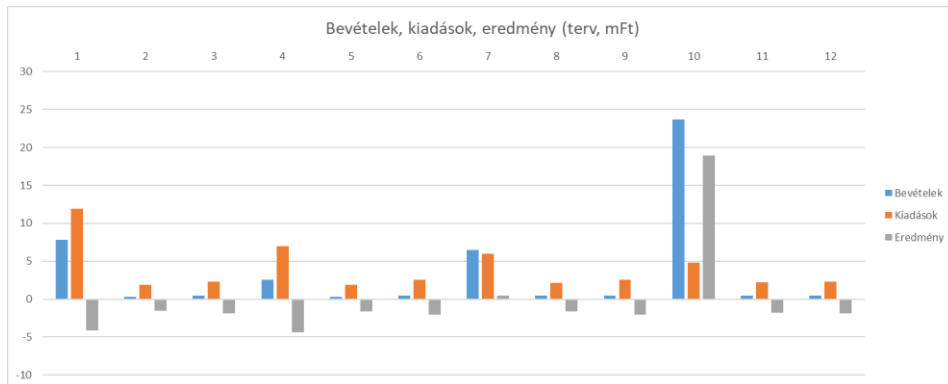
A 3. ábrán jól látható, hogy a kiadások viszonylag elosztva és inkább az év első felében jelentkeznek, míg a bevétel és az eredmény nagyrészt a terményértékesítés időszakában keletkezik.

A becsült terméshozam minimum (5,51 t/ha) és maximum (8,66) értékeit figyelembe véve meghatározhatjuk az eredmény alakulását egy pesszimista és egy optimista forgatókönyv szerint.

Rossz esetben 551 tonna terményt, jó esetben pedig 866 tonna terményt tudunk értékesíteni 40 ezer forintos tonnánkénti áron. Ha az ebből adódó 22,0 millió forintos, illetve 34,6 millió forintos bevételt beírjuk a pénzügyi tervbe, megkapjuk a várható eredményt a két forgatókönyv mellett.

Rossz esetben a várható bevétel kb. 6,00 millió forinttal kevesebb, így az eredmény - 3,5 millió forint az eddig várt 2,5 millió forint helyett, ahogy a 4. ábrán látszik.

Bevételek	7 795	295	470	2 545	295	470	6 470	490	490	23 720	480	480	<b>44 000</b>
Kiadások	11 890	1 870	2 320	6 970	1 920	2 520	5 970	2 110	2 560	4 790	2 240	2 340	<b>47 500</b>
Eredmény	<b>-4 095</b>	<b>-1 575</b>	<b>-1 850</b>	<b>-4 425</b>	<b>-1 625</b>	<b>-2 050</b>	<b>500</b>	<b>-1 620</b>	<b>-2 070</b>	<b>18 930</b>	<b>-1 760</b>	<b>-1 860</b>	<b>-3 500</b>

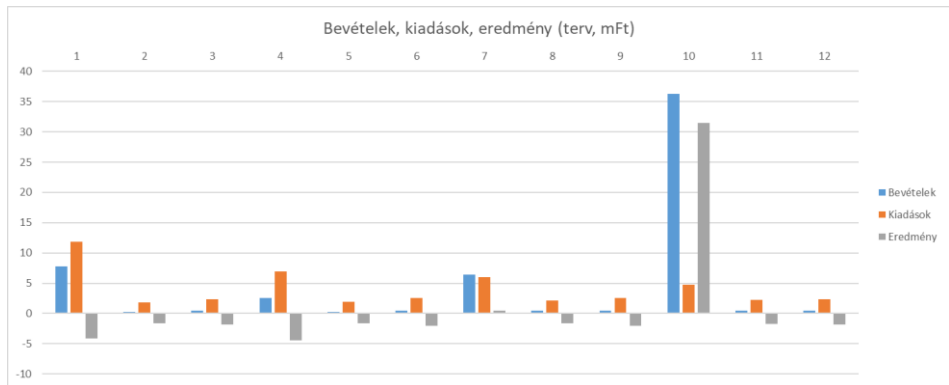


4. ábra: Eredmény pesszimista forgatókönyv esetén

Figure 4: Profit in a pessimistic scenario

Jó esetben a bevétel bő 6 millió forinttal magasabb, így az eredmény meghaladja a 9 millió forintot (5. ábra). Látszik tehát, hogy a termésátlag alakulása nagyon jelentősen befolyásolhatja a farm gazdasági eredményét, ezért lehet érdemes olyan precíziós gazdálkodást megvalósító technológiákba fektetni, amelyek lehetővé teszik az időjárás és termelési helyzet viszonyaira való gyors reagálást, a kedvezőtlen változások tompítását.

Bevételek	7 795	295	470	2 545	295	470	6 470	490	490	36 320	480	480	56 600
Kiadások	11 890	1 870	2 320	6 970	1 920	2 520	5 970	2 110	2 560	4 790	2 240	2 340	47 500
Eredmény	-4 095	-1 575	-1 850	-4 425	-1 625	-2 050	500	-1 620	-2 070	31 530	-1 760	-1 860	9 100

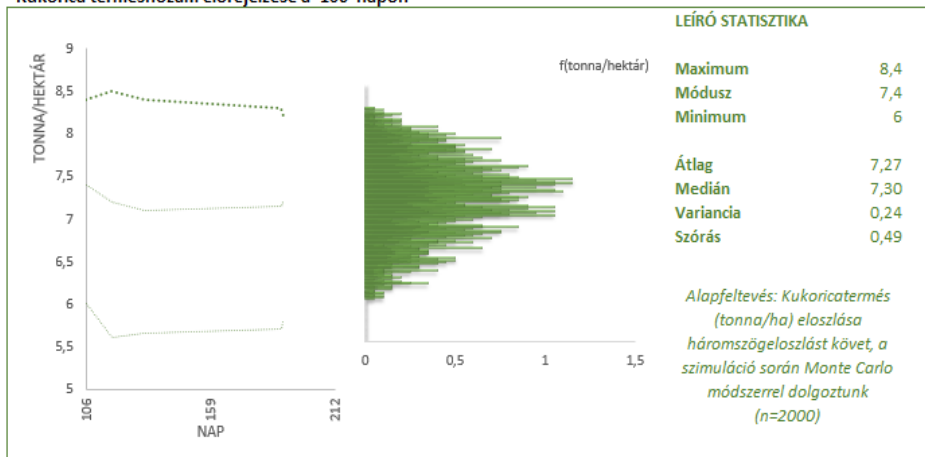


5. ábra: Eredmény optimista forgatókönyv esetén

Figure 5: Profit in an optimist scenario

A következő, a vetés időpontjában (az év 106. napjára tettük) végzett becslés eredményeit mutatja a 6. ábra. Feltételeztük, hogy a tavaszi előkészítést és az időjárási helyzetet, valamint a várható időjárást figyelembe véve az átlagnál magasabb középértéket és az előző becslésnél szűkebb tartományt jelölhetünk meg. A szűkebb értelmezési tartomány és nagyobb módusz alapján szimulált terméshozam eloszlás csúcsosabb és alacsonyabb szórású, azaz az idő előrehaladtával pontosabb előrejelzést tudunk adni.

Kukorica terméshozam előrejelzése a 106 napon



*6. ábra:* Termésbecslés vetéskor, 106. nap

*Figure 6:* Yield estimate at seeding, day 106

A becslés alapján a várható termésátlag kismértékben nőtt, 7,27 t/ha-ra. Tegyük fel, hogy a várható felvásárlási ár is emelkedett 41 ezer forintra tonnánként, így a várható bevétel a terményértékesítésből (fő tevékenység) áprilisban nézve 29,8 millió forint. Ezáltal 2,5 millió forintról 4,3 millió forintra nőtt a várható eredmény.

A változásokkal módosított pénzügyi tervet mutatja a *7. ábra*

## Bevételek

(eFt)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Össz.
Tagi, tulajdonosi befizetések	1 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 500
Kapott osztalékok	1 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 000
Támogatások (állami és egyéb közpénz-támogatások)	2 500	0	0	0	0	0	2 500	0	0	0	0	0	5 000
Kártérítés, kárenyhítés, állami	750	0	0	0	0	0	750	0	0	0	0	0	1 500
Adó-visszatérítések, kompenzációs felár	175	175	350	175	175	350	350	350	350	350	350	350	3 500
Értékesítési bevételek (fő tevékenység)	0	0	0	1 000	0	0	1 000	0	0	29 800	0	0	31 800
Értékesítési bevételek (egyéb gazdálkodási tevékenység)	625	0	0	625	0	0	625	0	0	625	0	0	2 500
Nyújtott szolgáltatások bevétele	125	0	0	125	0	0	125	0	0	125	0	0	500
Beérkező bérleti díjak	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	50	50	500
Kártérítések, biztosítás alapján	500	0	0	0	0	0	500	0	0	0	0	0	1 000
Hitelek, hitelkeretek terhére lehívások	250	0	0	250	0	0	250	0	0	250	0	0	1 000
Kamatbevételek	125	0	0	125	0	0	125	0	0	125	0	0	500
Pénzügyi műveletekből származó bevételek	125	0	0	125	0	0	125	0	0	125	0	0	500
Egyéb bevételek	80	80	80	80	80	80	80	100	100	80	80	80	1 000
	<b>7 795</b>	<b>295</b>	<b>470</b>	<b>2 545</b>	<b>295</b>	<b>470</b>	<b>6 470</b>	<b>490</b>	<b>490</b>	<b>31 520</b>	<b>480</b>	<b>480</b>	<b>51 800</b>

## Kiadások

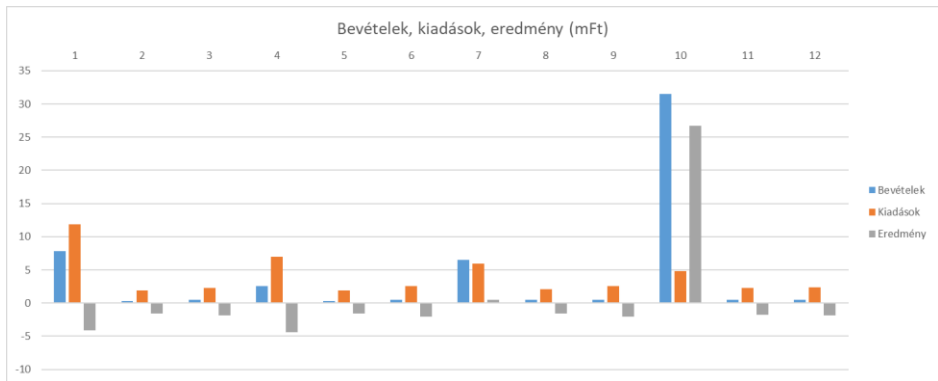
(eFt)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Össz.
Tulajdonosi pénzkivétel, osztalék	2 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 000
Központi bérek, menedzsment, adminisztráció	160	160	160	160	160	160	160	160	160	200	200	160	2 000
Rendszeres, alkalmazzotti bérek és kiegészítő juttatások	720	720	720	720	720	720	720	720	720	900	900	720	9 000
Alkalmi bérek	75	75	75	75	75	225	225	225	225	75	75	75	1 500
Munkáltatói költségek, hozzájárulások	80	80	80	80	80	80	80	80	80	100	100	80	1 000
Közterhek	320	320	320	320	320	320	320	320	320	400	400	320	4 000
Adók	225	225	675	225	225	675	225	225	675	225	225	675	4 500
Energiaközmű díjai	100	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	100	1 000
Közlekedéssel kapcsolatos kiadások	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	50	1 000
Telekommunikációs díjak	80	80	80	80	80	80	80	100	100	80	80	80	1 000
Kommunális szolgáltatások kiadásai	40	40	40	40	40	40	40	50	50	40	40	40	500
Általános kiadások, posta, iroszer, reprezentáció stb.	40	40	40	40	40	40	40	50	50	40	40	40	500
Beszerezések, tartós eszközök, gépek, járművek, berendezések	1 050	0	0	0	0	0	450	0	0	0	0	0	1 500
Építés	1 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 500
Fő tevékenység beszerzései, anyagok, eszközök stb.	2 800	0	0	2 800	0	0	1 600	0	0	800	0	0	8 000
Egyéb tevékenységhez szükséges beszerzések	700	0	0	700	0	0	400	0	0	200	0	0	2 000
Igénybe vett szolgáltatások díja	150	0	0	600	0	0	150	0	0	600	0	0	1 500
Javítási, karbantartási kiadások	300	0	0	200	0	0	300	0	0	200	0	0	1 000
Értékesítési- és marketingkiadások, jutalékok	250	0	0	0	0	0	250	0	0	0	0	0	500
Bérleti díjak, lízingdíjak	250	0	0	250	0	0	250	0	0	250	0	0	1 000
Adósságszolgálat, bankköltségek	250	0	0	250	0	0	250	0	0	250	0	0	1 000
Biztosítási díjak	125	0	0	125	0	0	125	0	0	125	0	0	500
Precíziós termelés eszközeinek kiadásai	125	0	0	125	0	0	125	0	0	125	0	0	500
Egyéb kiadások, tagsági díjak, reprezentáció	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500
Tervezett eredmény	2 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 500
	<b>14 390</b>	<b>1 870</b>	<b>2 320</b>	<b>6 970</b>	<b>1 920</b>	<b>2 520</b>	<b>5 970</b>	<b>2 110</b>	<b>2 560</b>	<b>4 790</b>	<b>2 240</b>	<b>2 340</b>	<b>50 000</b>

7. ábra: Módosított pénzügyi terv (106. nap)

Figure 7: Revised financial plan (day 106)

A becsült változások várható eredményre gyakorolt hatását mutatja a 8. ábra.

Bevételek	7 795	295	470	2 545	295	470	6 470	490	490	31 520	480	480	51 800
Kiadások	11 890	1 870	2 320	6 970	1 920	2 520	5 970	2 110	2 560	4 790	2 240	2 340	47 500
Eredmény	-4 095	-1 575	-1 850	-4 425	-1 625	-2 050	500	-1 620	-2 070	26 730	-1 760	-1 860	4 300

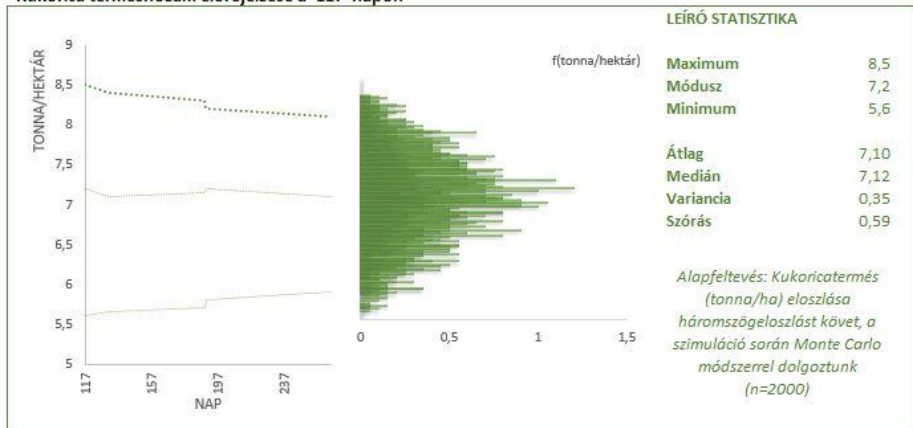


8. ábra: Várható eredmény (106. nap)

Figure 8: Expected profit (day 106)

A soron következő fázis a kelés ideje (9. ábra) példánkban a 117. nap szerepel. A határokat és a középértéket kismértékben módosítottuk. A külső és a belső környezet változásának figyelembevétele alapján elképzelhető, hogy a terméshozam szimulációt nagyobb terméshozam értelmezési tartományra kell megvalósítani.

Kukorica terméshozam előrejelzése a 117 napon



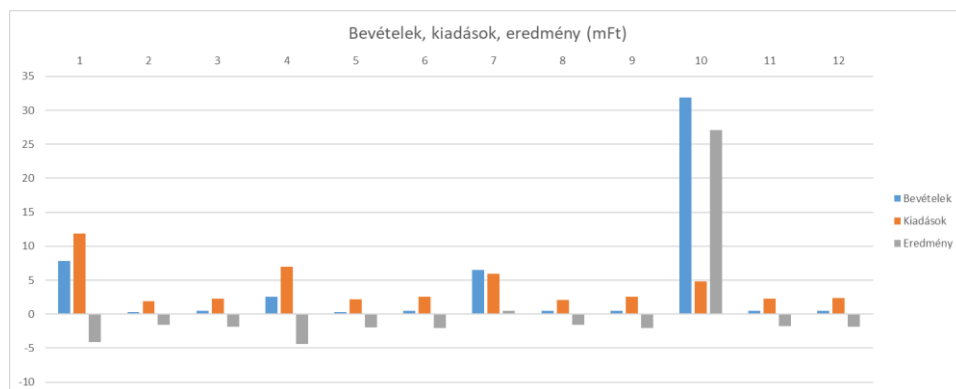
9. ábra: Termésbecslés a keléskor, 117. nap

Figure 9: Yield estimate at sprouting, day 117

Látható, hogy az átlag és a határok is elmozdultak. A példa feltételezése szerint betegség léphet fel, a kockázatkezelési döntésnek megfelelően a tervezett védekezésen felül többlet hatóanyag használatára van szükség. Ennek a várhatóan 300 ezer forintos költsége a következő hónapban, májusban jelentkezik, a 120—130. naptári napon.

Módosul a várható bevétel is: 42,5 ezer forintra emelkedett a becsült ár, a várható hozam pedig kicsit csökkent, most 7,1 t/ha. A becsült készletérték októberi eladásra: 100 ha termőterület, 7,1 t/ha termésátlag és 42,5 ezer forint tonnánkénti felvásárlási ár mellett 30,2 millió forint. A várható eredmény ennek hatására kis mértékben nő 4,4 millió forintra (10. ábra).

Bevételek	7 795	295	470	2 545	295	470	6 470	490	490	31 920	480	480	52 200
Kiadások	11 890	1 870	2 320	6 970	2 220	2 520	5 970	2 110	2 560	4 790	2 240	2 340	47 800
Eredmény	-4 095	-1 575	-1 850	-4 425	-1 925	-2 050	500	-1 620	-2 070	27 130	-1 760	-1 860	4 400



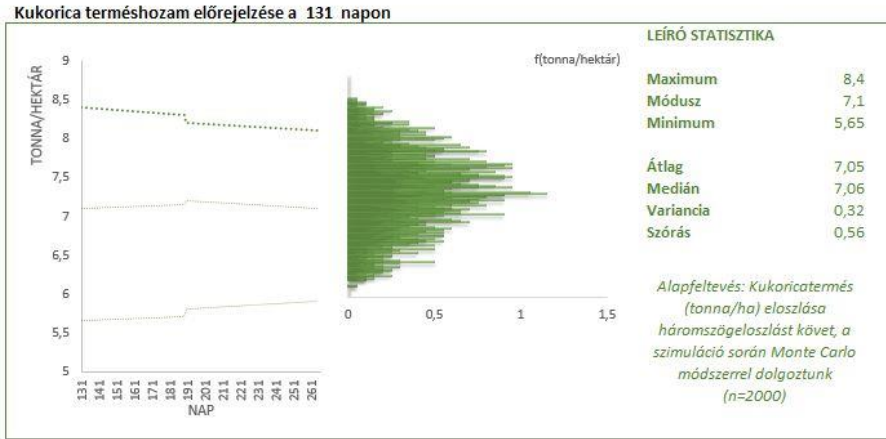
10. ábra: Várható eredmény (117. nap)

Figure 10: Expected profit (day 117)

Lényegében változatlan helyzetet mutat a május közepére eső 131. napra adott becslés, a következő, 11. ábra. Ez annak tudható be, hogy a becslési időpontok közel állnak egymáshoz. Vagyis nem következett be olyan változás, vagy nem áramlott be olyan információ, amelynek segítségével pontosíthattuk volna az eloszlás lényeges tulajdonságaira vonatkozó becsléseinket.

A termésbecslés kis elmozdulásai kockázatkezelési intézkedéseket nem követelnek

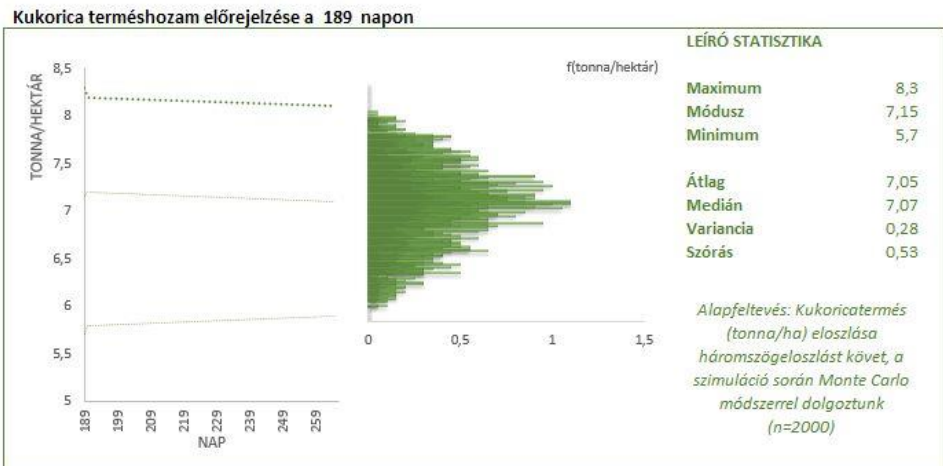




11. ábra: Termésbecslés a 131. napon

Figure 11: Yield estimate at day 131

Szűk két hónappal későbbi, júliusi időpontban a terméshozamra vonatkozó várakozás minimumát és móduszát növeltük, a maximumot csökkentettük. Azzal együtt, hogy a terméshozam-intervallumot nem változtattuk nagymértékben a terméshozam-variancia értelemszerűen csökkent (12. ábra).



12. ábra: Termésbecslés a 189. napon

Figure 12: Yield estimate at day 189

Az átlag és a határok változása a szakértői becslés szerint nagyrészt vízhiányból, kisebb részben tápanyaghiányból és a gyomok miatt származik a példa feltételezése szerint. Döntés születik az öntözésre és a tápanyagpótlásra, illetve a gyomirtásra. A költségbecslés szerint júliusban a 210—215. naptári napokban az öntözés előkészítése 250 ezer forintba kerül, maga az öntözés júliusban (a 213. napig 200 ezer, augusztusban (213—244. naptári napig) 350 ezer forintba kerül. A tápanyag utánpótlásának költsége júliusban 100 ezer, a gyomirtás augusztusban pedig 150 ezer forintra becsülhető.

A kockázatkezelési költségek várhatóan tehát júliusban 550 ezer, augusztusban 500 ezer forintba kerülnek. Az intézkedések a terméshozam megóvását és emelkedését célozzák.

A tervezett terméshozam száz hektáron: 100 ha, 7,05 t/ha, 705 tonna. Az őszre előrebecsült kukoricaár most csak 41,5 ezer forint tonnánként, a várható termés értéke így októberi eladással számolva 705 tonna, 41,5 ezer forint/t áron 29,3 millió forint.

A fenti változásokat a pénzügyi tervben átvezetve a következő oldalon lévő *13. ábrán* látható bevételeket és kiadásokat kapjuk. Az eredmény az előző becslésekhez képest jelentősen csökkent, alapvetően a becsült terméshozam csökkenése miatt (*14. ábra*).

## Bevételek

(eFt)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Össz.
Tagi, tulajdonosi befizetések	1 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 500
Kapott osztatékok	1 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 000
Támogatások (állami és egyéb közpénz-támogatások)	2 500	0	0	0	0	0	2 500	0	0	0	0	0	5 000
Kártérítés, kárenyhítés, állami Adó-visszatérítések, kompenzációs felár	750	0	0	0	0	0	750	0	0	0	0	0	1 500
Értékesítési bevételek (fő tevékenység)	175	175	350	175	175	350	350	350	350	350	350	350	3 500
Értékesítési bevételek (egyéb gazdálkodási tevékenység)	0	0	0	1 000	0	0	1 000	0	0	29 300	0	0	31 300
Nyújtott szolgáltatások bevétele	625	0	0	625	0	0	625	0	0	625	0	0	2 500
Beérkező bérleti díjak	125	0	0	125	0	0	125	0	0	125	0	0	500
Kártérítések, biztosítás alapján Hitelek, hitelkeretek terhére lehívások	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	50	50	500
Kamatbevételek	500	0	0	0	0	0	500	0	0	0	0	0	1 000
Pénzügyi műveletekből származó bevételek	250	0	0	250	0	0	250	0	0	250	0	0	1 000
Egyéb bevételek	125	0	0	125	0	0	125	0	0	125	0	0	500
	125	0	0	125	0	0	125	0	0	125	0	0	500
<b>Egyéb bevételek</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>1 000</b>
	<b>7 795</b>	<b>295</b>	<b>470</b>	<b>2 545</b>	<b>295</b>	<b>470</b>	<b>6 470</b>	<b>490</b>	<b>490</b>	<b>31 020</b>	<b>480</b>	<b>480</b>	<b>51 300</b>

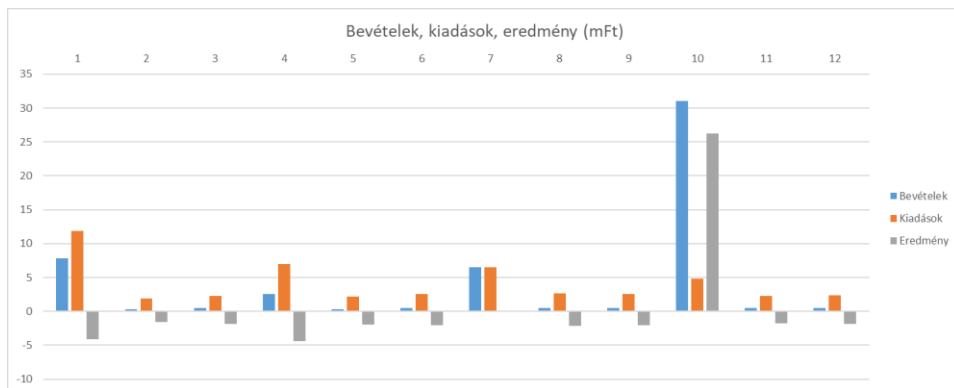
## Kiadások

(eFt)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Össz.
Tulajdonosi pénzkivétel, osztaték	2 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 000
Központi bérek, menedzsmnt, adminisztráció	160	160	160	160	160	160	160	160	160	200	200	160	2 000
Rendszeres, alkalmazotti bérek és kiegészítő juttatások	720	720	720	720	720	720	720	720	720	900	900	720	9 000
Alkalmi bérek	75	75	75	75	75	225	225	225	225	75	75	75	1 500
Munkáltatói költségek, hozzájárulások	80	80	80	80	80	80	80	80	80	100	100	80	1 000
Közterhek	320	320	320	320	320	320	320	320	320	400	400	320	4 000
Adók	225	225	675	225	225	675	225	225	675	225	225	675	4 500
Energiaközmű díjai	100	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	100	1 000
Közlekedéssel kapcsolatos kiadások	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	50	1 000
Telekommunikációs díjak	80	80	80	80	80	80	80	100	100	80	80	80	1 000
Kommunális szolgáltatások kiadásai	40	40	40	40	40	40	40	50	50	40	40	40	500
Általános kiadások, posta, írószer, reprezentáció stb.	40	40	40	40	40	40	40	50	50	40	40	40	500
Beszerezések, tartós eszközök, gépek, járművek, berendezések	1 050	0	0	0	0	0	450	0	0	0	0	0	1 500
Építés	1 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 500
Fő tevékenység beszerzései, anyagok, eszközök stb.	2 800	0	0	2 800	300	0	2 150	500	0	800	0	0	9 350
Egyéb tevékenységhez szükséges beszerzések	700	0	0	700	0	0	400	0	0	200	0	0	2 000
Igénybe vett szolgáltatások díja	150	0	0	600	0	0	150	0	0	600	0	0	1 500
Javítási, karbantartási kiadások	300	0	0	200	0	0	300	0	0	200	0	0	1 000
Értékesítési- és marketingkiadások, jutalékok	250	0	0	0	0	0	250	0	0	0	0	0	500
Bérleti díjak, lízingdíjak	250	0	0	250	0	0	250	0	0	250	0	0	1 000
Adósságszolgálat, bankköltségek	250	0	0	250	0	0	250	0	0	250	0	0	1 000
Biztosítási díjak	125	0	0	125	0	0	125	0	0	125	0	0	500
Precíziós termelés eszközeinek kiadásai	125	0	0	125	0	0	125	0	0	125	0	0	500
Egyéb kiadások, tagsági díjak, reprezentáció	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500
Korrektció a bevételi többlet miatt	2 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 500
	<b>14 390</b>	<b>1 870</b>	<b>2 320</b>	<b>6 970</b>	<b>2 220</b>	<b>2 520</b>	<b>6 520</b>	<b>2 610</b>	<b>2 560</b>	<b>4 790</b>	<b>2 240</b>	<b>2 340</b>	<b>51 350</b>

13. ábra: Módosított pénzügyi terv (189. nap)

Figure 13: Expected profit (day 189)

Bevételek	7 795	295	470	2 545	295	470	6 470	490	490	31 020	480	480	51 300
Kiadások	11 890	1 870	2 320	6 970	2 220	2 520	6 520	2 610	2 560	4 790	2 240	2 340	48 850
Eredmény	-4 095	-1 575	-1 850	-4 425	-1 925	-2 050	-50	-2 120	-2 070	26 230	-1 760	-1 860	2 450

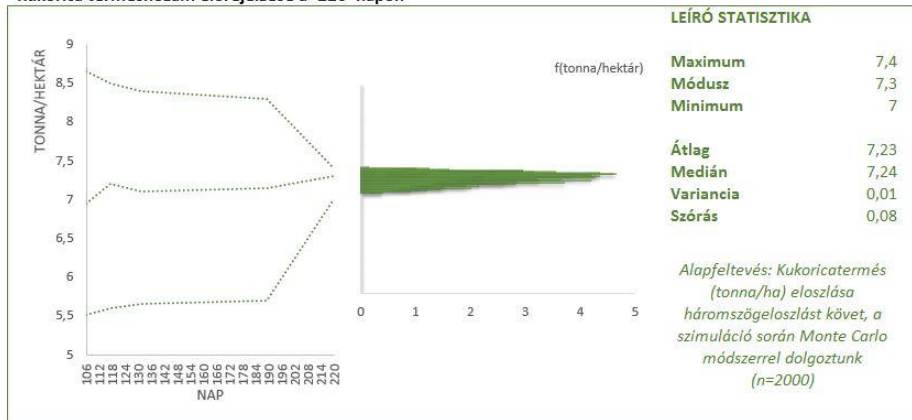


14. ábra: Várható eredmény (189. nap)

Figure 14: Revised financial plan (day 189)

A következő, 220. napi augusztusi időpont már az éréshez nagyon közel állhat. Korábban láttuk, hogy a legrövidebb érési időig egy-két hét van hátra. A 15. ábra bemutatott becslés már arra utal, hogy nagyon korai érésre, az átlagot meghaladó terméshozamra lehet számítani. A terméshozam minimális értékét már bátran megemeltük, a maximumot csökkentettük, az eloszlás csúcossága növekedett, a szórás csökkent. Mindez azt jelenti, hogy az érési fázis közeledtével egyre nagyobb pontosságú, egyre megbízhatóbb becslést tudunk adni.

Kukorica terméshozam előrejelzése a 220 napon

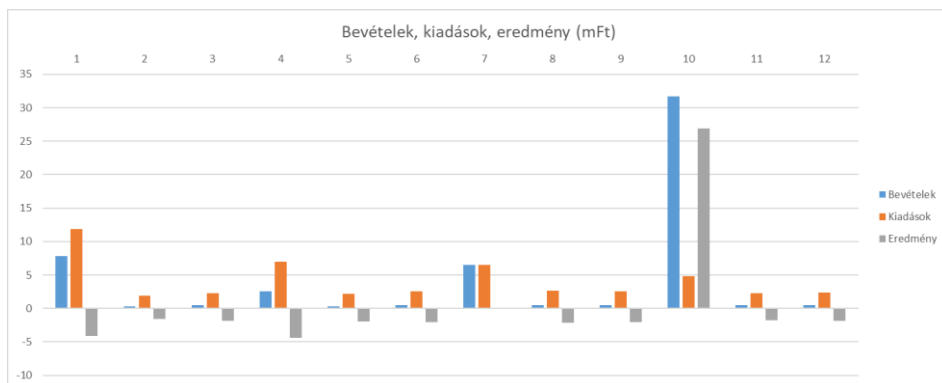


15. ábra: Termésbecslés a 220. napon

Figure 15: Yield estimate at day 220

A példa feltételezése szerint az öntözés és a tápanyagtöbblet eredményeképpen javult a termésátlagra vonatkozó kilátás. Az ősze előrebecsült kukoricaár nem változott, változatlanul 41,5 ezer forint tonnánként. A várható termés értéke így októberi eladással számolva 100 hektár termőterület, 7,23 t/ha termésátlag és 41,5 ezer forint/t felvásárlási ár mellett 30,0 millió forint. Az így adódó eredményt mutatja a 16. ábra.

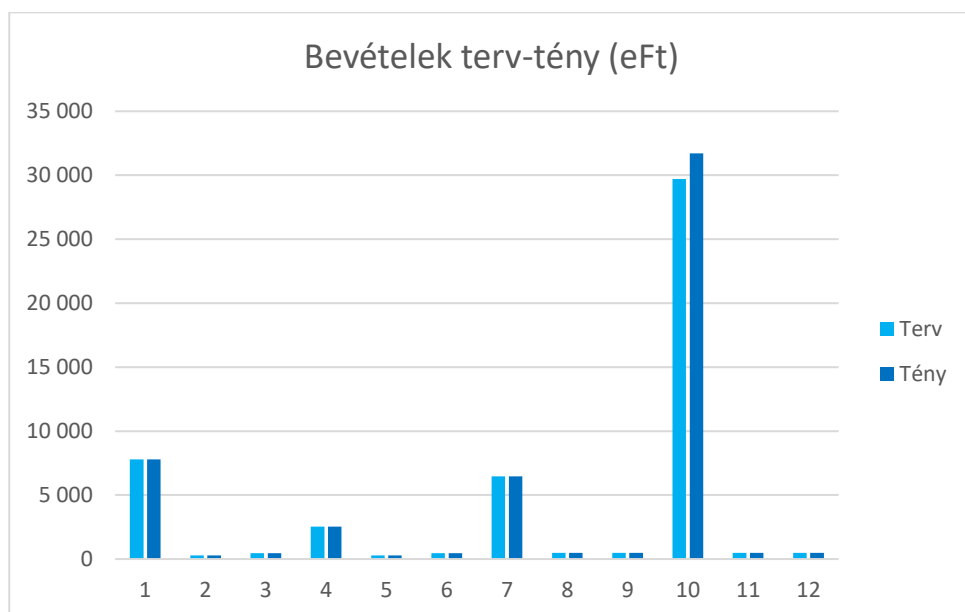
Bevételek	7 795	295	470	2 545	295	470	6 470	490	490	31 720	480	480	52 000
Kiadások	11 890	1 870	2 320	6 970	2 220	2 520	6 520	2 610	2 560	4 790	2 240	2 340	48 850
Eredmény	-4 095	-1 575	-1 850	-4 425	-1 925	-2 050	-50	-2 120	-2 070	26 930	-1 760	-1 860	3 150



16. ábra: Várható eredmény (220. nap)

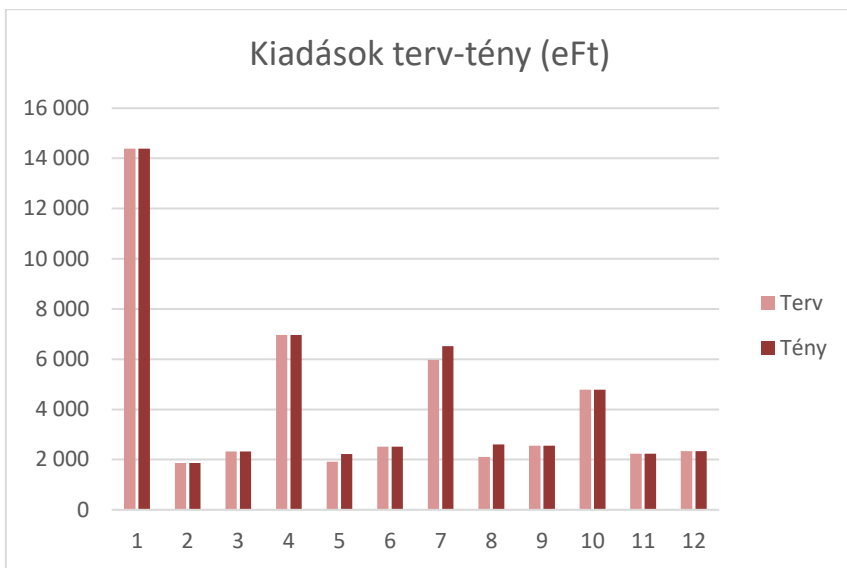
Figure 16: Expected profit (day 220)

Ábrázolhatjuk havonta a tervezett és a tényleges bevételeket és kiadásokat is, ezt mutatja a 17. és a 18. ábra. Ebben az évben végül nem volt nagy eltérés a tervhez képest, csak néhány hónapban kicsivel magasabb a tényleges bevétel és a kiadás, mint a tervezett, így az eredmény is a tervezett körül alakult. A fentiekben leírt tervezési módszer azonban lehetővé teszi a pénzügyi helyzet folyamatos tervezését folyamatosan figyelembe véve a múltbeli tényeket és a termelési helyzet várható alakulását. Így a gazdasági döntéseket is naprakész információk alapján lehet meghozni.



17. ábra: Tervezett és tényleges bevételek

Figure 17: Planned and actual revenues



18. ábra: Tervezett és tényleges kiadások

Figure 18: Planned and actual expenses

## KÖVETKEZTETÉSEK

Jelen tanulmányban arra törekedtünk, hogy megmutassuk a termésbecslés és az éves farmgazdálkodási terv összefüggéseit. A bemutatott példa jól illusztrálja, hogy a működő Excel alkalmazás a tervezéshez nagy segítséget nyújt. A becslésekhez felhasználhatunk statisztikai adatokat, tapasztalati adatokat, szakértői véleményeket és saját megfigyeléseinket.

A kockázati elemzés és a kockázatkezelési intézkedések a farm gazdasági folyamatának részeit jelentik. Összefüggés teremthető tehát a farm gazdálkodását elemző, tervező alkalmazás és az itt bemutatott kockázati elemzés között. Az összefüggés két helyen indokolt:

- a kockázatkezelési intézkedések költségei megtervezhetők, illetve a termesztési folyamat során a tényekre és a módosított előrejelzések szerint korrigálhatók
- a kockázati elemzés fő témája az idő mellett a terméshozamra vonatkozó várakozások megadása, a várható terméshozamnak a gazdasági alkalmazásba való átvezetése is szükséges

A tervezési folyamatba így beillesztett kockázatkezelés tehát a költségek megállapítását is jelenti és a költségeknek meg kell jelennie a gazdasági tervezésnél. A kockázatkezelésnek az ábrákon megmutatott módszertanának része lehet tehát egy költségsor, amely havi bontásban tartalmazza a tervezett-elhatározott intézkedések költségeit, amelyet át lehet vezetni a farm gazdasági tervébe.

Az érés és betakarítás időpontjának és a terméshozamnak a fent érzékeltetett módon való előrejelzése lehetőséget teremt arra is, hogy a becsült időpontban a becsült hozamot átvezessük a tervezett készletbe, a becsült árral pedig annak értékét is tervezhetjük.

### **Methodology for the economic assessment of risk effects in corn production**

NORBERT KOVÁCS – PÉTER SZÁRMES – JÓZSEF SZABÓ

Széchenyi István University

#### **SUMMARY**

External factors like agricultural properties of land, weather effects during growing season and internal factors like crop production plan, agricultural technology, available information, reactions to situations influence risks and risk management measures. In this paper, we described a methodology using yield simulation taking into account important agricultural events and activities to determine how yield fluctuations and agricultural activities affect the revenues and costs of a farm and its profitability. We designed the products of risk assessment and risk management so that they can be easily transferred into the business plan. We show the link between yield assessments and economic effects on the business plan revised monthly. Our example clearly illustrates how an Excel application can support the planning and revision process. For a more precise estimate, we can use statistical and empirical data and expert opinions. It also helps to make a better estimate of economic effects, and thereby allows for a more appropriate preparation and a more secure operation of the farm.

**Keywords:** risk management in agriculture, crop yield simulation with Monte Carlo simulation, estimation of economic results and profitability for an agricultural farm



## IRODALOM

Bozsik A. - Bujáki G. - Bürgés Gy. - Czencz K. - Deli J. - Glits M. - Folk Gy. - Hunyadi K. - Ipsits Cs. - Járfás J. - Kadlicskó S. - Kiss J. - Koppányi M. - Kozma E. - Kövics Gy. - Kuroli G. - Lánszki I. - Petrányi I. - Petróczy I. - Pécsi S. - Pénzes B. - Pintér Cs. - Radócz L. - Reisinger P. - Sáringer Gy. - Szabolcs J. - Szalay-Marzsó L. - Takács A. - Tomcsányi E. - Tóth A. - Tóth I., Virányi F. (é.n.): Mezőgazdasági üzemtan. Szántóföldi növénytermesztés és kertészet. Növényvédelem. Mezőgazda Kiadó é. n. Elektronikus anyag. Letöltés: 2017. május 30.

Csajbók J. (2012): Szántóföldi növények termesztése és növényvédelme. Egyetemi jegyzet. Debrecen, 2012. Elektronikus anyag: <http://www.agr.unideb.hu/ebook/szantofoldinovenyek/index.html>, letöltés: 2017. május 7.

Fischl G. - Horváth J. - Kadlicskó S. - Kiss E. - Pintér Cs. - Bíró K. (é.n.): A szántóföldi növények betegségei. Elektronikus anyag. Mezőgazda Kiadó, é. n. Letöltés: 2017. május 19.

Hajós L. (é. n.): A mezőgazdasági termelés gyakorlatának alapismeretei. Szaktudás Kiadó Ház. Elektronikus anyag. Mezőgazda Kiadó, é. n. Letöltés: 2017. május 19.

Keszthelyi S. - Vörös G. - Szőke K. - Fischl G. (2009): Az árukukorica növényvédelme. Növényvédelem, 45. (5), 2009 257-278. old.

Koppány K. - Kovács N. - Szabó J. (2013): Építőipari projektkockázatok mérésének egyes módszertani kérdései. Konferencia-előadás. Növekedés és egyensúly, Kautz Gyula Emlékkonferencia, Magyarország, Győr

Koppány K. - Kovács N. - Szabó J. (2014): Módszertani építőköcskák a projektkockázatok elemzéséhez. Konferencia-előadás. A tudomány és a gyakorlat találkozása, konferencia a Széchenyi István Egyetem Kautz Gyula Gazdaságtudományi Karán, Győr

Kovács N. – Koppány K. (2014): Kockázateleméleti és módszertani építőköcskák, in: Kovács Norbert (szerk.): Építőköcskák, Universitas-Győr Nonprofit Kft., Győr

KSH (2017): 6.4.1.5. A kukorica termelése (2000–) Elektronikus anyag: [http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_omn013a.html](http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn013a.html), letöltés: 2017.05.24.

Szabó J. (2014): Bevezető gondolatok az építőipari kockázatok menedzseléséhez, in: Kovács Norbert (szerk.): Építőköcskák, Universitas-Győr Nonprofit Kft., Győr

*Szabó J.* (2016): Szabó József: A kockázat rétegei. Kézirat. Győr

*Szármes P.* (2015): Élő Gábor, Koppány Krisztián, Kovács Norbert, Szabó József, Szármes Péter (szerk.): Precíziós gazdálkodás: Kockázatmenedzsment. Győr: Universitas-Győr Nonprofit Kft., 2015. 106 p. (ISBN:978-615-5298-52-3)

*Varga-Haszonits Z. - Varga Z. - Lantos Zs. - Enzsölné Gerencsér E.* (2006): Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. Nyugat Magyarországi Egyetem, Mosonmagyaróvár

*A szerzők levélcíme – Address of the authors:*

Kovács Norbert – Szármes Péter – Szabó József

Széchenyi István Egyetem,

Kautz Gyula Gazdaságtudományi Kar,

H-9026 Győr, Egyetem tér 1.

E-mail: kovacs@sze.hu, peter.szarmes@gmail.com, szaboj@sze.hu



## Termelői piacok értékesítési oldalról történő vizsgálata a Közép-dunántúli régióban

GOMBKÖTŐ NÓRA – VARGA EVELIN – TESCHNER GERGELY

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

Agrárökonómiai és Vidékfejlesztési Tanszék

### ÖSSZEFOGLALÁS

A termelői piacok, mint a rövid ellátási láncok egy típusa, számos – a nagy távolságokra történő szállítással együtt járó – problémára adhatnak megoldást. Ebben az értékesítési formában a termelő és a fogyasztó közötti fizikai távolság csökken, valamint a két piaci szereplő között személyes kapcsolat és bizalom is létrejön. Ezenkívül a kistermelők számára a helyi, jó minőségű élelmiszerek előállítására és közvetlen értékesítésére nyújt lehetőséget, a fogyasztóknak pedig az ízletes, többnyire ökológiai módszerekkel előállított helyi élelmiszerekhez való kényelmes hozzájutást garantálja. A termelői piac Magyarországon egyre népszerűbb értékesítési csatorna. Míg 2010-ben 100, 2014-ben mintegy 200 termelői piac volt, addig 2017-ben több, mint 250-re növekedett a számuk. A Nemzeti Vidékfejlesztési Program is ösztönzi a helyi termékek ilyen típusú formában történő értékesítését. Kutatásunk során a Közép-dunántúli régió három megyéjének (Komárom-Esztergom, Fejér, Veszprém) 1-1 nagyobb termelői piacán a termelők körében mélyinterjúval egybekötött kérdőíves felmérést végeztünk, amelynek segítségével a régióra jellemző termelői piaci viszonyokat mértük fel termelői oldalról.

**Kulcsszavak:** termelői piac, Közép-Dunántúl, őstermelő, értékesítési csatorna

## BEVEZETÉS

Az utóbbi években hazánkban is egyre inkább előtérbe kerülnek a hagyományos (konvencionális) gazdálkodást felváltó, a környezetre, valamint az egészségre pozitív hatással bíró alternatív gazdálkodási módok (ökológiai, integrált stb.). Fokozatosan nő a tudatos vásárlók köre, akik egyre fontosabbnak tartják az elfogyasztott élelmiszer származását és minőségét, és olyan beszerzési lehetőségeket keresnek, ahol információhoz juthatnak az adott termékről, megbizonyosodhat termékminták alapján az áru ízéről, minőségéről. Ezért szükség van olyan módszerekre, amelyek helyi, biztonságos és fenntartható módon elégítik ki ezt az igényt. Erre nyújtanak lehetőséget az úgynevezett rövid ellátási láncok (REL), amelyek csökkentik a termelő és a fogyasztó közötti fizikai távolságot, illetve a termelés legtöbbször ökológiai gazdálkodás keretein belül történik. A rövid ellátási lánc egyik lehetséges típusa a termelői piac.

Kutatásunk során a Közép-magyarországi régió megyéiben működő egy-egy termelői piac értékesítési oldalát vizsgáltuk meg, azaz ezeken a piacokon megjelenő termékeket előállító termelők általános jellemzőit, termelési- valamint marketing gyakorlatát vettük górcső alá. A kutatás során azokra a kérdésekre kerestük a választ, hogy milyen jellemzőkkel bírnak azok a hazai termelők, akik ezt a típusú értékesítési csatornát (is) választják, illetve, hogy megfigyelhetőek-e a régióon belül különbségek. A vizsgálat célja e viszonylag újnak tekinthető értékesítési csatorna jelenlegi jellemzőinek és jövőbeni lehetőségeinek a feltárása, elősegítve ezzel elsősorban a potenciális kistermelők munkáját.

## SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A termelői piacok a közvetlen értékesítés elvét követve, viszonteladók kizárásával működnek, ezáltal a rövid élelmiszerellátási lánc kategóriájába sorolhatók (*Póla, 2016*). A helyi termelői piac olyan piac, ahol a kistermelők a gazdaságból származó mezőgazdasági- vagy élelmiszeripari termékeket értékesítenek. Ezek a gazdaságok általában a piac kb. 40 km-es körzetében helyezkednek el, illetve a főváros esetében az ország bármely területén.

A hangulatos, ma már egyre több helyen előforduló termelői piacok által lehetőség nyílik hozzájutni a helyi, friss termékekhez. A vidék jellegzetes ízei mellett a termelői piacok a közösségi élményt és kellemes időtöltést is jelentik egyben. A termelői piacok lehetőséget adnak arra, hogy a fogyasztók hazai, kistermelők által termelt élelmiszereket vásároljanak. Ez nem csupán az egészségtudatosságot erősíti bennük, hanem azt is, hogy termékeinek megvásárlásával az ő megélhetésüket támogatja, illetve a hazai, kistermelői élelmiszerek fogyasztásának elterjedését teszik lehetővé. Azáltal, hogy a termelő és a fogyasztó között bizalmi kapcsolat jön létre, a termelőnek lehetősége nyílik arra, hogy termékei minőségére fókuszálva még jobb produktumokkal várja törzsvásárlóit, míg a fogyasztó olyan élelmiszerhez juthat hozzá, melynek eredete és előállítási módja ismert.

A helyi terméket előállító gazdálkodók számára alkalomszerűen, időszakosan vagy rendszeresen nyújt értékesítési lehetőséget, amelyek szervezését a helyi gazdálkodók csoportja vagy a helyi önkormányzat, esetleg egy integrátor vagy más szervezet vállalhatja (*Kajner, 2007*). Ez az értékesítési forma új jogi lehetőséget jelent, mely akár időszakosan is működtethető, könnyített feltételek mellett, illetve nincs szükség közvetítő személyre sem (*Hinrichs, 2000*). Ezek a piacok szakosodhatnak biotermékekre, de a biotermelők is csatlakozhatnak a már működő, hagyományos termékeket összegyűjtő (integráló) piacok működéséhez.

A helyi termelői piacok fontos szabálya, hogy ott csak helyi kistermelők vagy őstermelők árusíthatnak. Kistermelő alatt azt a személyt értjük, aki kis mennyiségű, általa megtermelt, vagy összegyűjtött, vagy általa megtermelt alaptermékéből előállított élelmiszert ad el a fogyasztónak. Fontos, hogy a kistermelő a gazdaságtól legfeljebb 40 km-re fekvő kiskereskedelmeket vagy vendéglátó létesítményeket láthatja el termékeivel. Termékek tekintetében a kistermelői alaptermékek közé tartoznak a zöldségek, gyümölcsök, tej, élő állat, tojás, méz, gomba, míg a feldolgozott termékek közé tartoznak a gyümölcslevek, sajt, vaj, túró, kolbász, lekvár, stb. Őstermelőknek azokat a nem egyéni vállalkozókat nevezzük, aki saját gazdaságában termelő tevékenységet folytat, és ezt őstermelői igazolványával tudja igazolni.

A termelői piacokon való értékesítésnek számos szabályát kell betartaniuk az őstermelőknek, illetve kistermelőknek. Az alábbiakban néhány ilyen szabályt ismertetünk.

A zöldség-gyümölcs árura vonatkozóan kötelező az ép, egészséges, tiszta, kártevőmentes, idegen íztől és szagtól mentes minőség biztosítása. A termékeknek emellett olyan állapotban kell lenniük, hogy azok a szállítást bírják, és az adott piacra megfelelő állapotban érkezzenek meg. Fontos, hogy a termelő felelősségi körébe tartozik az általa forgalomba hozott termék minősége, élelmiszerbiztonsága, dokumentálása és nyomon-követhetősége (*Komárom-Esztergom Megyei Kormányhivatal*).

Ezek a rövid ellátási lánc elvén működő termelői piacok az évek során a gazdaság- és vidékfejlesztés fontos elemeivé váltak.

A termelői piacoknak számos erősségük, lehetőségük van, ugyanakkor nem szabad megfeledkezni azok gyengeségeiről és veszélyeiről sem. Az erősségek közé sorolható a friss áru értékesítése, az azonnali bevétel vagy a bizalmi kapcsolat kialakítása, nagyobb választék, viszonylag állandó árak. A helyi piac lehetőségei közé tartozik, hogy a fogyasztói magatartás változásával járhat, hogy keresletnövelés érhető el általa vagy, hogy a vendéglátó egységek is a minőségi termékek irányába mozdulhatnak. A helyi piac gyengesége azonban a városok távolsága, ahol a vásárlóerő központosul, a piacra szállítás költsége miatt magasabbak az árak, nem átlátható az élelmiszerbiztonság, hiányos kereskedelmi ismeretek, a termelők közötti együttműködés hiánya, továbbá a nem gazdaságos logisztikai folyamatok. Veszélyt jelenthetnek a leszakadó térségek, a jogi háttér, a támogatások elmaradása, valamint a vásárlói bizalmatlanság is (*Póla, 2016*).

A Nemzeti Agrárgazdasági Kamara nyilvántartása alapján jelenleg hazánkban 251 termelői piac működik. Ezek földrajzi elhelyezkedését és számát a 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Termelői piacok száma Magyarországon (2017. december 31-én)

Table 1. Number of farmers' markets in Hungary (on the 31st december 2017)

<b>Régió (1)</b>	<b>Termelői piacok száma (2)</b>
Észak-Magyarország	23
Észak-Alföld	23
Dél-Alföld	52
Közép-Magyarország	43
Közép-Dunántúl	57
Nyugat-Dunántúl	29
Dél-Dunántúl	24

Forrás: Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (NAK)

(1) region, (2) number of farmers' markets

A termelői piacok a hagyományos piacoktól több szempontból is különböznek. Ezek a különbségek a Nemzeti Agrárgazdasági Kamara megfogalmazása alapján az 2. táblázatban láthatók.

## 2. táblázat: A helyi termelői piac és a hagyományos piac összehasonlítása

Table 2. Comparison of local farmers' market and traditional market

	Helyi termelői piac (1)	Piac, vásárcsarnok (2)
Piac működése (3)	Bejelentést követően megkezdheti a működését. A bejelentést a piac helye szerint illetékes települési jegyzőnél, Budapest esetében a kerületi önkormányzat jegyzőjénél kell megtenni.	Engedélyhez kötött. A piac üzemeltetését a piac helye szerint illetékes települési, Budapesten a kerületi önkormányzat jegyzője engedélyezi. Az engedélyezési eljárásban az élelmiszerlánc-felügyeleti hatóság szakhatóságként közreműködik.
Értékesítést végzők köre (4)	Kistermelők	Kistermelők, termelők, élelmiszer-, és nem élelmiszer-előállító vállalkozások, kereskedők
Regisztráció, bejelentés (5)	A piaci értékesítési tevékenység bejelentése a piac helye szerint illetékes jegyző felé, melyről a jegyző igazolást állít ki. A helyi termelői piac üzemeltetője napi nyilvántartást vezet a piacon árusító kistermelőkről.	A piaci értékesítési tevékenység bejelentése a piac helye szerint illetékes jegyző felé, melyről a jegyző igazolást állít ki. A külön engedélyeket az élelmiszerlánc-felügyeleti hatóság állítja ki (pl. tej, tejtermék). A külön engedély a kistermelőre nem vonatkozik.
Értékesítés területi korlátozása (6)	A kistermelő a gazdaságából származó mezőgazdasági, illetve élelmiszeripari termékét olyan helyi termelői piacon értékesítheti, amely <ul style="list-style-type: none"> <li>– a kistermelő gazdasága szerinti megyében, vagy</li> <li>– légvonalban számítva a gazdaságának 40 km-es körzetében van, illetve</li> <li>– Budapesti helyi termelői piacon az ország területéről bárholnan értékesítheti termékét.</li> </ul>	Kistermelő országosan, valamennyi piacon, vásáron értékesítheti a nem állati eredetű alapterméket, mézet, élő halat végső fogyasztónak. Kistermelő az állati eredetű alaptermékét és bármely feldolgozott termékét a régió belüli (saját megyében lévő és budapesti), valamint a gazdaságától légvonalban 40 km-re eső magyarországi piacon, vásáron értékesítheti. A nem kistermelői rendelet szerinti engedélyezett, vagy bejelentett élelmiszeripari vállalkozások területi korlát nélkül értékesíthetik piacon termékeiket.
Értékesíthető termékek köre (7)	Kistermelő a gazdaságából származó mezőgazdasági terméket, és általa előállított kistermelői élelmiszert értékesíthet.	Bármely termék értékesíthető a megfelelő engedélyek/feltételek megléte esetén.

Forrás: Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (NAK), 2016

(1) local farmers' market, (2) market place, market hall, (3) operation of the market, (4) vendors, (5) registration, (6) territorial restriction on sales, (7) salesable products



## ANYAG ÉS MÓDSZER

A termelői piacokat termelői oldalról vizsgáltuk. A vizsgálathoz 2017-ben a magyarországi Közép-dunántúli régió mindhárom megyéjéből egy-egy, a legjelentősebb és a fogyasztók által leginkább látogatott termelői piacról gyűjtöttünk adatokat. Fejér megyében a székesfehérvári Jancsárkert Termelői Piac és Kézműves Vásáron, Komárom-Esztergom megyében a tatai Termelői Piacon, míg Veszprém megyében a káptalanfői Liliomkert Piacon történt az adatgyűjtés. A kutatás a termelői piacokon értékesítő termelők jellemzőire fókuszált. Feltártuk és meghatároztuk az életképes gazdaságok termelési irányait és az egyes irányokhoz kapcsolódó főbb jellemzőket (termékkörök, termőterület, foglalkoztatottak száma, stb.). A felmérést mélyinterjúval egybekötött kérdőívezéssel készítettük. Összesen 30 db kérdőív került ily módon kitöltésre. Az adott válaszok kiértékelése alapvető statisztikai módszerekkel (középérték, szórás, viszonyszámok, variancia-analízis, korreláció) történt. Variancia-analízis segítségével megvizsgáltuk, hogy van-e szignifikáns különbség a megfigyelt három termelői piac között bármely vonatkozásban, azaz, hogy befolyásolja-e az adott piacokon megjelenő termelők sajátosságait, hogy eltérő területekben működnek és értékesítenek. A szignifikancia vizsgálatot követően az egyes piacok termelői által adott válaszok alapján részletesen megvizsgáltuk a termelők gazdálkodási és értékesítési jellemzőit.

## EREDMÉNYEK

A variancia-analízisnél a kezelésenkénti ismétlések száma a piaconként megkérdezett termelők számával, míg a megfigyelések száma a vizsgált termelői piacok számával egyezik meg. Ezen adatokkal az elemzést összesen 12 tényező vonatkozásában végeztük el, amelyek a termelők gazdálkodásának és értékesítésének egy-egy jellemzőit jelenítik meg. A számítások során mind a 14 tényező esetében kiszámoltuk a próbafüggvény értékét. Mivel a két szabadságfok minden esetben ugyanaz volt, ezért minden próbához ugyanaz a kritikus érték társult (**2.38**) (3. táblázat).

A variancia-analízis eredménye azt mutatja, hogy a próbafüggvény értéke egyetlen tényező esetében volt magasabb, mint a kritikus érték, mégpedig az értékesített termékek esetében. Ez azt jelenti, hogy a termelők – a gazdaságuk és a piac területi

elhelyezkedésétől függetlenül – közel azonos, vagy hasonló tulajdonságokkal jellemezhetők. Az egyetlen kivételt az értékesített termékek típusa jelenti, amelynek részletesebb vizsgálatok kiderült, hogy a Veszprém megyei piacon a termelők legnagyobb részben (72%) alap (nyers) termékeket, Komárom-Esztergom megyében közel fele-fele arányban alap (nyers) és feldolgozott termékeket, míg Fejér megyében főként (65%) feldolgozott termékeket értékesítenek. Ráadásul ez utóbbi helyen – a többi vizsgált piactól eltérően – a készételek (pl. rétesek) is megjelennek a kereskedelmi forgalomban.

3. táblázat: A vizsgált tényezőkre számított variancia próbafüggvényeinek értékei

Table 3. Values of the functions of the variance calculated for the examined variables

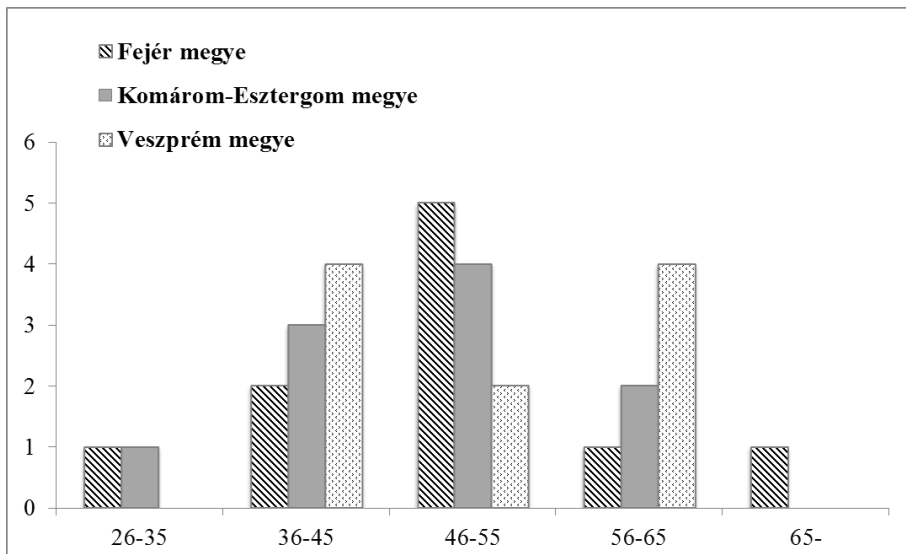
Vizsgált tényező (1)	F <sub>próba</sub> (2)
nem (3)	0,1363
kor (év) (4)	0,2333
alkalmazottak száma (fő) (5)	0,0735
termelésben töltött idő (év) (6)	0,0731
művelt terület nagysága (ha) (7)	0,3705
termelési irány (8)	0,8087
<b>termékek típusa (9)</b>	<b>4,0120</b>
értékesítési csatornák száma (10)	0,4758
marketing eszközök száma (11)	0,9881
termelői piacon való részvétel ideje (év) (12)	0,6748
vevők száma (fő) (13)	0,7426
törzsvásárlók megléte (14)	0,0374

(1) examined variables, (2) values of variance (3) gender, (4) age (years), (5) number of employees (capita), (6) time spent in production, (7) size of cultivated area (acres), (8) product groups, (9), type of production, (10) number of sales channels, (11) number of marketing tools, (12) time spent in farmers' market (years), (13) number of customers, (14) existence of regular customers

A szignifikancia vizsgálatot követően az egyes piacok termelői által adott válaszok alapján részletesen megvizsgáltuk a termelők piaconkénti gazdálkodási és értékesítési jellemzőit.

A gazdálkodók iskolázottságát tekintve, az összes piacon legnagyobb számban a középfokú agrár végzettségű termelők voltak. Emellett még nagy számban jelentek meg a felsőfokú agrár végzettségűek is. Ez arra enged következtetni, hogy általánosságban a termelők között gyakori a szakirányú képzés fokozattól függetlenül.

A gazdálkodók életkorát tekintve normális eloszlás figyelhető meg, amelynél nincsenek kiugró értékek, az átlag közel egybeesik a leggyakrabban előforduló középkorosztállyal. Kivételt képez ez alól Veszprém megye, ahol a középkorosztályt (46-55 év) képviselő társadalmi réteg szinte hiányzik (1. ábra).



1. ábra: A termelők életkora

Figure 1. The age of the farmers

Annak ellenére, hogy Fejér megyében viszonylag alacsonyabb az idősebb korosztályt képviselők aránya, mégis ebben a megyében gazdálkodók foglalkoznak régebb óta ilyen jellegű termék előállításával, valamint a termelői piacokon is valamivel előbb jelentek meg, mint Veszprém és Komárom-Esztergom megyei társaik (4-5. táblázat). Ez utóbbinak egyébként az is az oka, hogy a három termelői piac közül a fejér megyei régebb óta működik, mint a másik kettő.

## 4. táblázat: A gazdálkodók termelésben töltött összes ideje

Table 4. Farmers' times spent in production

	<b>Fejér megye (1)</b>	<b>Komárom-Esztergom megye (2)</b>	<b>Veszprém megye (3)</b>
<b>Év (4)</b>	<b>5-25</b>	<b>5-20</b>	<b>5-25</b>
<b>Átlag (5)</b>	<b>14,6</b>	<b>13,8</b>	<b>13,5</b>
Szórás (6)	6,64	5,60	6,64
Relatív szórás (%) (7)	45	41	49

(1) Fejér county, (2) Komárom-Esztergom county, (3) Veszprém county, (4) years, (5) average, (6) deviation, (7) coefficient of variation

## 5. táblázat: A gazdálkodók termelési piacon történő értékesítésének ideje

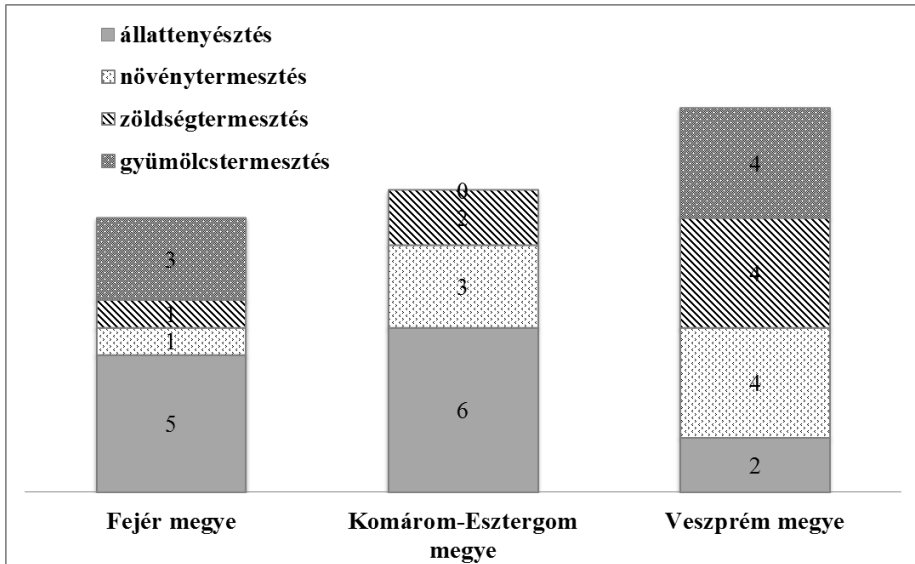
Table 5. Farmers' time spent in farmers' markets

	<b>Fejér megye (1)</b>	<b>Komárom-Esztergom megye (2)</b>	<b>Veszprém megye (3)</b>
<b>Év (4)</b>	<b>2-20</b>	<b>2-15</b>	<b>2-10</b>
<b>Átlag (5)</b>	<b>8,5</b>	<b>7,9</b>	<b>6,3</b>
Szórás (6)	4,90	4,32	3,00
Relatív szórás (%) (7)	58	55	48

(1) Fejér county, (2) Komárom-Esztergom county, (3) Veszprém county, (4) years, (5) average, (6) deviation, (7) coefficient of variation

Az idősebb korosztály nyilvánvalóan régebb óta működteti gazdaságát, mint fiatalabb társaik, az átlagos 14 éves működési idő azonban arra utal, hogy ez a korosztály is – csakúgy, mint a fiatalabbak – viszonylag későn, negyvenéves kor felett kapcsolódott be a gazdálkodásba. A viszonylag hosszabb működési és piacon való értékesítési idő arra is enged következtetni, hogy a termelői piacon való árusítás és a vállalkozás is működőképes, azaz képes magának (és esetleg alkalmazottainak is) a létfenntartáshoz szükséges jövedelmet biztosítani.

A válaszadók több, mint 40 százaléka állati eredetű, és kb. 20-20-20 százalékuk pedig növényi eredetű termékekkel, valamint zöldségekkel és gyümölcsökkel foglalkozik. A termelési irány tekintetében azonban jelentős eltérések figyelhetők meg a vizsgált megyék között (2. ábra). Szignifikáns eltérés nemcsak a termelési irányban, hanem a termékek típusában is megfigyelhető, amely különbségre a variancia-analízis eredménye is kiválóan rámutatott.

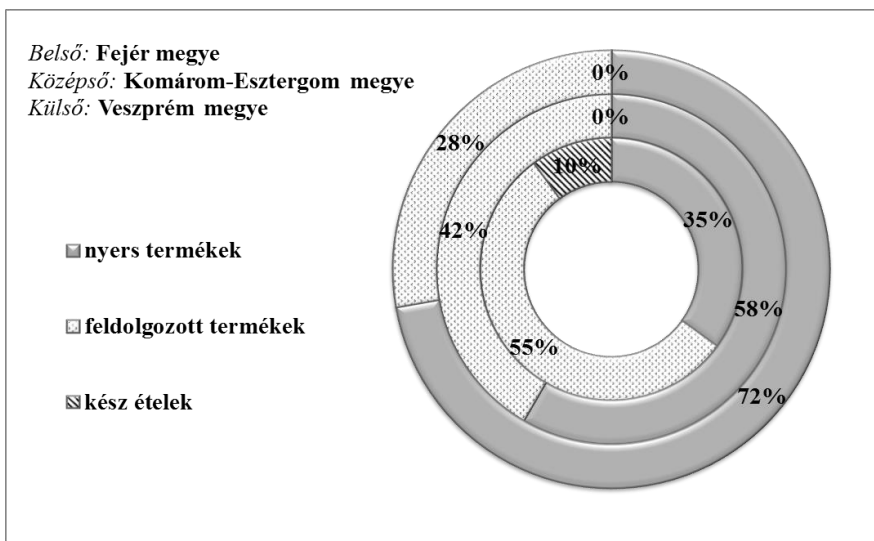


2. ábra: A termelők főbb termelési irányai

Figure 2. Main product groups of the farmers

Fejér megyében és Komárom-Esztergom megyében a fő termelési irány az állattenyésztés, míg Veszprém megyében inkább növényi eredetű termékekre koncentrálnak, azok megoszlása azonban kiegyenlített. Komárom-Esztergom megyében nem jellemző a gyümölcsstermesztés.

A termékek feldolgozottsági szintjét vizsgálva megállapítható, hogy a fejér megyei piacon inkább a feldolgozott termékek (sőt bizonyos esetekben akár kész ételek), a Veszprém megyei piacon inkább a nyers formában értékesített termékek, míg Komárom-Esztergom megyében az alacsony és magas feldolgozottságú termékek kerülnek piacra (3. ábra).



3. ábra: Az egyes piacokon értékesített különböző feldolgozottságú termékek megoszlása

Figure 3. Distribution of different processed products sold on examined markets

Az állati eredetű termékkörön belül közel azonos arányban jelennek meg az egyes állatfajoktól származó termékek (tej, tejtermék, élő sertés, sertéshús, szárazáru, tojás, méz), amelyek közel 60 százaléka feldolgozott. A növényi eredetű termékek 90 százaléka a kertészeti ágazatból származik (zöldség, gyümölcs azonos arányban). Jellemzőjük továbbá, hogy a termelők fele zöldséget és gyümölcsöt is termeszt. Megfigyelhető, hogy a gyümölcsöt a termelők 1/3-a csak friss gyümölcsként, 1/3-a kizárólag valamilyen gyümölcskészítményként (lekvár, szörp, gyümölcslé), illetve további 1/3-a vegyesen (friss és feldolgozott formában egyaránt) értékesíti. A zöldségeknél a friss, feldolgozatlan változatban történő eladás a legnépszerűbb (70%), a termelők egy kisebb hányada (20%) csak zöldségkészítményeket árul, míg vegyes értékesítés csupán 10%-nál figyelhető meg. A vegyes eladásoknál további jellemző az 50%-os megosztottság a friss, valamint a feldolgozott termékek között. A rendelkezésre álló termőterület nagysága és a termelési irány között nincs kapcsolat ( $r = -0,11$ ). A megkérdezett termelők mindegyikének használatában van valamekkora (akár bérelt akár saját tulajdonú) földterület. A területméret tekintetében rendkívül erős a szórás mind a különböző termékkörök, mind pedig a megyék szempontjából, tényleges nagysága 0,5 hektártól 150 hektárig terjed. Az átlagosan művelt földterület mérete Fejér megyében 20

hektár ( $\sigma=46,4$ ), Komárom-Esztergom megyében 15 hektár ( $\sigma=18,1$ ), míg Veszprém megyében 8 hektár ( $\sigma=10$ ) körüli. (Ez utóbbi domborzati viszonyai is megnehezítik a termőföldek művelésbe vonását.) A termelési irányt tekintve az állattartó és növénytermesztéssel foglalkozó termelők átlagosan 16 hektáron ( $\sigma=42,2$ ), a zöldségtermesztők 12 hektáron ( $\sigma=14,3$ ), míg a gyümölcstermesztők 9 hektáron ( $\sigma=11,6$ ) gazdálkodnak. Zöldségtermelés esetében zömében az 1–5 ha közötti gazdaságok dominálnak, de jelen vannak a 0,5 ha alatti területtel rendelkezők is. A gyümölcstermesztéssel foglalkozó termelők több mint fele 1–5 ha közötti megművelt területen gazdálkodik, hozzávetőlegesen 25%-uk 1 ha alatti területen. Az értékesíteni kívánt terméktől/termékköről, valamint a termelés intenzitásától függően a termőterület-igény tekintetében jelentős különbségek lehetnek. A heterogén területigény miatt egységes, valamennyi gazdaságra vonatkoztatható „optimális üzemméret” számszerűen nem meghatározható.

A termőterület nagysága és az alkalmazottak száma között Komárom-Esztergom, valamint Veszprém megyében nincs szoros kapcsolat ( $r=0,56$  és  $r=0,007$ ), tehát ezekben a térségekben nem állítható egyértelműen, hogy nagyobb földterület esetén alkalmazottat foglalkoztatnának. Fejér megyében azonban e két tényező között közepesen erős kapcsolat ( $r=0,79$ ) figyelhető meg, azaz itt már megfigyelhető, hogy a termőterület növekedésével együtt a foglalkoztatottak száma is növekszik. A vizsgált gazdaságokban egyébként általában inkább segítő családtag dolgozik, nem jellemző a külső munkaerő foglalkoztatása (bevonása), termelési iránytól függetlenül. Az alkalmazottak száma átlagosan 3 fő körüli, azonban térségenként jelentős eltéréseket mutat (6. táblázat).

6. táblázat: A vizsgált gazdaságokban alkalmazottak száma

Table 6. Number of employees by the examined farmers

	<b>Fejér megye (1)</b>	<b>Komárom-Esztergom megye (2)</b>	<b>Veszprém megye (3)</b>
<b>Fő (4)</b>	<b>1-8</b>	<b>1-7</b>	<b>1-7</b>
<b>Átlag (5)</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
Szórás (6)	2,19	1,68	1,85
Relatív szórás (%) (7)	73	62	68

(1) Fejér county, (2) Komárom-Esztergom county, (3) Veszprém county, (4) capita, (5) average, (6) deviation, (7) coefficient of variation

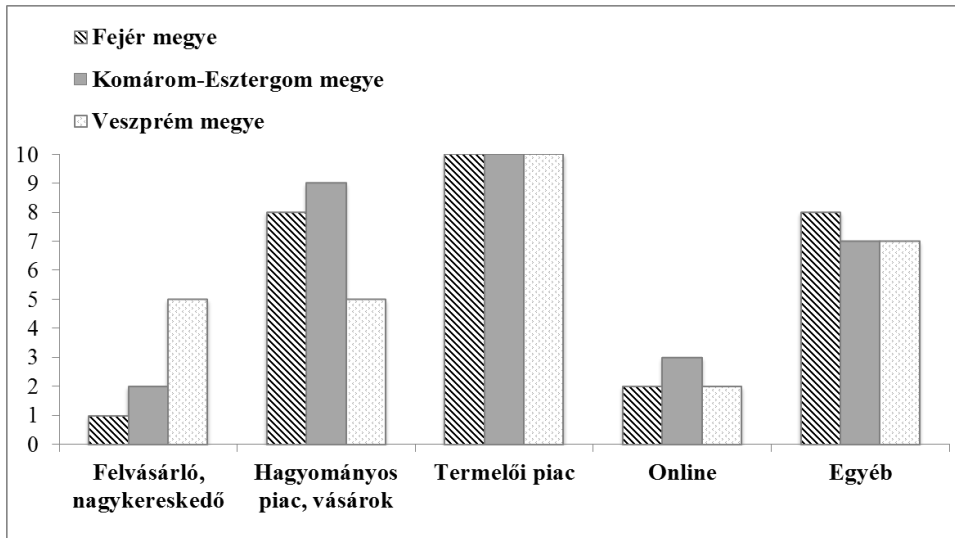
Az alkalmazottak száma és a termelési irány között sem figyelhető meg semmilyen összefüggés ( $r = -0.3$ ).

A gazdálkodás módjának vizsgálatok nagy mértékű egyezőség volt a régiók között, hiszen a tatai és káptalantóti gazdaságok 100%-os hagyományos gazdálkodási módról számoltak be, valamint a székesfehérvári termelők többsége (70 százaléka) szintén elsősorban a konvencionális módot emelték ki. Ugyanakkor meg kell említeni, hogy Fejér megyében a hagyományos gazdálkodási mód mellett megjelenik kisebb számban a bio, az intenzív és az extenzív gazdálkodási mód is. A biotermelés kizárólag a gyümölcs-, valamint a vegyes (zöldség- és gyümölcs-) termelő gazdaságokra jellemző. Zöldségtermesztőknél inkább az intenzív és félintenzív gazdálkodási mód jellemző. A jövedelmezőség javítása érdekében a KTM keretein belül a bio- (organikus) termékek arányának növelése lenne kívánatos, ahogyan ez a már közösségi mezőgazdasági formában működő zöldségféléket előállító gazdaságoknál megfigyelhető. Többek között a termelői árak pozitív irányú elmozdulását is lehetővé tenné az ilyen forrásból származó termékek részarányának növelése.

A termelők a termelői piacon kívül átlagosan 3-4 féle értékesítési csatornán keresztül adják el termékeiket, ezek száma és típusa azonban területenként eltérő. Míg a fővároshoz közelebb eső megyékben (Fejér, Komárom-Esztergom) 2-4 marketingcsatornát alkalmaznak, addig a távolabbi megyében (Veszprém) jellemzően 3-5-öt. Ez amiatt lehetséges, hogy a főváros közelsége miatt több piac is rendelkezésükre áll, míg a távolabbi lévő termelőknek többféle értékesítési csatornát kell igénybe venni,



hogyan tudják adni a termékeiket. A termelők által választott főbb értékesítési csatornákat szemlélteti a 4. ábra.



4. ábra: Termelők által preferált értékesítési csatornák

Figure 4. Sales channels preferred by farmers

Minden régióra egyformán elmondható, hogy a termelők által leginkább preferált értékesítési csatornák a termelői piac mellett a hagyományos piac (a termelők 70%-a választja), valamint a háztól történő értékesítés (60%). Ez utóbbit inkább az állati terméket előállítók (a mézet is ideértve) választják, kisebb arányban a gyümölcsstermesztőknél is megtalálható, míg a zöldségtermesztők nem választják ezt a típusú értékesítési formát. Az online értékesítésben is területi egyöntetűség figyelhető meg, azonban a termelőknek csupán egyötöde választja ezt a típusú csatornát. A termelők közel egyharmada (Veszprém megyében fele) felvásárlóknak is értékesít. Veszprém megyében és Fejér megyében a termelők közel egynegyede értékesít még bio- és szaktoltoknak, vendéglátóhelyeknek és házhoz is szállít. Komárom-Esztergom megyében ezek nem elterjedt formák. A teljes régió összes vizsgált termelőjére elmondható, hogy szinte egyáltalán nem jellemző az út mentén vagy TÉSЗ által történő eladás.

A vevőkört illetően mindegyik termelő rendelkezik törzsvásárlókkal, és a termelői piacokon alkalmanként mintegy 25-30 vásárló keresi fel őket.

A termelők közel fele kényszerül arra, hogy helyi értékesítésen kívül 40 km-es távolságon túl is további piacokat keressen és csak mintegy 25 százalékuk tud kizárólag helyben (5 km-es távolságon belül) értékesíteni. Az első eset inkább a fővárostól távoli (Veszprém), míg az utóbbi eset a fővároshoz közeli megyékre (Fejér, Komárom-Esztergom) jellemző. A különböző terméktípusokat előállító termelők szállítási távolságai között is viszonylag nagy szórás figyelhető meg, különösen a zöldségtermesztők és a vegyes termelési irányú (zöldség- és gyümölcstermelő) gazdaságok között. Alapvetően azonban jellemző, hogy az állati terméket előállítók viszonylag kis távolságon (25 km-es körzeten) belül értékesítenek, nyilván a termékek szállíthatósága, romlandósága miatt. A méztermelők és a gyümölcstermesztők pedig inkább nagyobb távolságokra (50-100 km) szállítanak.

Gyakran használt és kedvelt marketing eszköz a szájreklám, amelyet az összes termelő használ. Ez a leggyakrabban alkalmazott reklám, a termelők ebben bíznak a legjobban. Egy vásárló pozitív visszajelzése egy adott termékről, annak a visszajelzésnek a továbbadása ismerősök felé biztosítja a gazdaságok számára a legjobb reklámot. Az internetes hirdetést az összes termelő 60-70%-a alkalmazza. A termelők által alkalmazott többi marketingeszköz tekintetében azonban területenként jelentősen különbségek figyelhetők meg. A reklámtábla, valamint a szórólap használata inkább a fővároshoz közeli megyékben népszerű (az elsőt az ott élő termelők 50%-a, a másodikat 30-60%-a választja). A távolabb eső területen inkább a termékmintákon keresztül történő népszerűsítést preferálják. A többi marketing eszköz tekintetében rendkívül erős a szórás mind termelők, mind pedig megyei piacok tekintetében. Megjelenik még a nyomtatott sajtó, járműreklám használata, a kiállításokon, valamint a vásárokon történő terméknépszerűsítés.

## **KÖVETKEZTETÉSEK**

A megkérdezett gazdálkodók mindegyike a termelői piacok fontosságára hívta fel a figyelmet. Az új rendszerbe vetett bizalmuk megmutatkozik mind hitelességükben, mind elköteleződésükben, melyet hosszú távú terveikkel tudnak leginkább igazolni.

A területi különbségek vizsgálata során két nagyobb területet tudunk lehatárolni, amelyek termelőinek bizonyos jellemzői (képzettség, alkalmazottak száma, előállított termékek típusa, alkalmazott marketing eszközök száma) között szignifikáns különbség

figyelhető meg. Az egyik ilyen terület a fővároshoz közel eső megyék (Komárom-Esztergom, Fejér), a másik a távolabbi megye (Veszprém). Nyilvánvalóan a fővároshoz való közelség ennek a területnek a jellemzőit alapvetően befolyásolja.

A kutatás során kiderült, hogy a felmérésbe vont gazdálkodók több mint fele a közép- vagy idősebb korosztályt képviseli, ezért a jövőben a generációváltás szerepe jelentősebbé válhat, cél a fiatal gazdálkodók térnyerésének elősegítése ebben a gazdálkodási formában is. Az ilyen irányú termelésben és a termelési piacon eddig eltöltött – viszonylag – hosszabb idő azonban azt mutatja, hogy a tevékenység jövedelmező, a termelői piac, mint értékesítési forma pedig sikeres.

A termékkörök és a termékek feldolgozottsága tekintetében szignifikáns különbség figyelhető meg az ország fővárosához közeli és a távolabbi területek között. Megállapítható, hogy a fővároshoz közelebbi megyékben népszerűbbek az állati eredetű termékek, míg a távolabbi eső megyében az üzemek kisebb hányada foglalkozik állati termék előállításával. A feldolgozottsági szint egyértelműen az állati termékek esetében magasabb.

A kevés számú vagy nulla külső munkaerő bevonása mögött gazdasági okok húzódnak meg. Ezek a gazdaságok ugyanis méretükből és árbevételükből fakadóan legfeljebb egy család évi jövedelmét képesek biztosítani, a plusz munkaerő bérének kitermelése legtöbb esetben nehézséget okoz. A magasabb költségek, így esetlegesen kisebb jövedelmezőség kockázata miatt a termelőknek csak kis hányada biotermelő. A speciális termelői piacokon megjelenő vásárlói réteg azonban magasabb minőségű, egészséges terméket kíván, ezáltal biotermékek előállításával ezeken a piacokon az értékesített mennyiséget növelni lehetne, ami végső soron a jövedelmezőséget is növelné.

A termelők a fővárostól távolabb több értékesítési csatornán keresztül próbálják eladni termékeiket, míg a középső régióban a főváros kínálta piaci lehetőségek miatt jóval kevesebb marketingcsatornán jelennek meg, így szállítási távolságuk is kevesebb. A legnépszerűbb értékesítési csatorna a termelői piacon kívül a hagyományos piac és a háztól történő értékesítés. Az egyéb értékesítési csatornákat minimális mértékben használják ki, vagy nem ismerik. Ezek azonban újabb lehetőségeket nyújthatnának a termelők számára. A TÉSZ közvetítő szerepét sem veszik igénybe, ami azonban jelentősen megkönnyíthetné eladásuk lebonyolítását. Hosszú távon mindenképpen

célszerű lenne különböző szakmai szervezetek által az egyéb értékesítési csatornák ismertetése és népszerűsítése a termelők körében.

A jövőre nézve nagyon fontos feladat lenne a termelői piacok megismertetése és népszerűsítése minden korosztály körében. Lehetőséget kellene biztosítani arra, hogy az emberek erről a témáról több információt kapjanak.

A már működő termelői piacokat média bevonásával népszerűsíteni lehetne, úgy, hogy a hirdetések fókuszában az egészséges, minőségi élelmiszerek állnának. Az egészségtudatosság széles körű térhódításával lehetőség van arra, hogy internetes naplóírók bejegyzéseivel, életmód-magazinokban való megjelenéssel, TV interjúkkal szélesebb körben elérjék a különböző korosztályokat.

Emellett a termelői piacok látogatásának elterjedését különböző események is előmozdíthatnák. Jó lehetőség lenne a termelői piacok látogatási idejét olyan rendezvényekkel összekötni, mely vásárlók tömegét vonzaná az adott piacra. Az ilyen jellegű szervezések nemcsak a környékben lakókat mozgatják meg, hanem távolabbi településekről is gyakran érkeznek az efféle programokra.

Az interjúk és tapasztalatok alapján úgy véljük, hogy célszerű lenne a termelői piacok nyitva tartásának növelése is. Fontos lenne, hogy ne csak egy – egy napon legyenek nyitva a termelői piacok, hanem legalább egy hétköznapi és egy hétvégi napon.

### **Examination of producer markets on the sales side in the Central Transdanubian region**

NÓRA GOMBKÖTŐ–EVELIN VARGA – GERGELY TESCHNER

Széchenyi István University Faculty of Agricultural and Food Sciences Department of  
Agricultural and Rural Economics

#### **SUMMARY**

Farmer's markets, as a type of short supply chains, can solve many problems concerning long-distance transport. In this sales form, physical distance is reduced between the producer and the consumer, furthermore personal relationships and trust can be also established between these two actors. In addition, it provides small producers with the opportunity for producing and selling local, high-quality foods, and

consumers are able to enjoy delicious, mostly local organic food products. Farmers' market is an increasingly popular sales channel in Hungary. While in 2010 there were 100, in 2014 there were around 200 farmers' markets, in 2017 their number increased to more than 250. The National Rural Development Program also encourages the sale of local products in this form. In our research, we conducted a questionnaire survey with producers in the largest farmers' markets of the Central Transdanubian Region (in Komárom-Esztergom county, Fejér county and Veszprém county), which was used to analyze the farmers' market conditions of the region.

**Keywords:** farmers' market, Central Transdanubia, farmers, sales channel

## KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutatást az EFOP-3.6.1-16-2016-00017 „Nemzetköziesítés, oktatói, kutatói és hallgatói utánpótlás megteremtése, a tudás és technológiai transzfer fejlesztése, mint az intelligens szakosodás eszközei a Széchenyi István Egyetemen“ projekt támogatta.

## IRODALOM

*Hinrichs, C. C.* (2000): Embeddedness and local food systems: notes on two types of direct agricultural market. *Journal of Rural Studies*, **16**, (3) 295-303.

*Kajner P.* (2007): Gazda(g)ságunk újrafelfedezése. Fenntartható vidéki gazdaságfejlesztés elméletben és gyakorlatban, L' Harmattan kiadó, 100.p.

*Komárom-Esztergom Megyei Kormányhivatal: Helyi termelői piac. Kiadvány*  
<http://www.kormanyhivatal.hu/download/8/13/61000/helyi%20termel%C5%91i%20piacok%20t%C3%A1j%C3%A9koztat%C3%B3.pdf> (letöltés ideje: 2017.10.05.)

*Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (NAK)* (2016): Helyi termék kézikönyv. Csongrád Megyei Agrár Információs, Szolgáltató és Oktatásszervező Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged

*Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (NAK)* <http://www.nak.hu/termeloipiac-kereso?view=items>

*Póla P.* (2016): Rövid élelmiszerláncokkal a vidék fejlesztéséért.  
<http://www.mvh-hacs.hu/media/r/d/003/040/helyi-piacok-Mecsek-Volgyseg-Hegyhat.pdf> (letöltés ideje: 2017.10.05.)

*A szerzők levélcíme – Address of the authors:*

GOMBKÖTŐ NÓRA – VARGA EVELIN – TESCHNER GERGELY

Széchenyi István Egyetem,

Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

9200 Mosonmagyaróvár Vár tér 2.

[gombkoto.nora@sze.hu](mailto:gombkoto.nora@sze.hu)

# **SZEMLE**



## Az esszenciális mikroelemek szerepe a növények élettani folyamataiban

TÓTH ENDRE ANDOR – KALOCSAI RENÁTÓ – DORKA-VONA VIKTÓRIA –  
GICZI ZSOLT

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdasági- és Élelmiszertudományi Kar  
Mosonmagyaróvár

### ÖSSZEFOGLALÁS

Az utóbbi évtizedekben az egyre intenzívebb növénytermesztés következtében a termőterületről egyre nagyobb mértékben kivont mikroelemek sokszor nem kerülnek vissza a talajba, melynek hatása a termés mennyiségében és minőségi mutatóiban is meglátszik. A mikroelemek nélkülözhetetlenek az élő szervezetek számára. A növények elsősorban a talajból veszik fel őket, azonban a talajok mikroelem-ellátása nagy diverzitást mutat. Fontos foglalkoznunk a mikroelemek tulajdonságaival, formáival, valamint a felvételüket befolyásoló tényezőkkel.

A dolgozat áttekintést nyújt a növények szempontjából fontosabb mikroelemek (Cu, Mo, B, Mn, Fe) növényi életfolyamatokban betöltött szerepéről, a növényekben és a talajban történő előfordulásukról, valamint a hiánytüneteikről. Mindezeket túl kitérünk arra is, hogy az elmúlt évek során milyen nemzetközi kutatások és kísérletek láttak napvilágot az adott mikroelem kapcsán, betekintést nyerve a mikroelem-kutatások irányába.

**Kulcsszavak:** mikroelem, talaj, réz, molibdén, bór, mangán, vas

### BEVEZETÉS

Termesztett növényeink optimális fejlődéséhez kielégítő mennyiségű esszenciális tápelemre van szükség. A hazai tápanyagellátási gyakorlat ugyanakkor viszonylag kis figyelmet fordít termesztett növényeink megfelelő mikroelem-ellátására, így az



gyakorlatilag kizárólag a makroelemek (N, P, K) pótlására korlátozódik. Liebig minimum-törvénye óta tisztában vagyunk vele, hogy a tápelem-egyensúlyra is oda kell figyelni, hiszen egy adott esszenciális elem hiánya nem helyettesíthető másik tápelemmel. Ebből kifolyólag bármely esszenciális tápelem hiánya gátolja a növény növekedését, amely a terméseredmény csökkenéséhez vezethet (*Whitcomb et al.* 2014). Mennyiségi megoszlásuk alapján az elemeket makro- és mikroelemekre oszthatjuk (*Szabó et al.* 1987). A makroelemek csoportjába sorolható a C, H, O, N, P, K, S, Ca és a Mg. Mikroelemnek minősül a Fe, Mn, B, Cu, Mo és a Zn (*Buzás* 1983). *Tisdale et al.* (1985) alapján 20, a növény szempontjából esszenciális elemet különböztethetünk meg.

A mikroelemek a növényi szervezetben csak kis mennyiségben (0,01% - 0,00001%) fordulnak elő, ennek ellenére a növényi életfolyamatokban betöltött szerepük alapvető jelentőségű (*Kalocsai et al.* 2006). A mikroelemek a talajban többféle formában vannak jelen: vízoldható alakban (szabad kationként, szerves és szervetlen komplexek ligandumaiként); agyagásványok kicserélési helyein; specifikusan adszorbeált állapotban; szerves anyagok által komplexek alakjában megkötve vagy adszorbeálva; oldhatatlan csapadékokban; primer ásványokban és a szilikátanyagok oktaéder-rácsában a Fe és Al izomorf helyettesítésében részt vevő kationként. Többnyire csak kis mennyiségű mikroelem van a növények számára felvehető állapotban (formában) a talajban, azonban, ha a talajoldatban csökken a mikroelemek koncentrációja (a növények tápanyagfelvételének köszönhetően), az egyes elemek átalakulhatnak oldhatatlan, vagy kevésbé oldható formából oldhatóba (*Stefanovits et al.* 1999). A nyomelemek olyan elemek, amelyek a legtöbb talajban, növényben, vagy élő szervezetben csak kis mennyiségben vannak jelen (mg/kg vagy kisebb mértékben) (*Phipp* 1981). Az elmúlt évtizedben számos tanulmány jelent meg, melyekben vizsgálták a réz (Cu), cink (Zn), vas (Fe), mangán (Mn), molibdén (Mo), bór (B), klór (Cl), kobalt (Co), nikkelt (Ni) és a szelént (Se) tulajdonságait. 8 nyomelem esszenciális a növények szempontjából számára: a Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, B, Cl és Ni. Amennyiben egy vagy több esszenciális nyomelem nem kielégítő mennyiségben áll a növény rendelkezésére, termés- és minőségcsökkenéssel kell számolnunk (*Alloway* 2008).

Az „esszenciális ásványi elemek” fogalmat *Arnon* és *Stout* alkották meg 1939-ben, és három kritériumot fogalmaztak meg, melyek szükségesek ahhoz, hogy egy elemet esszenciálisnak nevezzünk:

- hiánya esetén abnormális és gátolt lesz a növekedés,

- hatása specifikus, más elemmel nem helyettesíthető,
- közvetlen hatást fejt ki és részt vesz a szervezet anyagcseréjében.

A mikroelemek növényi felvehetőségét legmarkánsabban a talaj pH-értéke szabályozza. Minden olyan tevékenység, behatás, mely közvetetten, vagy közvetlenül módosítja a pH-t, a mikroelem felvételre is hat (Kádár 2008). Az egyes elemek felvételét más elemek hiánya, vagy jelenléte erősen befolyásolhatja a különféle antagonizmusok, illetve szinergizmusok által (Havlin et al. 2005). Magas pH értékű erősen meszes, illetve esetlegesen túlmeszesített talajokon felmerülhet a Cu, Fe, Mn, és a Zn hiánya. Ezeken a területeken kiemelt fontosságúnak tartjuk a levéltrágyát (Szentpéteri et al. 2005). A különböző növények a mikroelemeket különböző mértékben vonják ki a talajból, amit az 1. táblázat szemléltet. A jó minőségű termék előállításának feltétele a harmonikus növénytáplálás, amelyet az N, P, K elemek pótlásán túl a mikroelemek okszerű ellátásával biztosíthatunk.

1.táblázat: Mikroelemek kivonása a talajból (Szakál-Barkóczi 1989)

Table 1: Microelement extraction from the soil

Növényfaj	Kivont mennyiség (g/ha)				
	B	Cu	Mn	Mo	Zn
gabonafélék	50-70	50-70	160-460	3-6	150-250
burgonya	50-70	40-60	300-450	3-6	200-500
cukorrépa	300-500	80-120	300-1000	4-20	300-600
lucerna	500-700	70-90	400-500	5-20	400-600
takarmányrépa	300-500	80-120	250-1000	4-20	300-600
fűfélék	70-90	30-60	250-360	3-20	200-400
lóbab	10-30	20-40	14-28	5-8	70-100

A következőkben tekintsük át a növények szempontjából néhány fontos mikroelem (Cu, Mo, B, Mn, Fe) növényi életfolyamatban betöltött szerepét, előfordulásukat a talajban és a növényekben, illetve hiánytüneteiket.

## RÉZ

A réz a növények számos élettani folyamataiban résztvevő mikroelem. Alkotója és aktivátora olyan enzimeknek, amelyek részt vesznek a fotoszintetikus elektrontranszportban, a transzspirációs anyagcserében, a szénhidrát-, zsír- és anyagcserében (Shkolnyik 1984). A réz specifikus élettani hatását kis ionátmérvőjével,

viszonylag nagy atomtömegével, változó vegyértékével és komplexképzési hajlamával magyarázzák (Loch és Nosticzius 1992). Először 1882-ben, Bordeaux város közelében használtak  $\text{CuSO}_4$  5%-os oldatot gombaölőszerként, szőlőperonoszpóra ellen (Mehrotra és Aggarwal 2003). Ennek használata volt az első lépcső a réz növénystimuláló hatásának megfigyeléséhez. 1925-ben bizonyították be, hogy a réz a növény és állat számára egyaránt esszenciális elem (Pais 1980).

A réz a talajban főként kétértékű formában, szerves és szervetlen adszorpciós felületekhez kötődve van jelen (Loch és Nosticzius 2004). Az egyes kationok közül a réz kötődik legerősebben az agyagásványokhoz, csökkentve a növény általi felvételt (Ma et al. 2006). A réz 0,00002-0,01% mennyiségben van jelen a talajban. Összmenyiségének csupán igen kis része van kicserélhető formában, a szelvényen belüli réztartalom mégis változik az agyag eloszlásával (Stefanovits 1975). A legtöbb növény csak csekély mennyiségben vesz fel rézet. A Cu-t a növények  $\text{Cu}^{2+}$ -ion formájában vagy szerves anyagokhoz kötve veszik fel. Felvehetősége függ a talaj szervesanyag-tartalmától, a pH-tól, a vas, a mangán és az alumínium mennyiségétől (Buzás 1983). Győri (1984) adatai alapján a hazai talajok összes réztartalma a szántott rétegben 10-110 kg/ha-ra tehető, az összes Cu-készlet pedig 3-38 mgkg<sup>-1</sup>. A nagy szervesanyag-tartalmú, laza szerkezetű podzolos talajok, valamint a magas pH-értékű, meszes területek réztartalma általában alacsonyabb (Kalocsai et al. 2005). Tölgyessy (1978) hazánk talajainak 13%-át találta rézben gyengén ellátottnak. Kádár (1997) részben saját vizsgálatait, részben FAO megbízásból készült elemzések alapján Magyarország talajainak és növényeinek becsült rézellátottságát 1%-ban magasnak, 70%-ban közepesnek és 29%-ban gyenge ellátottságúnak találta.

A növények átlagos réztartalma szárazanyagra vetítve 2-20 mgkg<sup>-1</sup>. A növények felvételét jelentősen befolyásolja a talajban felvehető réztartalom és más kationok (pl. Zn) jelenléte (Füleky 1999). A réz a savanyú talajokban a legoldhatóbb, a pH-érték emelkedésével csökken az oldhatósága. Szerves talajokban gyakori a rézhiány, mivel az ilyen talajokban nincsenek mállásra képes ásványok, kőzetek, így rézpótlás sincs. Gyengén ellátott talajokon, valamint növekvő N-trágyázás hatására csökkenhet a növények réz-tartalma. A nitrogén-trágyázás hatására növekvő termés réz-igényét a talaj nem képes kielégíteni, így N x Cu antagonizmus lép fel. Ez könnyen orvosolható a talajok tápanyagban való ellátásával, illetve a nitrogénnel párhuzamos réz-trágyázással (Kádár 2008).

*Flynn et al.* (1987) Ausztráliában rézhiányos talajon végzett réztrágyázási kísérletek alapján megállapította, hogy a pollenképződés előtti kezelés eredményeként mind a hozam, mind a minőségi paraméterek javultak.

*Nadim et al.* (2011) Pakisztánban végzett kísérletükben agyagos vályogtalajon nevelt búzánövényen vizsgálták különböző dózisu  $\text{CuSO}_4$  trágyázás hatását (6; 8; 10  $\text{kg ha}^{-1}$ ). Eredményeik alapján a 8  $\text{kg ha}^{-1}$  Cu dózis mellett kapták a legmagasabb hozamot.

*Liew et al.* (2012) Malajziában végzett kísérletükben bór- és réztartalmú levéltrágyák hatását vizsgálták rizs növényen. Megállapításaik alapján szántóföldi körülmények között akár 27%-al növelhető a rizs hozama réz- és bór levéltrágya használatával, amely főként a nagyobb arányú szemtelítettségnek és a magasabb ezermagtömegnek köszönhető.

*Harris et al.* (2017) Srí Lankán beállított kísérletükben a bór és a réz levéltrágyázás hatását vizsgálták paradicsom növényen. A mikroelemek pozitív hatással voltak a növények hosszára, levélszámára, a gyökér hosszára és a szárazanyag-tartalmára is

*Shams et al.* (2017) Iránban homokos vályogtalajon végzett kísérletükben görögcszénán vizsgálták a nitrogén és a réz hatását. Megállapításaik szerint a réz kisebb dózisokban növelte a növény hozamát, a termést hozó részek arányát és a diosgenin tartalmát, azonban magasabb dózisban (30  $\text{kg ha}^{-1}$ ) már csökkentette a hozamot.

*Azeez et al.* (2015) Nigériában erősen kilúgozott savanyú erdőtalajon vizsgálták a réz-szulfát trágyázás hatását a felvehető P, Zn, Fe és a kukorica növekedésének tekintetében. A növekvő Cu adagok hatására a felvehető P szignifikáns csökkenése volt megfigyelhető. Hasonló módon csökkent a felvehető Zn, melyet a szerzők a Cu és a Zn hasonló töltése és ion-méretének tulajdonítanak. A növénymagasság, átmérő és levélfelületi index fokozatos csökkenését észlelték továbbá a növekvő Cu adagok hatására, mely rámutat, hogy a Cu túlzott jelenléte a talajban akadályozza a növények tápelemekhez való hozzáférését.

*Ghorbanpour et al.* (2016) tenyészedényes kísérleteikben vizsgálták a cink és a réz hatását a bazsalikom növény biomasszájára és esszenciális olaj-tartalmára. Vizsgálataik eredményeként azt tapasztalták, hogy a Cu és a Zn egyedül, vagy kombináltan már kis mennyiségben is pozitív hatással van mind a növény hajtásának és gyökerének szárazanyag-tartalmára, mind az esszenciális olaj-tartalmára.

Hiánytünetei: réz hiányában gátolt a növények nitrogénfelvétele és fehérjeszintézise (*Kádár - Shalaby* 1984b). Csökken a betegségekkel szembeni ellenállóképesség, mivel

csökken a polifenol-oxidáz aktivitása, csökken a szárszilárdság, a szárazságtűrő képesség és romlik a vízháztartás (Grundon 1991; Judel 1962). A levelek elfonnyadnak, besodródznak, klorotikusak lesznek és elhalnak (Marschner 1995). Rahimi 1971-ben végzett kísérleteiben mesterséges rézhiány kialakítása során sejtfal-lignifikálódásra és a szállítóyalábok rendellenes fejlődésére figyelt fel.

Növényekben réz-toxicitás ritkán fordul elő, mivel a réz erősen kötődik a talajrészecskékhez (Füleky 1999). Rézfelhalmozódáshoz vezethet, ha egy adott területen huzamosabb ideig használnak réztartalmú fungicideket, desztillációs üzemek, ipari létesítmények szennyvizét, valamint a takarmányukban rézkiegészítést kapott állatok hígtrágyáját. Ilyenkor a növények nagy mennyiségű rezet akumulálhatnak, amely toxikus hatású lehet, melynek következtében klorózis, valamint természsökkenés következhet be (Szabó et al. 1987).

## MOLIBDÉN

A molibdén a növények számára esszenciális mikroelem, amely a nitrogén-anycserében résztvevő enzimek egyik fontos alkotója. Részt vesz a légköri nitrogén megkötésében és szerepe van a nitrát redukciójában (Yaneva et al. 1996). A molibdén jelen van több mint 40 enzimből, amelyek közül csak 4 található meg növényekben is. A már említett nitrát-reduktázon kívül jelen van az aldehid-oxidázban, amely az abszcizinsav bioszintézisének utolsó lépésében vesz részt, a xantin-dehidrogénázban, melynek a purin anyagcserében és stressz reakciókban van szerepe, valamint a szulfít-oxidázban (Mendel és Hänsch 2002). A molibdén biológiai szerepére először Bortels mutatott rá 1930-ban. Megállapította, hogy a molibdén esszenciális az *Azotobacter* baktérium növekedéséhez és a légköri nitrogén megkötéséhez. Nem sokkal később Steinberg 1936-ban *Aspergillus niger* gombafajon mutatott rá a molibdén esszenciális mivoltára.

A molibdén a legtöbb mikroelemhez képest csekély mennyiségben van jelen a talajokban, átlagos koncentrációja 1-2 mgkg<sup>-1</sup> (Barceloux 1999). Többnyire vas- és alumínium-oxidokhoz kötődve található meg (Bibak és Borggard 1994), azonban a talajban különböző ásványokban is előfordul: molibdenit, powellit, wulfenit, ilsemanit és a ferrimolibdit (Sarkar 2002). A növények a molibdént molibdenát anion (MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) formájában veszik fel (Mengel és Kirkby 1987). Átlagos mennyisége a növényekben 1

mgkg<sup>-1</sup> körül van (Buzás 1983). A növények molibdén igénye a többi mikroelemhez képest alacsonynak mondható. Lindsay (1972) megállapítása szerint 5 pH érték felett, ha a talaj pH értéke egy egységgel nő, a felvehető MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup> koncentrációja a százszorosára emelkedik. Ebből adódóan savanyú talajaink meszezése általában elegendő a molibdén hiány leküzdésére (Bittner 2014). Arnon (1937, 1938) vizsgálatai kimutatták, hogy a molibdén megfelelő mennyiségben történő kijuttatása segítette az árpa (*Hordeum vulgare* L.), a fejessaláta (*Lactuca sativa* L.) és a spárga (*Asparagus officinalis* L.) növekedését. Molibdén hiányában a növények Mo hiánytüneteket produkáltak, amelyeket csak Mo hozzáadásával tudtak megszüntetni. A molibdén kulcsszerepet játszik a nitrogén anyagcserében és elősegíti a felvételét (Silva et al. 2012). A molibdén és a kén között antagonistá kapcsolat áll fenn (Gupta és Mehla 1980). A molibdén és a foszfor kölcsönhatást számos kísérlet vizsgálat, azonban a kapott eredmények sok esetben egymással szemben állnak. Egyes kísérletek szinergista viszonyt (Liu et al. 2010; Basak et al. 1982; Kandil et al. 2013), míg mások antagonistá viszonyt (Chatterjee et al. 1985; Heuwinkel et al. 1992) véltek felfedezni a két elem kapcsolatában. Basak et al. (1982) rizs növényen végzett kutatásaik alapján azt tapasztalták, hogy Mo-kezelés hatására a rizs cink és réz-koncentrációja szignifikánsan csökken.

Togay et al. (2015) Törökországban főzeléklencse szántóföldi termesztésben beállított kísérletben vizsgálták a molibdén és a vas hatását a növény termésére. Kutatásaik során a főzeléklencse vetőmagját kezelték 0-2-4-6 g Mo kg<sup>-1</sup> dózisokban. Vizsgálataik megállapították, hogy az általuk vizsgált agyagos vályogtalajon a 6g Mo kg<sup>-1</sup> kezelés javította legjobban a terméseredményt és a lencse minőségi paramétereit.

Alam et al. (2015) Dél-Koreában Mo-hiányos talajon végzett tenyészedényes kísérletükben a molibdén hatását vizsgálták szöszös bükkönyön. Az adagolt molibdén mennyiségének emelése növelte a gyökércsomók mennyiségét, tömegét és N-fixáló képességet, így nőtt a növény N-tartalma.

Škarpa et al. (2013) Csehországban kispárcellás kísérletben Mo-hiányos talajon vizsgálták a molibdén lombtrágyázás hatását a napraforgó terméshozamára és minőségi paramétereire. A lombtrágyázás hatására nőtt a napraforgó biomassza tömege, szárazanyag-tartalma és termésmennyisége, nem volt hatással azonban a napraforgó olajsav-tartalmára.

*Steiner és Zoz* (2015) Braziliában napraforgó növényen beállított lombtrágya kísérletükben a molibdén hatását vizsgálták a növény N-ellátottságára és a kaszattermesére. Megállapításaik szerint 60-70 g ha<sup>-1</sup> Mo hatóanyag kijuttatásig növelhető a növény N-felvétele és a kaszattermés mennyisége.

*Tahir et al.* (2014) Pakisztánban beállított kísérletükben vizsgálták a molibdén hatását a mungóbab termésére és minőségi paramétereire. Különböző mennyiségben csávázták a növény vetőmagját nátrium-molibdenáttal. Megállapításaik szerint 4g Mo kg<sup>-1</sup> kezelés esetén kapták a legnagyobb termést. Az ennél nagyobb mennyiségben történő csávázás már csökkentette a terméseredményeket.

Hiánya, hiánytünetei: nem kielégítő molibdén ellátottság esetén a növények növekedése lassul, a levelek fakó színt vesznek fel (*Martin et al.* 1995). Jellemző tünetek a levelek szürkészöld elszíneződései, a levélerek közötti klorózis, súlyosabb esetben nekrozis (*Mengel et al.* 2001). *Gupta és Lipsett* (1981) megfigyelései alapján a kétszikűeknél a következő hiánytünetek is előfordulhatnak: levéltorzulás, klorotikus elváltozás, nekrotikus foltok és a tenyészőkúp elhalása. A növények a molibdén feleslegre kevésbé érzékenyek, toxikus hatás csak igen nagy koncentrációnál jelentkezik (*Broadley et al.* 1995). A molibdén többlet esetén a levelek vörössárga – aranyárga klorózisa figyelhető meg (*Gupta* 1997), emellett a molibdén felesleg a hajtás és a gyökér fejlődését is gátolja (*Kevresan et al.* 2001).

## BÓR

A bór alapvető fontosságát 1923-ban *Warrington* szemléltette. Lóbab növényen végzett kísérletei során rámutatott, hogy bór hiányában a növényeken egyértelmű hiánytünetek jelentkeznek, amelyek csak bór adagolásával szüntethetőek meg. Bórra a növényeknek életük során folyamatosan szükségük van a növény sejtfalában betöltött strukturális szerepe végett. Emellett fontos szerepet tölt be a nukleinsavak anyagcsere-folyamataiban, a szénhidrátok és a fehérjék szállításában és felhalmozásában, a sejtfal-szintézisben (*Goldbach és Wimmer* 2007; *Miwa et al.* 2007). Megkönnyíti a cukor mozgását azzal, hogy bór-cukor komplexet alkot, így a cukrok könnyebben áthatolnak a sejt falán (*Buzás* 1983). A bór számos formában jelen van a talajban, azonban átlagos talaj pH szinten (5,5-7,5) legnagyobb mennyiségben oldható bórsav (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) formájában található. A növények a bórt elsősorban bórsav formájában veszik fel a

talajból (Tanaka és Fujiwara 2008). Felvehetik továbbá a következő ionos formákban is:  $B_4O_7^{2-}$ ,  $H_2BO_3^-$ ,  $HBO_3^{2-}$ ,  $BO_3^{3-}$  (Buzás 1983). A növények számára felvehető bór a talaj fizikai és kémiai tulajdonságától függ, amelyek a következők: pH, talajtextúra, agyagtartalom, kötöttség, szervesanyag-tartalom, stb (Goldberg 1993). Az egyszikűekben 6-18  $mg\ kg^{-1}$ , kétszikűekben 20-60  $mg\ kg^{-1}$  közötti szárazanyagra vonatkoztatott koncentráció jellemző (Füleky 1999).

Singh et al. (1990) nagy mennyiségű bór kijuttatása esetén antagonista hatást vélt felfedezni búzában a többi tápelem felvételére. Mások bór többlet esetében is szinergista viszonyt észleltek a tápelemek felvételére paradicsom növényben (Carpana-Artes és Carpana-Ruiz, 1987). Leece (1978) szerint bór jelenlétében a P/Zn, Fe/Zn, Cu/Zn és Mn/Zn arányok növekednek kukoricában, mely alapján feltételezhető, hogy a bór is hatással van a növények tápelem egyensúlyára.

Hossain et al. (2011) Bangladesben, meszes, B-hiányos talajon, kispárcellás kísérletben vizsgálták a bórtrágyázás mustárra gyakorolt hatását. Megállapításaik alapján a talajba juttatott bór hatására 30-35%-al tudták növelni a termésmennyiséget (optimális mennyiség 1 kg B/ha).

Konuskan et al. (2017) Törökországban, agyagos talajon állítottak be kispárcellás kísérletet kukorica növényen, ahol különböző dózisú bór lombtrágyázás hatását vizsgálták a növény minőségi paramétereire. Szignifikáns változást állapítottak meg a zsírsavak összetételében és az olaj mennyiségében.

Turan et al. (2018) tenyészedényes kísérletükben durumbúzában valamint őszi búzában vizsgálták a bórsav hatását termőközegbe juttatva a növények B, illetve Ca-koncentrációjára. Míg 1 mg B  $kg^{-1}$  növelte mindkét kultúrnövény szárazanyag-tartalmát, addig a nagyobb, 10 mg B  $kg^{-1}$  dózis szignifikánsan csökkentette szárazanyag-tartalmukat. A B-dózis növelésével nőtt a B-felvétel és a koncentráció a levélsúcsokban és a sejtfalban, azonban a Ca felvétele és koncentrációja is csökkent mindkét kultúrváltozat esetében. A bór toxicitás tünetei erősebben jelentek meg a durumbúza esetében, mint a hagyományos őszi búza esetében.

Dursun et al. (2010) Törökországban végzett két éves, üvegházás kísérletükben paradicsomon, paprikán és uborkán vizsgálták a B-trágyázás (mint  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) hatását a zöldségek hozamára, valamint a növények makro- és mikroelem-koncentrációira. Megállapításaik szerint a B-trágya használata mindhárom növény terméseredményét növelte (maximális mértékben 3 kg B  $ha^{-1}$  dózisban), növelte továbbá



a szövetek P, K, Fe, Mn, Zn és Cu koncentrációját, azonban csökkentette a N, Ca és Mg koncentrációját.

*Škarpa* (2013) Csehországban beállított, 4 éves szántóföldi kísérletében vizsgálta napraforgó növényen a bór különböző időpontokban történő lombtrágyázásnak hatását a növény mennyiségi és minőségi paramétereire. A kaszattermés legnagyobb mértékben (8,3%-al) a vegetáció kezdetekor kijuttatott bór hatására nőtt, az olajmennyiség szintén a vegetáció elején kijuttatott trágyázás hatására nőtt legnagyobb mértékben (10,2%).

A bórhiány elsődleges következményei a sejtfalban fellépő változások, amelyből következnek a másodlagos hatások, melyek az anyagcserére és a növekedésre hatnak (*Dordas és Brown* 2000). A bórhiány egyik legkorábban jelentkező tünete a gyökérnövekedés szünetelése (*Marschner* 1995). A fiatal leveleken korán jelentkeznek a bórhiány tünetei: a klorotikus levelek kifakulnak, lankadtá válnak; a gyökereken a tenyészőcsúcs pusztulása jellemző. Cukorrépa és repce esetében további tipikus hiánytünet a répatest szív- és szárazrothadása, paradicsomnál a hajtások csúcsainak pusztulása. Gyümölcsfáknál a kifejlődött gyümölcsök, valamint szőlőnél a bogyók aprók maradnak, minőségük jelentősen romlik (*Füleky* 1999). A bórhiány talaj- és levéltrágyázással is könnyen orvosolható. Szőlőnél jellegzetes tünet az úgynevezett „madárkás fürt”, mely a hiányos termékenyülés és a gátolt bogyófejlődés következménye.

A bórhiány könnyen kezelhető, azonban a bór felesleg egy komoly mikroelem zavar, amely a világon sok helyen befolyásolja a termesztett növények, főként a gabonák terméseredményét (*Kalayci et al.* 1997). A bór felesleg egyik jellemző tünete a levélen jelentkezik (leaf burn): klorotikus, majd később nekrotikus foltok, gyakran az idősebb levelek szélein és végein (*Bennett* 1993). A felesleg a gyökereken nem mutat látható tüneteket, mivel a bór koncentráció a gyökerekben viszonylag alacsony marad a levelekhez képest, még nagyon magas bór-ellátottság esetén is (*Nable* 1988; *Oertli and Roth*, 1969, in *Ross et al.* 1997). *Lovatt és Bates* (1984) megfigyelései alapján fiatal cukkini növényeknél a bór feleslege késleltette a növekedést, csökkentette a levélfelület nagyságát és a szén-dioxid asszimilálását.

## MANGÁN

A mangán esszencialitását *J. S. McHargue* mutatta ki 1922-ben. A mangán számos élettani és biokémiai folyamatban játszik szerepet a növényekben: részt vesz a klorofill felépítésében, a citromsav-ciklusban, a légzést szabályzó enzimek aktiválásában, számos anyagcsere-reakcióban, valamint a csírázás és a fejlődés gyorsításában is (*Fageria* 2001). A talajban mangán-oxidok, szilikátok és karbonátok tartalmazzák, valamint adszorbeáltan vas-oxidok és szerves komplexek felületén fordul elő (*Smith és Peterson* 1995). Savanyú talajokon, a pH csökkenésével nő a kicserélhető mangántartalom (főként  $Mn^{2+}$  formában) a talajban, mely a növények számára könnyen felvehető (*Marschner* 1995).

A talajban jelen levő  $Mn^{2+}$  mennyisége a talaj következő paramétereitől függ elsősorban: a talaj pH-értékétől, porozitásától, redoxipotenciáljától és mikrobiológiai aktivitásától (*Schmidt et al.* 2016). Magasabb pH értékeken a mangán Mn(III) és Mn(IV) vegyértékű formában van jelen a talajban, amely a növények számára nem érhető el (*Rengel* 2000). A talajban jelen levő mangán-tartalom széles skálán mozog. *Sparks* (1995) 20 és 10000  $mg\ kg^{-1}$  között állapította meg a mennyiségét, *Adriano* (2001) 450 és 4000  $mg\ kg^{-1}$  közé tette a talaj összes mangán-tartalmát. Hazánk talajainak átlagos Mn-tartalma 100-1100  $mg\ kg^{-1}$  (*Győri et al.* 1971). Átlagos koncentrációja a növényekben szintén széles skálán mozog, szárazanyagra vonatkoztatva 30-500  $mg\ kg^{-1}$  érték között változik (*Clarkson* 1988).

Savanyú talajokon, melyek nagy mennyiségű, a növények által könnyen felvehető mangánt tartalmaznak, megfigyelhető a Mn-Fe antagonizmus. A Fe-Mn arány (átlagos értéke 1,5-2,5 közötti) szinten tartása szükséges a növény egészségének megőrzése szempontjából. Ezen arány alatt Mn-mérgezés és Fe-hiány előfordulására számíthatunk, míg 2,5 arány felett relatív vas túlsúlyt és ebből kifolyólag Mn-hiányt észlelhetünk (*Kabata-Pendias és Pendias* 1992).

*Singh és Patra* (2017) Indiában a szerves trágyázás és mangán-kezelés hatását vizsgálták szántóföldi kísérletükben őszi búza növényen. Megállapításaik alapján a mangán-trágyázás hatására a növénymagasság, valamint a szalma- és a szemtermés 10 kg Mn  $ha^{-1}$ -ig lineárisan nőtt, továbbá a mangán-trágyázásnak pozitív hatása volt a búza K, P és S hasznosítására is.

*Ozbahce és Zengin* (2014) Törökországban magas pH-tartalmú, agyagos vályogtalajon beállított kisparcellás kísérletben vizsgálták veteménybabon a mangán-kezelések hatását. Kétféle mangán-kezelést (mangán-szulfát és Mn-EDTA) vizsgáltak talajtrágyaként, valamint lombtrágyaként kijuttatva. Mindkét esetben szignifikánsan nőttek a terméseredmények. Eredményeik alapján a Mn-EDTA használata kedvezőbb a terméshozamra és a jövedelmezőségre vonatkoztatva, mint a mangán-szulfát használata, továbbá a mangán lombtrágyaként való kijuttatása eredményesebb volt, mint talajtrágyaként történő használata.

*Batukaev et al.* (2018) Oroszországban homokos talajon szőlő növényen vizsgálták a mangántrágyázás hatását. Eredményeik alapján a mangán dózisok növelésével szignifikánsan nőtt a szőlő terméseredménye, a maximális értéket 4 kg Mn ha<sup>-1</sup> dózis esetén érte el.

*Moosavi és Ronaghi* 2011-ben Iránban agyagos, meszes talajon végzett üvegházás kísérletükben szójabab növényen vizsgálták a vas és a mangán talaj-, illetve lombtrágyaként történő alkalmazását. Megállapításaik szerint a mangán jelenléte negatívan befolyásolta a gyökerek Fe-felvételét, valamint a nagy mennyiségű Mn talajtrágya akadályozta a vas transzlokációját a gyökerekből a hajtásba. A mangán talajtrágyaként történő használata kevésbé hatékony módszer a vastrágyázás okozta relatív Mn-hiány kiküszöbölésére, mint lombtrágyaként történő használata.

Számos növénykultúra érzékeny a mangán-hiányra: az alma (*Malus domestica*), a cseresznye (*Prunus avium L.*), a málna (*Rubus spp. L.*), a borsó (*Pisum sativum L.*), bab (*Phaseolus vulgaris L.*), a cukorrépa (*Beta vulgaris L.*), a burgonya (*Solanum tuberosum L.*), a szója (*Glycine max Merr.*), és a búza (*Triticum aestivum*) (*Humphries et al.*, 2007). Azonban a kukorica (*Zea mays L.*) és a rozs (*Secale cereale L.*) viszonylag toleráns a mangán-hiánnyal szemben (*Marschner* 1995). Mivel a mangán növényen belüli mozgása kevésbé jellemző, ezért a mangán-hiány tünetei először a fiatal leveleken jelennek meg. A mangán hiánya erősen befolyásolja a fotoszintézist, azonban látható tünetek a leveleken csak akkor válnak észrevehetővé, ha a növény növekedése már nagymértékben visszamaradt (*Hannam és Ohki* 1988). *Marschner* (1995) alapján a leveleken a következő tünetek észlelhetőek: érközi vagy foltos klorózis a levéllemezen, érközi nekrozis a fiatal levéllemezekon, mely később a levél száradásához vezet. A mangán hiánya csökkenti a lignin koncentrációját a növényben, kiváltképp a gyökérben,

emiatt a mangán-hiányban szenvedő növény fogékonyabbá válik a gombás megbetegedésekre (Rengel *et al.* 1993 in Schmidt *et al.*, 2016).

Savanyú talajokon (5,5 pH alatt) könnyen mangán-mérgezés fordulhat elő a túl sok Mn-felvétel végett, azonban ez meszeséssel, a talaj pH-jának helyreállításával kiküszöbölhető (Buzás 1983). Mangán-túlsúly esetében a növekedési erély csökkenésén túl egyéb látható jelei is vannak a túlzott mangán ellátottságnak, mint pl.: a levélközű és levélszéli klorózis, valamint nekrotikus barna pöttyök (Wissemeier és Horst 1991). A mangán-mérgezés súlyosbodik, ha további elemek, mint a Ca, Mg, K, Fe és Si csak kis mennyiségben érhetőek el a növény számára (Abou *et al.* 2002).

## VAS

A mikroelemek közül a vas esszencialitását (felsőbbrendű növényekben) fedezték fel legkorábban, 1860-ban (J. Sachs) A vas ~2,1%-ban van jelen a talajban (Rose *et al.* 1979). Bodek *et al.* (1988) mérései alapján a vas mennyisége a talajokban széles skálán mozog, 0,2% és 55% között. Szántóföldi kultúrák átlagos vaskoncentrációja szárazanyagra vonatkoztatva 50 és 250 mgkg<sup>-1</sup> között alakul. 50 mgkg<sup>-1</sup> alatti koncentrációnál vashiány fellépésére kell számítani (Füleky 1999). A vas előfordulhat kétértékű (Fe<sup>2+</sup>) vagy háromértékű (Fe<sup>3+</sup>) formában, azonban a talajban többnyire csak háromértékű formában van jelen (Bodek *et al.* 1988). A vas a harmadik leggyakoribb elem a kőzetekben és az ásványokban. Leggyakrabban előforduló ásványai a hematit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), a magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), a limonit (2 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 3H<sub>2</sub>O), goethit (FeOOH), valamint a pirit (FeS<sub>2</sub>) (Stefanovits *et al.* 1999). A növények a vasat főként Fe<sup>2+</sup> formában veszik fel (Füleky 1999). A vas nagy része a levegőzött talajban Fe(III) alakban van jelen, ami a növények számára nem felvehető, így bár a talaj összes vastartalma aránylag magas, a növények által felvehető mennyiség relatíve csekély. Az így rendelkezésre álló vas főként a talajásványokból válik szabaddá a növények számára Fe(II)-ionok formájában (Szabó *et al.* 1987)

A nehézfémek (réz, cink) kelátképzési hajlamuktól függően gátolják a vas felvételét és szállítását, mivel a vasat kiszorítják a kelátkomplexekből. A vas felvételét számos ion gátolja. A nagy foszfátion-koncentráció kedvezőtlen hatású, mivel oldhatatlan vas-foszfátok képződhetnek a talajoldatban és a növények szállító rendszerében, és ezek a folyamatok akadályozzák a növény vastáplálását. Nagy Ca<sup>2+</sup>- és Mn<sup>2+</sup> koncentrációk a

talajban és a növényben egyaránt kedvezőtlenül befolyásolják a vas fiziológiai aktivitását. A nitráttáplálás akadályozza, az ammóniumtáplálás pedig elősegíti a vasfelvételt. (Loch és Nosticzius 2004). A vas számos élettani folyamatban nélkülözhetetlen elem. Szerepe fontos a légzésben, az anyagcserében, a fotoszintézisben és a fehérjeképző folyamatokban is (Kalocsai et al. 2005). Közreműködik több enzimszisztéma (mint a fumársav-hidrogenáz, a kataláz, az oxidáz és a citokrómok) aktiválásában (Buzás 1983). Amennyiben nem áll elegendő Fe a növény rendelkezésére, mind a mitokondriumban (Mori et al. 1991 cit. Selby-Pham et al. 2017), mind a kloroplasztiszban (Stocking 1975 cit. Selby-Pham et al. 2017) vashiány lép fel, ami a légzés és a fotoszintézis károsult működéséhez vezet (Selby-Pham et al. 2017).

Singh et al. (2016) Indiában mungóbab növényen beállított kisparcellás kísérletükben a kén- és vas-trágyázás hatását vizsgálták a termesztett növény mennyiségi és minőségi paramétereire. Megállapításaik alapján a növény magassága, a szárazsúly, a terméshozam és a szalma tápanyag-felvétele a  $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ S}$  és  $5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Fe}$  esetében érte el a maximumot.

Caliskan et al. (2008) Törökországban mediterrán körülmények között vizsgálták a nitrogén- és a vas-trágyázás hatását a szója növényen. Eredményeik alapján a Fe-trágyázás pozitív hatással volt a növény növekedési paramétereire, valamint a terméshozamra. A legnagyobb terméshozamot  $80 \text{ kg N ha}^{-1}$  és  $400 \text{ g Fe EDTA ha}^{-1}$  esetén kapták. Pozitív kölcsönhatást véltek felfedezni továbbá N x Fe trágyázás esetén ( $80 \text{ kg N ha}^{-1}$ -ig) a szója növekedésére és termésére. Sabet és Mortazaeinezhad (2018) római kömény növényen végeztek szántóföldi kísérletet Iránban, hogy megállapítsák, a 3 vizsgált kijuttatási mód közül (kelát-Fe, nano-kelát-Fe, sziderofór-Fe) melyik a Fe-lombtrágya van legnagyobb hatással a terméseredményekre, valamint a növény Fe-felvételére, illetve milyen mennyiségben érdemes kijuttatni azt. Megállapításaik alapján a nano-kelát-Fe ( $1 \text{ g/l}$ ) volt a legnagyobb hatással a növény növekedésére és terméseredményére, míg a sziderofór-Fe-nek volt a legkisebb hatása a növény jellemzőire.

Vashiány főként a magas mésztartalmú, magas pH-értékű (nagyobb, mint 7) talajokon jelent problémát, ahol a vas felvehetősége alacsony (Lindsay 1995). Mészben gazdag talajon ún. „mészklorózis” lép fel, mivel a magas kalciumszint semlegesíti a vas mobilizálásához szükséges protonokat, emiatt romlik a vas felvehetősége (Mengel et al. 1984). Annak ellenére, hogy a vas a legtöbb talajban kellő mennyiségben jelen van, a

vashiány komoly problémát jelent a mezőgazdaság számára, hiszen a világ művelhető területeinek ~30%-a meszes, ebből kifolyólag lúgos. Ezeken a területen a vashiányt vastartalmú műtrágyázással nem lehet könnyen megoldani, hiszen itt a vas oldhatósága a probléma forrása, nem pedig a mennyisége (*Guerinot 2001 in Hell és Stephan 2003*). Vashiány esetében a fiatalabb leveleken sárgulás vagy klorózis tünetei lépnek fel (*Terry és Low 1982*). Vashiányos körülmények között a növények levele megsárgul, a növekedés mérséklődik, a termés csökken (*Pushnik és Miller 1989*). A levelek szélei később megbarnulnak és elhalnak, a gyökerek rövidek maradnak, erősen elágaznak és gyakran barna színűek (*Buzás 1983*).

### **Role of essential micronutrients in the physiological processes of plants**

ENDRE ANDOR TÓTH – RENÁTÓ KALOCSAI – VIKTÓRIA DORKA-VONA -  
ZSOLT GICZI

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdasági- és Élelmiszertudományi Kar  
Mosonmagyaróvár

#### **SUMMARY**

Micronutrients are essential for living organisms. However, due to the increasingly intensive plant production, the micronutrients extracted from the soil are not returned most of the times, and it is shown on the quality and the quantity of the yield. It is important to increase awareness about the importance of correct and proportional nutrient supply.

In the present article the concerning literatures and studies, and also the research results of the recent years of the most important micronutrients (Cu, Mo, B, Mn, Fe) are summarized.

**Keywords:** micronutrient, soil, copper, molybdenum, boron, manganese, iron

## KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutatást az EFOP-3.6.1-16-2016-00017 „Nemzetköziesítés, oktatói, kutatói és hallgatói utánpótlás megteremtése, a tudás és technológiai transzfer fejlesztése, mint az intelligens szakosodás eszközei a Széchenyi István Egyetemen“ projekt támogatta.

## IRODALOM

- Abou, M. - Symeonidis, L. - Hatzistavrou, E. - Yupsanis, T. (2002):* Nucleolytic activities and appearance of a new DNase in relation to nickel and manganese accumulation in *Alyssum murale*. *J. Plant Physiol.* 159, 1087-1095.
- Adriano, D.C. (2001):* Trace elements in terrestrial environments. Biogeochemistry, bioavailability and risks of metals. Springer-Verlag, New York, 867 p.
- Alam, F. – Kim, T.Y. – Kim, S.Y. – Alam, S.S. – Pramanik, P. – Kim, P.J. – Lee, Y.B. (2015):* Effect of molybdenum on nodulation, plant yield and nitrogen uptake in hairy vetch (*Vicia villosa* Roth). *Soil Science and Plant Nutrition*, 61(4):664-675.
- Alloway, B.J. (2008).* Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production.
- Arnon, D. I. (1937):* Ammonium and nitrate nutrition of barley at different seasons in relation to hydrogen-ion concentration, manganese, copper, and oxygen supply. *Soil Science*, 44. 91-114.
- Arnon, D. I. (1938):* Microelements in culture-solution experiments with higher plants. *American Journal of Botany*, 25. 322-325.
- Arnon, D.I. - Stout, P.R. (1939):* The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiol.* **14**, 371–375.
- Azeez, M. O. - Adesanwo, O. O. - Adepetu, J. A. (2015):* Effect of Copper (Cu) application on soil available nutrients and uptake. *African Journal of Agricultural Research*, 10(5), 359-364.
- Barceloux, D. G. (1999):* Molybdenum. *Clinical Toxicology*, 37. 2. 231-237
- Basak, A. – Mandal, L. N. – Halder, M. (1982):* Interaction of phosphorus and molybdenum in relation to uptake and utilization of molybdenum, phosphorus, zinc, copper and manganese by rice. *Plant and Soil*, 68. 261-269.

- Batukaev, A. – Magomadov, A. – Chavanov, M. – Sushkova, S. – Deryabkina, I.* (2018): Influence of manganese fertilizers on grapes efficiency on sandy soils of the South Russia. *Agrofor International Journal*, Vol. 3, Issue No. 1, 158-162.
- Bennett, W. F.* (1993): *Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants*. APS Press, St Paul, MN, USA.
- Bibak, A. – Borggard, O. K.* (1994): Molybdenum adsorption by aluminium and iron oxides and humic acid. *Soil Science*, 158. 323-328.
- Bittner, F.* (2014): Molybdenum metabolism in plants and crosstalk to iron. *Frontiers in Plant Science*, 5. 28. 1-6.
- Bodek, I. - Lyman, W.J. - Reehl, W.F. – Rosenblatt, D.H.* (1988): *Environmental Inorganic Chemistry: Properties, Processes, and Estimation Methods*. SETAC Special Publication Series, *B.T. Walton and R.A. Conway*, editors. Pergamon Press. New York.
- Bortels, H.* (1930): Molybdän als Katalysator bei der biologischen Stickstoffbindung. *Archives of Microbiology*, 1. 333-342.
- Broadley, M. – Brown, P. – Cakmak, I. – Rengel, Z. – Zhao, F.* (1995): Function of Nutrients: Micronutrients. pp. 191-248. In: *Marschner, H.:* *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Second Edition. Academic Press, London. pp. 889
- Buzás I.* (1983): *A növénytáplálás zsebkönyve*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Caliskan, S. – Ozkaya, I. – Caliskan, M. E. – Arslan, M.* (2008): The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a Mediterranean-type soil. *Field Crops Research*. Vol. 108, Issue 2, 126-132.
- Carpana-Artes, O. - Carpana-Ruiz, R. O.* (1987): Effects of Boron in tomato plant. Leaf evaluations. *Agrochimica*, 31: 391-400.
- Chatterjee, C. – Nautiyal, N. – Agarwala, S. C.* (1985): Metabolic changes in mustard plants associated with molybdenum deficiency. *New Phytologist*, 100. 511-518.
- Clarkson, D.T.* (1988): The uptake and translocation of manganese by plant roots. In: *R.D. Graham, R.J. Hannam, N.J. Uren.* (eds). *Manganese in Soil and Plants*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 101- 111.
- Dordas, C. - Brown, P. H.* (2000): Permeability of boric acid across lipid bilayers and factors affecting it. *J. Membr. Biol.* 175, 95–105.
- Dursun, A. - Turan, M. - Ekinçi, M. - Gunes, A. - Ataoglu, N. – Esringü, A. – Yildirim, E.* (2010): Effects of Boron Fertilizer on Tomato, Pepper, and Cucumber Yields and



Chemical Composition. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 41:13, 1576-1593.

*Fageria, N.K.* (2001): Nutrient management for improving upland rice productivity and sustainability. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 32:2603-2629.

*Flynn, A.G. – Panozzo, J.F. – Gardner, W.K.* (1987): The effect of copper deficiency on the quality and dough properties of wheat flour. Journal of Cer. Science 56:4. 91-98 p

*Fülek Gy.* (1999): Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

*Ghorbanpour, M. - Asgari Lajayer, H. - Hadian, J.* (2016): Influence of copper and zinc on growth, metal accumulation and chemical composition of essential oils in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Medical Plants. 15(59): 132-144.

*Goldbach, H. - Wimmer, M.* (2007): Boron in plants and animals: Is there a role beyond cell-wall structure?. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 170. 39 - 48.

*Goldberg, S.* (1993): Chemistry and mineralogy of boron in soils. In: Boron and Its Role in Crop Production. Ed.: *Gupta, U.C.* pp. 344. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

*Grundon, N. J.* (1991): Copper deficiency of wheat: effect of soil water content and fertilizer placement on plant growth, Journal of Plant Nutrition, 14, 5 p. 499–509.

*Guerinot, M.L.* (2001): Improving rice yields--ironing out the details. Nat Biotechnol. 19 (5):417-8.

*Gupta, U. C.* (1997): Symptoms of Molybdenum Deficiency and Toxicity in Crops, pp. 160-170. In: *Gupta, U. C.* (ed.): Molybdenum in agriculture. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 276.

*Gupta, U. C. – Lipsett, J.* (1981): Molybdenum in soils, plants and animals. Advances in Agronomy, 34. 73-115.

*Gupta, V. K. – Mehla, D. S.* (1980): Influence of sulphur on the yield and concentration of copper, manganese, iron and molybdenum in berseem (*Trifolium alexandrinum*) grown on two different soils. Plant Soil, 56. 229-234.

*Győri D.* (1984): A talaj termékenysége. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

*Győri D. - Cseh E. - Keresztes I.-né,* (1971): Changes in a Mn uptake of red clover (*Trifolium pratense*) as a reaction to liming. Acta Agr. Hung. 20. p. 319–327.

*Hannam, R.J. - Ohki, K.* (1988): Detection of manganese deficiency and toxicity in plants. In Manganese in Soils and Plants (*Graham, R.D. et al., eds*) Kluwer Academic Publishers. pp. 243–259,

- Harris, K.D. - Puvanitha, S. (2018).* Influence of Foliar Application of Boron and Copper on Growth and Yield of Tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv 'Thilina'). *AGRIEAST: Journal of Agricultural Sciences.* 11(2), pp.12–19.
- Havlin, J.L. - Beaton, J.D. - Tisdale, S.L. - Nelson, W.L. (2005):* Soil Fertility and Fertilizers. Pearson Education, Inc., Upper Sadle River, New Jersey. Chapter 9. pp. 298-361.
- Hell, R. - Stephan, U.W. (2003):* Iron uptake, trafficking and homeostasis in plants. *Planta.* Volume 216, Issue 4, pp 541–551
- Heuwinkel, H. - Kirkby, E. A. - Le Bot, J. – Marschner, H. (1992):* Phosphorus deficiency enhances molybdenum uptake by tomato plants. *Journal of Plant Nutrition,* 15. 549-568
- Hossain, M.A - Jahiruddin, M. - Khatun, F. (2011):* Effect of boron on yield and mineral nutrition of mustard (*Brassica napus*). *Bangladesh J. Agril. Res.* 36(1) : 63-73.
- Humphries, J. - Stangoulis, J. - Graham, R. (2007):* Manganese. In: *A. Barker, D. Pilbeam* (eds). *Handbook of Plant Nutrition,* Taylor and Francis, USA, pp. 351-366.
- Judel, G.K. (1962):* Einfluss von Kupfer und Stickstoffmangel auf die aktivitat der phenoloxidase und den Gehalt on Phenolen in den Blättern der Sonnenblume. *U. Pflanzernahr. Bodenkunde,* 31: 159-170.
- Kabata-Pendias, A. - Pendias, H. (1992):* Trace Elements in Soils and Plants, 3rd Edition, CRC Press, Boca Ratón, Florida, 294pp.
- Kalayci, M. - Alkan, A. - Cakmak, I. - Bayramoğlu, O. - Yilmaz, A. - Aydin, M. - Ozbek, V. - Ekiz, H. - Ozberisoy, F. (1997):* Studies on differential response of wheat cultivars to boron toxicity. In: *Wheat: Prospects for Global Improvement.* Springer. Berlin, Germany. pp. 189–195.
- Kalocsai R. – Schmidt R.- Szakál P. – Giczi Zs. (2005):* A mikroelemek hatása az őszi búza minőségére. *Agro Napló IX. évf. 2005/10.* 35-38.p
- Kalocsai R. – Schmidt R. - Szakál P. – Giczi Zs. (2006):* A talajvizsgálati eredmények értelmezése. *Agro Napló X. évf. 2006/09.* 35-38.p
- Kandil, H. - Gad, N. - Abdelhamid, M. T. (2013):* Effects of Different Rates of Phosphorus and Molybdenum Application on Two Varieties Common Bean of (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agriculture and Food Technology,* 3. 3. 8-16
- Kádár I. (1997):* Talajaink tápelemgazdálkodása az ezredfordulón. *Növénytermelés* 46. 73-84. p.

- Kádár I.* (2008): A mikroelemkutatások eredményeiről, különös tekintettel a Cu és Zn elemekre. *Acta Agronomica Óvariensis*. 50, (1) 9–12
- Kádár I. - Shalaby, M. H.* (1984b): A nitrogén és a réztrágyázás közötti kölcsönhatások vizsgálata meszes homoktalajon. *Agrokémia és talajtan* 33, 68– 74.
- Kevresan, S. – Petrovic, N. – Popovic, M. – Kandrak, J.* (2001): Nitrogen and protein metabolism in young pea plants as affected by different concentrations of nickel, cadmium, lead, and molybdenum. *Journal of Plant Nutrition*, 24. 1633-1644.
- Konuskan, O. – Konuskan, D.B. – Levai, C.M.* (2017): Effect of foliar boron fertilization on chemical properties and fatty acid compositions of corn (*Zea mays* L.). *Rev. Chim.*, 68: 2073–2075
- Leece, D. R.* (1978): Effects of Boron on the psychological activity of zinc in maize. *Aust. J. Agric. Res.*, 29: 739-749.
- Liew, Y. A. - Omar, S. R. - Husni, M. H. A. - Zainal, A. M. A. - Ashikin, N. P. A.* (2012): Effects of foliar applied copper and boron on fungal diseases and rice yield. *Pertanika Journal of Tropical Agriculture. Science*, v. 35, p .339-349, 2012.
- Lindsay, W. L.* (1972): Inorganic phase equilibria of micronutrients in soil. pp. 41- 57. In: *Mortvedt, J. J. – Giordano, P. M. – Lindsay, W. L.* (eds.): *Micronutrients in Agriculture*. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Lindsay, W. L.* (1995): Chemical reactions in soils that affect iron availability to plants: a quantitative approach. In: *Abadía J*, editor. *Iron Nutrition in Soils and Plants*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. pp. 7–14.
- Liu, H. – Hu, C. – Hu, X. – Nie, Z. – Sun, X. – Tan, Q. – Hu, H.* (2010): Interaction of molybdenum and phosphorus supply on uptake and translocation of phosphorus and molybdenum by Brassica napus, *Journal of Plant Nutrition*, 33. 12. 1751- 1760.
- Loch J. – Nosticzius Á.* (1992): *Agrokémia és növényvédelmi kémia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Loch J. – Nosticzius Á.* (2004): *Agrokémia és növényvédelmi kémia*. Mezőgazda Kiadó.
- Lovatt, C. J. – Bates, L. M.* (1984): Early effects of excess boron on photosynthesis and growth of *Cucurbita pepo*. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 35, Issue 3, pp. 297–305.
- Ma, L. Q. – Lombi, E. – Oliver, I. W. – Nolan, A. L. – McLaughlin, M. J.* (2006): Long-term aging of copper added to soils. *Environ. Sci. Technol.* 40, 6310–6317

- Marschner, H.* (1995): Mineral nutrition of higher plants, 2nd edn. London, UK: Academic Press.
- Martin, S. - Saco, D. - Alvarez, M.* (1995) Nitrogen metabolism in *Nicotiana rustica* L. grown with molybdenum: 11. Flowering stage. *Comm. Soil. Sci. Plant Anal.* 26, 1733—1747.
- McHargue, J. S.* (1922): The role of Manganese in plants. *J. Am. Chem. Soc.* 44 (7), pp. 1592-1598
- Mehrotra, R.S., Aggarwal, R.S.* (2003): Plant Pathology. Tata McGraw Hill Publishing Company Limited. New Delhi, 846 pp.
- Mendel, R. R. – Hänsch, R.* (2002): Molybdoenzymes and molybdenum cofactor in plants. *Journal of Experimental Botany*, 53. 1689-1698
- Mengel, K. - Breiniger, M. T. - Bübl, W.* (1984): Bicarbonate, the most important factor inducing iron chlorosis in vine grapes on calcareous soil. *Plant Soil*, 81: 333–344.
- Mengel, K. – Kirkby, E. A.* (1987): Principles of Plant Nutrition. 4th ed. International Potash Institute, Bern, Switzerland, pp. 685.
- Mengel, K. - Kirkby, E. A.* (2001): "Molybdenum". Principles of plant nutrition (5th ed.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp. 613–619.
- Miwa, K. - Takano, J. - Omori, H. - Seki, M. - Shinozaki, K. - Fujiwara, T.* (2007): Plants Tolerant of High Boron Levels. *Science (New York, N.Y.)*. 318. 1417.
- Moosavi A. A. – Ronaghi, A.* (2011): Influence of foliar and soil applications of iron and manganese on soybean dry matter yield and iron-manganese relationship in a calcareous soil. *Aust. J. Crop Sci.* 5(12): 1550-1556.
- Mori, S. – Nishizawa, N. – Hayashi, H. – Chino, M. – Yoshimura, E. – Ishihara, J.* (1991): Why are young rice plants highly susceptible to iron deficiency? *Plant Soil* 130(1):143–56
- Nable, R. O.* (1988): Resistance to boron toxicity amongst several barley and wheat cultivars: a preliminary examination of the resistance mechanism. *Plant and Soil* 112, 45–57.
- Nadim, M.A. - Awan, I.U. - Baloch, M.S. - Khan, E.A. - Naveed, K. - Khan, M.A. - Zubair, M. - Hussain, N.* (2011): Effect of micronutrients on growth and yield of wheat. *Pakistan Journal of Agricultural Science* 48(3): 191–196.
- Oertli, J.J. – Roth, J.A.* (1969): Boron nutrition of Sugar Beet, Cotton, and Soybean. *Agronomy Journal*. Vol. 61 No. 2, p. 191-195.

- Ozbahce, A. – Zengin, M. (2014):* Effects of foliar and soil applications on different manganese fertilizers on yield and net return of bean. *Journal of Plant Nutrition*, 37:2, 161-171.
- Pais, I. (1980):* A mikrotápanyag szerepe a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Patra, A. – Singh, V. (2017):* Effect of FYM and manganese on yield and uptake of nutrients in wheat (*Triticum aestivum*). *Annals of Plant and Soil Research*. 19(4): 381-384.
- Phipps, D.A. (1981):* Chemistry and biochemistry of trace metals in biological systems. In:  
*N.W. Lepp (Ed.),* Effect of heavy metal pollution on plants: effects of trace metals on plant function, vol. I, Applied Sci Publ, London and New Jersey , pp. 1-54.
- Puchnik, J. C. - Miller, G. W. (1989):* Iron regulation of chloroplast photosynthetic function: mediation of PS I development. *J. Plant Nutr.* 12: 407–421.
- Rahimi, A. (1971)* Kupfermangelsymptome und ihre Entwicklung bei höheren Pflanzen. Diss. Tech.n. Univ., Berlin, 14. 18 p.
- Rengel, Z. (2000):* Uptake and transport of manganese in plants. In: *A. Sigel, H. Sigel (eds.).* Metal Ions in Biological Systems. New York, Marcel Dekker, pp. 57-87
- Rengel, Z. – Graham, R.D. – Pedler, J.F. (1993)* Manganese nutrition and accumulation of phenolics and lignin as related to differential resistance of wheat genotypes to the take-all fungus. *Plant Soil* 151, 255–263
- Rose, A.W. - Hawkens, H.E. – Webb, J.S. (1979):* Geochemistry in Mineral Exploration (2nd edition). Academic Press, London.
- Ross, O. N. – Gary, S. B. – Jeffrey, G. P. (1997):* Boron Toxicity. *Plant and Soil*. Vol. 193, Issue 1-2, pp. 181-198.
- Sabet, H. – Mortazaiezhad, F. (2018):* Yield, growth and Fe uptake of cumin (*Cuminum cyminum* L.) affected by Fenano, Fe-chelated and Fe-siderophore fertilization in the calcareous soils. *J. Trace Elem. Med. Biol.*, 50. (2018), pp. 154-160.
- Sanders, J. R. (1983):* The effect of pH on the total and free ionic concentrations of manganese, zinc and cobalt in soil solutions. *J. Soil Sci.*, 34, pp. 315-323.
- Sarkar, B. (2002):* Heavy Metals in the Environment. Marcel Dekker Inc., New York, Basel, pp. 712

- Schmidt R. – Szakál P. – Bede D. – Barkóczi M. – Matus L.* (2008): A Zn-komplex vegyület jelentősége a burgonyatermesztésben. *Acta Agronomica Óváriensis*. 50. (1.) pp. 43-48.
- Schmidt, S. - Jensen, P. - Husted, S.* (2016). Manganese Deficiency in Plants: The Impact on Photosystem II. *Trends in Plant Science*. Vol. 21, Issue: 7, pp. 622-632.
- Selby-Pham, J. - Lutz, A. - Moreno-Moyano, L.T. - Boughton, B. - Roessner, U. - Johnson, A.* (2017): Diurnal Changes in Transcript and Metabolite Levels during the Iron Deficiency Response of Rice. *Rice*. **10**:14
- Shams, M. - Haghghi, B. - Yildirim, E. - Rabiei, V. - Ercisli, S. - Masiha, S. - Golchin, A.* (2017). The effect of simultaneous application of nitrogen and copper on yield and steroidal saponin production in *Trigonella foenum graecum* L.. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 16(3) 2017, 3–11.
- Shkolnyik, N.Y.A.* (1984): Trace elements in plants. Elsevier, Amsterdam 33. 288-301. p.
- Silva, E. B. – Santos, S. R. – Fonseca, F. G. – Tanure, L. P. P. – Freitas, J. P. X.* (2012): Foliar application of molybdenum in irrigated common bean cultivated in the Northern Minas Gerais, Brazil. *Bioscience Journal*, 28. 64-71.
- Singh, J.P. - Dahiya, D.J. – Narwal, R.P.* (1990): Boron uptake and toxicity in wheat in relation to zinc supply. *Fert. Res.*, 24: 105-110.
- Singh, O. – Kumar, S. – Shahi, U. P. – Kumar, A. – Dwivedi, A. – Kumar, V.* (2016): Growth, Nodulation, Yield and Nutrient Uptake of Urdbean (*Vigna mungo* L. Hepper) as Influenced by Sulphur and Iron Fertilization in Light Textured Soil, *International Journal of Bio-resource and Stress Management* 2016, 7(4) Special:693-698.
- Skarpa, P.* (2013): Effect of boron foliar application at critical growth stages on sunflower (*Helianthus annuus* L.) yield and quality. *J. Elementol.* 18, 449–459.
- Skarpa, P. - Kunzova, E. - Zikalova, H.* (2013): Foliar fertilization with molybdenum in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Soil Environ.* 59, 156–161
- Smith, K. A. – Peterson, A.R.* (1995): Manganese and Cobalt. In: *Alloway, B.J.* (ed.): Heavy metals in soils. Blackie Academic and Prof., London, 368. pp
- Sparks, D.* (1995): *Environmental Soil Chemistry*. San Diego, Academic Press, 352 p.
- Stefanovits P.* (1975): Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Stefanovits P. - Filep Gy. - Füleky Gy.* (1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó

- Steinberg, R. A.* (1936): Relation of accessory growth substances to heavy metals, including molybdenum, in the nutrition of *Aspergillus niger*. *Journal of Agricultural Research*, 52. 439-448.
- Steiner, F. - Zoz, T.* (2015): Foliar application of molybdenum improves nitrogen uptake and yield of sunflower. *Afr. J. Agr. Res.* 2015, 10, 1923–1928.
- Stocking, C.R.* (1975): Iron deficiency and the structure and physiology of maize chloroplasts. *Plant Physiol* 55(4):626–31
- Szabó S. A. - Regiusné M. Á. - Győri D. - Szentmihályi S.* (1987): Mikroelemek a mezőgazdaságban I. Esszenciális mikroelemek. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- Szakál P. – Barkóczi M.* (1989): Réztartalmú hulladékból előállított réz-komplex hatása az őszi búza beltartalmára. *Agrokémia és Talajtan*, 38. 330-334 p.
- Szentszéki ZS. - Jolánkai M. - Kleinheincs CS. - Szöllősi G.* (2005): Effect of Nitrogen Topdressing on Winter Wheat. *Cereal Research Communication*. 33. 2-3. 619-727.
- Tahir, M. – Sher, A. – Majeed, A.* (2014): Effect of Molybdenum on Yield and Quality of Black Gram (*Vigna mungo* L.). *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*. 12(2):101-105.
- Tanaka, M. – Fujiwara, T.* (2008): Physiological roles and transport mechanisms of boron: perspectives from plants. *Pflugers Archiv – European Journal of Physiology*. 456. 671-677.
- Terry, N. – Low, G.* (1982): Leaf chlorophyll content and its relation to the intracellular localization of iron. *J. Plant Nutr.* 5(4–7):301–10
- Tisdale, S. L. - Nelson, W.L. – Beaton, J.D.* (1985): *Soil Fertility and Fertilizers*. The Macmillian Company. New York.
- Togay, N. – Togay, Y. – Erman, M. - Cig, F.* (2015): Effect of Fe (iron) and Mo (molybdenum) application on the yield and yield parameters of lentil (*Lens culinaris* Medic.). *Legume Res.*, 38(3): 358-362.
- Tölgyessy Gy.* (1978): Magyarország mikrotápelem mérlege. MÉM NAK, Budapest.
- Turan, M.A. – Taban, S. – Kayin, G.B. – Taban, N.* (2018): Effect of boron application on calcium and boron concentrations in cell wall of durum (*Triticum durum*) and bread (*Triticum aestivum*) wheat. *Journal of Plant Nutrition*. Volume 41, Issue 11; Pages 1351-1357.
- Warrington, K.* (1923): The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. *Ann. Bot.* 37, 629-672.

Whitcomb, S.J. – Heyneke, E. – Aarabi, F. – Watanabe, M. – Hoefgen, R. (2014): Mineral Nutrient Depletion Affects Plant Development and Crop Yield. In: Hawkesford, M. – Kopriva, S. - De Kok, L. (eds): Nutrient Use Efficiency in Plants. Plant Ecophysiology, vol 10. Springer

Wissemeier, A. - Horst, W. (1992): Effect of light intensity on manganese toxicity symptoms and callose formation in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Plant Sci. 143, 299-309.

Yaneva, I. – Mack, G. - Vunkova Radeva, R. – Tischner, R. (1996): Changes in nitrate reductase activity and the protective effect of molybdenum during cold stress in winter wheat grown on acid soil. Journal of Plant Physiology, 149. 211-216.

*A szerzők levélcíme – Address of the authors:*

TÓTH ENDRE ANDOR – KALOCSAI RENÁTÓ – DORKA-VONA VIKTÓRIA –  
GICZI ZSOLT

Széchenyi István Egyetem

Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

Víz- és Környezettudományi Tanszék.

9200 Mosonmagyaróvár Lucsony u. 15-17.





## Tájékoztató és útmutató a szerzők részére

### Általános szempontok

1. Csak önálló kutatáson alapuló, más közleményekben meg nem jelent, a növény-tudományok (kertészet, genetika, növénykórtan, állati kártevők, agrometeorológia, növényélettan, agrobotanika, stb.), állattudományok (takarmányozás, állatgenetika, állategészségügy, stb.), élelmiszer- és az ökonómiai tudományok témakörébe tartozó szakcikket közölhetünk. Szemle rovatunkba a fenti tárgykörökhöz tartozó irodalmi összefoglalók, témadokumentációk, módszertani ismertetések, stb. kerülnek.

2. Tudományos folyóiratunkban a dolgozatokat angol vagy magyar nyelven tesszük közzé. Ez attól függ, hogy az új tudományos eredmények nemzetközi vagy inkább hazai érdeklődésre tarthatnak számot. Más nyelven a továbbiakban már nem fogadunk be cikkeket. A közlemények megjelentetésekor, az adott lapszámok összeállításakor az angol nyelvű anyagok előnyt élveznek. A megfelelő nyelvi színvonal fenntartása érdekében angolul írt cikk benyújtásakor anyanyelvi lektor által kiállított igazolást is kérünk csatolni.

3. Csak formailag kifogástalan kéziratot fogadunk el.

4. A kéziratot - annak mellékleteivel együtt - elektronikusan (e-mailben) kell megküldeni Dr. Szalka Éva címére (Acta Agronomica Óváriensis Szerkesztő Bizottsága, 9201 Mosonmagyaróvár, Vár 2.; szalka.eva@sze.hu)

### A kézirat összeállítása

#### 1. Formai követelmények

1.1. A kézirat táblázatokkal és ábrákkal együtt legfeljebb 16-20 gépelt - számozatlan - oldal legyen, Times New Roman betűtípussal 11 pt betűmérettel, körben 2 cm-es margót hagyva. A gépirás fekete betűvel, irodai (A/4-es) papír egyik oldalára, 1,5-es sorközzel történjék. Fej- és lábléc (másként: élőfej és élőláb) használatát kérjük mellőzni.

1.2. Az alcímeket, fejezetcímeket, egyéb elkülönülő részeket 1-1 üres sorral kell elválasztani a fő szövegtől, aláhúzás és sorszám nélkül.

1.3. Az idegen szavak írását fonetikusán vagy, ha még nem honosodtak meg, eredeti helyesírással kérjük.

A magyar fajnevek mellett a tudományos nevet (esetenként a címben is) fel kell tüntetni és *dőlt* betűvel írni. A fajták nevét (magyar és külföldi) a minősítésben elfogadott név szerint kell írni szintén *dőlt* betűvel (pl.: *Sinapis alba* cv. *Budakalász sárga*).

## **2. A kézirat szerkezete**

2.1. A dolgozat címe alatt a szerző(k) neve, munkahelye(ik) és annak székhelye szerepeljen. Pontos cím megadása itt kerülendő. A tudományos fokozatot és munkahelyi beosztást nem közöljük.

2.2. A tudományos közlemények kialakult rendjének és kézirat felépítését a következő csoportosítás szerint kérjük:

-Bevezetés

-Irodalmi áttekintés

-Anyag és módszer

-Eredmények

-Következtetések

-Összefoglalás

-Irodalom

az Acta Agronomica Óváriensis hagyományainak megfelelően. Egyes fejezetek a téma jellege, terjedelme szerint összevonhatók: Bevezetés és az Irodalmi áttekintés, Eredmények és a Következtetések. Az Anyag és módszer helyett a szerző a Kísérletek leírása címet is használhatja.

2.3. Az Irodalom után kérjük feltüntetni a szerző(k) levélcímét (név, munkahely és annak székhelye a postai irányítószámmal; e-mail cím).

A fentiek szerint csoportosított kéziratot kiegészítik (külön oldalakra gépelve):

·magyar nyelvű közlemény esetén

-magyar nyelvű összefoglalás a végén kulcsszavakkal

-angol nyelvű összefoglalás a dolgozat angol nyelvű címével, a szerző(k) nevével és a munkahely(ük) feltüntetésével, a végén angol kulcsszavakkal

-táblázatok és ábrák

-angol nyelvű táblázat- és ábracímek

-az ábrák feliratait és a táblázatok fejléceit angol fordításban, számozva pl:

*1. táblázat* Az egynyári szélfű előfordulása a Fertő-Hanság-medence  
kukoricavetéseiben

*Table 1 Occurrence of Mercurialis annua L. in maize fields in the Fertő-Hanság-basin*

Felvételezési hely (1)		Egynyári szélfű száma a felvételi négyzetekben (2)				Átlag db/4m <sup>2</sup> (3)
		1.	2.	3.	4.	
1.	Hanságfalva*	46	72	54	36	52
2.	Jánossomorja	38	27	25	30	30
3.	Hanságliget	2	1	4	0	2

\* a tenyészdőszak folyamán sem mechanikai, sem pedig kémiai gyomirtásban nem részesült

(1) location of survey, (2) the number of *Mercurialis annua* L. in sample squares, (3) average pc/4m<sup>2</sup>, \*during the vegetation period neither mechanical nor chemical weed control was carried out

angol nyelvű közlemény esetén

-angol nyelvű összefoglalás a végén kulcsszavakkal

-magyar nyelvű összefoglalás a dolgozat magyar címével, a szerző(k) nevével és a munkahely(ük) feltüntetésével, a végén magyar kulcsszavakkal

-külön-külön oldalakra gépelt táblázatok és ábrák (a címek, feliratok, fejlécek magyarra fordítása nem szükséges)

### **3. Irodalmi hivatkozások**

3.1. Az Irodalmi áttekintés című fejezetbe - hivatkozáskor - egy szerző esetében a szerzők családnévének *dőlt* betűvel történő leírásával és zárójelben közleményének kiadási évszámával szerepeljen, pl. *Pocsai* (1986). Szerzőpárosra történő hivatkozás esetén a két név közé "és" szót tegyen: *Pocsai és Szabó* (1983). Kettőnél több szerző esetében az elsőként feltüntetett szerző neve után *et al.* rövidítést kérjük: *Schmidt et al.* (1983). Egy mondaton vagy témakörön belül, ha több szerzőre hivatkozik, akkor a mondat vagy a témakör tárgyalása végén zárójelben kérjük a szerzők nevének és közleményei kiadási évszámának a felsorolását: (*Iváncsics* 1971, *Gergátz és Seregi* 1985, *Szajkó* 1987). Tudományos közleményben, könyvben szereplő hivatkozásra történő utalásnál a cit. rövidítést kell használni (*Wagner* 1979 cit. *Fahn* 1982).

3.2. Az Irodalom összeállításakor a dolgozatban idézett szerzők nevét ABC- és megjelenési időrendű felsorolásban kérjük. Minden tanulmányt külön sorban kell feltüntetni.

-Folyóiratban megjelent cikkekre való hivatkozásnál a szerző családneve és keresztnevének kezdőbetűje *dőlten* szedve, a cikk megjelenésének évszáma zárójelben, a cikk címe, a folyóirat megnevezése, az évfolyam száma félkövéren, a lapszám zárójelben és a kezdő-befejező oldal száma kerül felsorolásra.

Pl: *Pocsai K.* (1986): A lóbab vetőmagszükséglet csökkentési lehetőségeinek vizsgálata. Növénytermelés. 35, (1) 39-44.

-Ha az idézett hivatkozás könyvben jelent meg, akkor kérjük a szerző nevét, a könyv megjelenési évszámát zárójelben, a könyv címét, kiadóját és a kiadó székhelyét közölni.

Pl: *Schmidt J.* (1995): Gazdasági állataink takarmányozása. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

-Ha olyan szerzőre hivatkozik, aki társszerzőként írt a könyvben, akkor a szerző nevét az általa írt (hivatkozott) fejezet címét kérjük feltüntetni és "in" megjelöléssel a könyv szerkesztőjének a nevét, a könyv címét, kiadóját és a kiadó székhelyét

Pl.: *Gimesi A.* (1979): A lucerna vegyszeres gyomirtása. In *Bócsa I. (szerk.): A lucerna termesztése.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

-Ha az Irodalmi áttekintésben több szerző által írt tanulmányra hivatkozott, az Irodalomban az összes szerző nevét ki kell írni és a nevek közé szóközzel kötőjelet kell tenni.

Pl: *Varga-Haszonits Z. – Varga Z. – Schmidt R. – Lantos Zs.* (1997): The effect of climatic conditions on the maize production. Acta Agronomica Óváriensis. 39, (1-2) 1-14.

-Külföldi szerző esetében család- és keresztnév közé vesszőt kell tenni. Magyar szerzőknél ez kerülendő.

#### **4. Ábrák és táblázatok**

4.1. A digitalizált képeket, ábrákat lehetőleg TIF, JPG kiterjesztésű állományként küldjük, és ne a dokumentumba ágyazva.

4.2. Táblázatok esetében kérjük, hogy szintén Times New Roman betűtípust használjanak. Lehetőleg mellőzzék a táblázatok különféle kerettel és vonalvastagságokkal történő tarkítását.

4.3. Kérjük az eredeti ábrák, táblázatok külön állományban (pl. XLS) történő mentését, ezeket se illesszék a dokumentumba.

4.4. Ugyanazon adatsorokat grafikus és táblázatos formában nem közöljük.

Kérjük, hogy a szövegben az ábrákra és táblázatokra (dőlt betűvel írva) minden esetben hivatkozzanak.

### **5. Lektorálás, korrektúra**

5.1. Az angol nyelvű cikkek lektorálása két szinten (anyanyelvi és szakmai bírálat) történik. Mint azt az *Általános szempontok*ban említettük, a közlemény beérkezésekor benyújtott anyanyelvi lektori igazolás biztosítja az *előzetes nyelvi ellenőrzést*, amit *szakmai bírálat* követ.

5.2. A szerzők javaslatot tehetnek a két szakmai lektor személyére. A javasolt lektorok tudományos minősítéssel rendelkező személyek legyenek. A javasolt lektorokat a Szerkesztőbizottság hagyja jóvá, illetve jelöl ki új lektorokat. A lektorok nevét az évi utolsó lapszámában a borító belső oldalán – a bírált cikk megjelölése nélkül - feltüntetjük.

5.3. A lektori véleményeket a szerzőknek a kézirattal együtt megküldjük. Kérjük a szerzőket, hogy dolgozatukat a bírálók javaslata alapján módosítva mielőbb küldjék vissza e-mail-ben (szalka.eva@sze.hu). Csak a végleges összeállítású, hibátlan dolgozatot tudjuk szerkeszteni.

A megjelent dolgozatokért a Szerkesztőbizottság tiszteletdíjat nem tud fizetni.

A kéziratokat a dolgozat megjelenéséig megőrizzük.

A Szerkesztőbizottság

**Kiadásért felelős:**

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar dékánja

**A szerkesztőség címe**

H-9201 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

## Tartalom

Giczi Zs. – Kalocsai R. – Lakatos E. – Dorka-Vona V. –Tóth E. A.:	
Réz, a mezőgazdaság nélkülözhetetlen eleme .....	4
Dorka-Vona V. – Kalocsai R. – Sarjant S. – Giczi Zs. – Van Erp P. – Kovács A.:	
Talajvizsgálat Magyarországon: az infravörös és röntgen-fluoreszcens analízis alkalmazásának lehetőségei.....	32
T. Horváth –A. Nyéki –M. Neményi:	
Introduction to fossil free grain production .....	44
Szabó J. – Kovács N. – Szármes P.:	
Módszertan a kukoricatermesztés kockázatainak gazdasági elemzéséhez I. rész .....	62
Kovács N. – Szármes P. –Szabó J.:	
Módszertan a kukoricatermesztés kockázatainak gazdasági elemzéséhez II. rész.....	83
Gombkötő N. – Varga E. – Teschner G.:	
Termelői piacok értékesítési oldalról történő vizsgálata a Közép-dunántúli régióban .	105
Szemle .....	125
Tóth E. A. – Kalocsai R. – Dorka-Vona V. – Giczi Zs.:	
Az esszenciális mikroelemek szerepe a növények élettani folyamataiban .....	126
Tájékoztató és útmutató a szerzők részére .....	151