

Harta István¹– Füleky György²

Foszfor és káliumtartalom mélységi eloszlása a gödöllői műtrágyázási tartamkísérletben

Depth Distribution of Potassium and Phosphorus in the long-term fertilizer experiment in Gödöllő

hartaiivan1990@gmail.com

¹Szent István Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, PhD hallgató

²Szent István Egyetem, Mezőgazdaság és Környezettudományi Kar, Talajtani és Agrokémiai Tanszék, Gödöllő, Professor Emeritus

Kivonat

A gödöllői műtrágyázási tartamkísérletek több mint 40 éve alatt számos, a műtrágyázás és a talajtulajdonságok összefüggéseit vizsgáló eredmény született. A legfontosabb mérőszámok az extrém nagy műtrágyaadagok termés-csökkentő hatásának megerősítése, illetve a mélységi nitrátakkumuláció kimutatása voltak. Ezen vizsgálatokhoz kapcsolódva került sor a talaj kémiai tulajdonságában (NO₃-N, AL-P₂O₅, AL-K₂O, H%, pH) bekövetkezett változások szakaszos monitorozására.

A vetésforgó műtrágyázási kísérletben a kontroll parcellák mellett 4 különböző, növekvő adagú kezelés (0, 150, 300, 450, 600 kg/ha/év NPK hatóanyag) volt, ami a termesztett növény függvényében évente eltért. A kezelések alatt két alkalommal (1986, 1998), a talaj AL-kivonatban mért foszfor és káliumtartalmának mélységi (1 m) eloszlása is meghatározásra került. A területen gyenge tápelemszolgáltató képességű rozsdabarna erdőtalaj található, amely a műtrágyázás (évente 30-270 kg/ha P₂O₅ és 35-360 kg/ha K₂O) hatására tápelemekkel feltöltődött. A kísérletben a legnagyobb adagú műtrágyakezelések parcelláin a műtrágyázás 26 éve alatt kijuttatott mennyiség a 3500 – 4500 kg/ha P₂O₅ és az 5000-6500 kg/ha K₂O értékeket is elérte. A legnagyobb műtrágyaadagokkal kezelt parcellákon az 1986-ban mért értékek a talaj 0-60 cm-es rétegében, K₂O (búzánál 140 - 210 kg/ha/év) esetén a 200-250 mg/kg-os értéket, a 0-40 cm-es talajrétegben, P₂O₅ (búzánál 180-270 kg/ha/év) esetén a 150-200 mg/kg-os értékeket is elérték. Az 1986-os és az 1998-as év különbsége foszfor esetében csak kis különbséget mutatott, a kálium esetében azonban a 0-60 cm-es talajrétegben akár 50-100 mg/kg értékkel csökkent. A trágyázás időszakos elhagyása, majd megszüntetése a felvehető foszfor- és káliumtartalom csökkenését, illetve a felhalmozódási pontok kismértékű elmozdulását vonta maga után. A foszfor esetében a koncentrációs maximum helye alig változott.

A két terület azóta rekultivációra került, trágyázást nem kapott és erdőállomány telepítése történt. Az elkövetkezendő vizsgálatok során a biomelioráció eredményeként, a talaj tulajdonságaiban történt változásokat kívánjuk feltárni, kiemelt figyelmet fordítva a kálium és foszfor mélységi (1 m) eloszlására.

Bevezetés

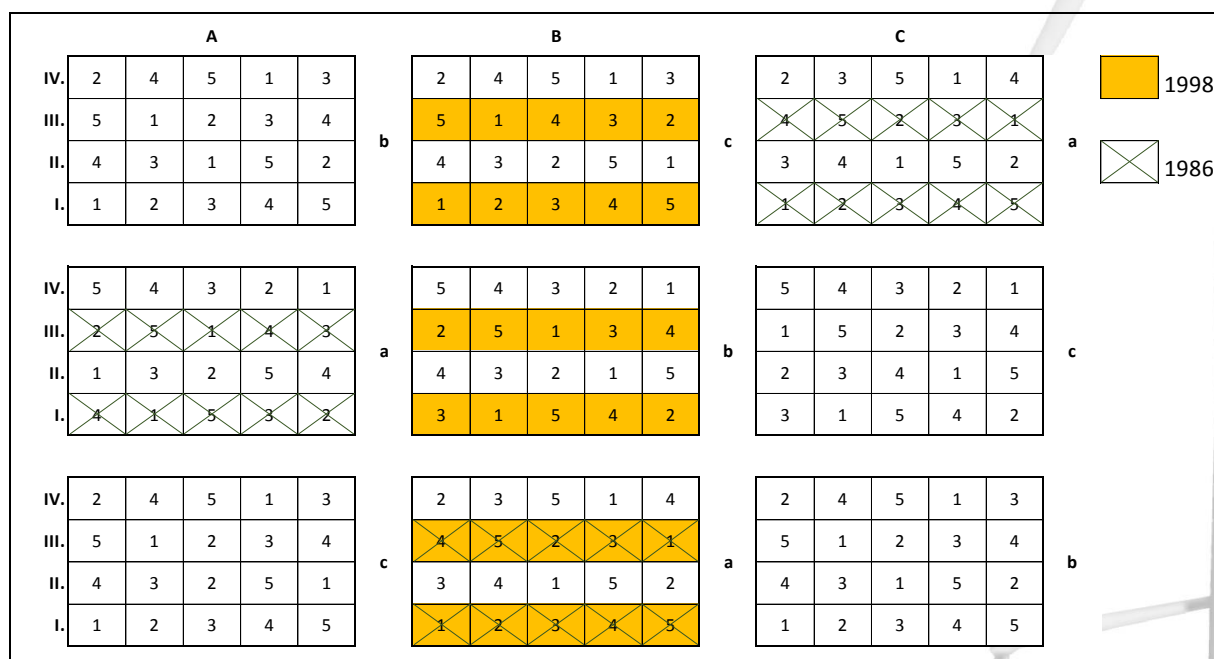
A múlt fontosabb eredményeinek ismerete elengedhetetlen ahhoz, hogy a jelen és a jövő kihívásaira megfelelő válaszokat adjunk. A növénytermesztés és az agrokémia fejlődése szempontjából ezért nélkülözhetetlenek a folyamatosan, nagy mennyiségű adatot szolgáltató tartamkísérletek. A tartamkísérletek évtizedeket átfogó eredményei fontos információt nyújtanak a talaj-növény tápelemforgalomról és az azt befolyásoló komplex környezeti tényezőkről. A kísérletekben kombinálódnak a tápanyagellátással és a környezetvédelemmel foglalkozó kutatások (Bocz 2002), segítségükkel a kezelések időbeni lefolyása és hosszú távú hatásai egyaránt tanulmányozhatók (Berzsenyi 2009). A tartamkísérletek segítségével információt kapunk a talajok hosszú távú tápanyagkészletének változásairól (Körshens 2006) és a fajlagos feltöltési mutatók is segítségükkel számolhatók (Szűcs et Szűcs 2003).

Gödöllőn, a Szent István Egyetem Szárítópusztai Kísérleti Telepén található az 1972-ben Dr. Debreczeni Béla és Dr. Kovács Károly által alapított vetésforgó műtrágyázási tartamkísérlet. Itt 45 év kísérleti eredményei rávilágítanak többek között a talaj AL-oldható foszfor- és káliumtartalmának változásaira. Hazánk mezőgazdasági talajain a rendszerváltáskor még átlagosan 800 kg/ha mennyiségű AL-P₂O₅ és ugyanennyi AL-K₂O halmozódott fel a műtrágyázás következtében (Kádár 1992), ma Európa talajai azonban már foszforhiányosak. Ez gazdaságilag és politikailag annyira meghatározó tényező, hogy az Európai Bizottság 2013-ban konzultációt kezdeményezett a foszfor fenntartható használatáról, ami a készletek megőrzésén túl a környezeti kockázatok csökkentésére is kiterjedt (Draskovits 2013). A növények által felvett foszfor nagy része betakarításkor lekerül a talajról (Kádár 1992), a természetes vizek eutrofizációját ugyanakkor elsősorban a vizekbe bekerülő foszfor okozza (Heckrath et al. 1995). A kálium a talaj mélyebb rétegeibe vándorolhat, így limitáló tényezővé válhat (Füleky et Debreczeni 1991). A mezőgazdaságban így elengedhetetlen a talaj tápelemkészletének megfelelő használata, körforgalmának tanulmányozása és a trágyázás tartamhatásának vizsgálata (Németh et Várallyay, 1998).

Anyag és módszer

A kísérleti terület:

A vetésforgó műtrágyázási kísérlet alapításakor 3 különálló szakaszból (A, B, C) állt és egyenként 3 alszakaszt (a, b, c) foglalt magába. A területen 180 db véletlen elrendezésű parcella volt, amely 5 különböző kezelést, 4 ismétlésben tartalmazott. A parcellák bruttó területe 70 m², így a nettó kísérleti terület összesen 1,5 ha volt (Kovács et Füleky 1991). A vetésforgó kemizálási kísérlet elrendezése és az 1986-ban, illetve 1998-ban vett talajminták parcellái az 1. ábrán láthatók.



1. ábra: A vetésforgó kemizálási kísérlet elrendezése és a mintavételi parcellák, 1986-ban és 1998-ban

A kutatási cél kezdetben a növekvő adagú műtrágyázás hatásának vizsgálata volt, a termés mennyiségére és minőségére. Ebben az időszakban három különböző intenzitású növényvédelmi kezeléssel kombinálták a

műtrágyakezeléseket, a vetésforgó növényei az őszi búza, kukorica, cukorrépa, burgonya és a szója voltak. Az alkalmazott műtrágyakezeléseket az 1. táblázat tartalmazza, őszi búza esetében (Kovács et Füleky 1991).

1. táblázat: Évente kijuttatott tápanyagok őszi búza alá 1981-1998 között (Kovács et Füleky 1991)

Kezelés	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Összesen
1	0	0	0	0
2	70	45	35	150
3	140	90	70	300
4	210	135	105	450
5	280	180	140	600

A kísérlet második szakaszában a 3 évre előretrágyázás vizsgálata, a harmadik időszakban a mész- és szerves-trágyázás talajjavító hatásának kutatása volt a fő cél. A negyedik időszakban a tápelemekkel különböző mértékben feltöltött talajon folyt intenzív, félintenzív és extenzív növénytermesztés. A meszesítés mennyisége 1,5 t/ha/év, az istállótrágyázásé 30 t/ha/3 év volt, 1987 és 1996 között, a kezelések felén. Az „A” szakaszon 1998-ban tölgyerdő telepítése történt, a kísérlet többi része ekkor megszűnt. Az ötödik, jelenlegi kísérleti szakaszban a talaj mélyebb rétegeiben felhalmozódott tápelemek hatásait vizsgáljuk tölgyerdő tulajdonságaira, illetve az erdőtelepítés hatásait a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira.

A kísérletek időtartama alatt rendszeres talajvizsgálatok történtek elsősorban szántott rétegben (0-20 cm), de néhány alkalommal mélységi mintavétel is történt. Ezek a mintavételek a talaj tápelemekkel való feltöltődésének vizsgálata miatt voltak szükségesek. A vizsgálatok bizonyították, hogy a rendszeres műtrágyázás a talaj kálium- és foszfát-tartalmát is növelte, a nagy adagok termésmenvelő hatása már csak kismértékű volt, a talaj mélyebb rétegeiben NO₃⁻ akkumulálódott, a talaj pH-ja kedvezőtlenül változott. 1990-re a foszfor- és káliumtartalom szerint öt különböző tápanyagellátottsági szint alakult ki a kísérletek talajában: igen gyenge, gyenge, közepes, jó, igen jó (Kovács et Füleky 1991). 1986-ban és 1998-ban a talaj mélységi kálium- (AL-K₂O) és foszfortartalmának (AL-P₂O₅) vizsgálataira került sor. A két mérés között eltelt 12 év a kísérletek 3. és 4. szakaszát foglalja magába. 1990-ig a három szakasz mindegyikén hasonló műtrágyakezelések voltak, szerves- és mésztrágyázással kombinálva. Az 1998-as mintavétel a „B” szakaszon történt, ahol 1990 és 1998 között félintenzív növénytermesztés folyt, kukorica, rozs, zab, lucerna és árpa növényekkel. 1992-től az évelő lucerna alá semmilyen tápanyag-utánpótlás nem történt.

Termőhelyi feltételek:

A kísérleti telep földrajzilag a Gödöllői-dombság kistájban helyezkedik el, ahol az évi átlagos csapadékmennyiség 540-580 mm, az átlagos évi középhőmérséklet 9,5-10,0 °C (Dövényi szerk. 2010). A területen a talajképző kőzet a lösszel kevert homok, melyen Ramann-féle barna erdőtalaj rozsdabarna erdőtalaj altípusa alakult ki. A kísérletek kezdetén a talaj szántott rétegének (0-20 cm) átlagos kötöttsége (K_A) 28, mésztartalma 0%, pH_{KCl} 5,0, a humusztartalom 1,5%, összes N tartalom 0,12%, az AL-oldható P₂O₅ tartalom 32 mg/kg, az AL-oldható K₂O tartalom pedig 120 mg/kg, voltak. A kísérlet különböző időszakaiban ezek az értékek nagymértékben változtak (Kovács et Füleky 1991).

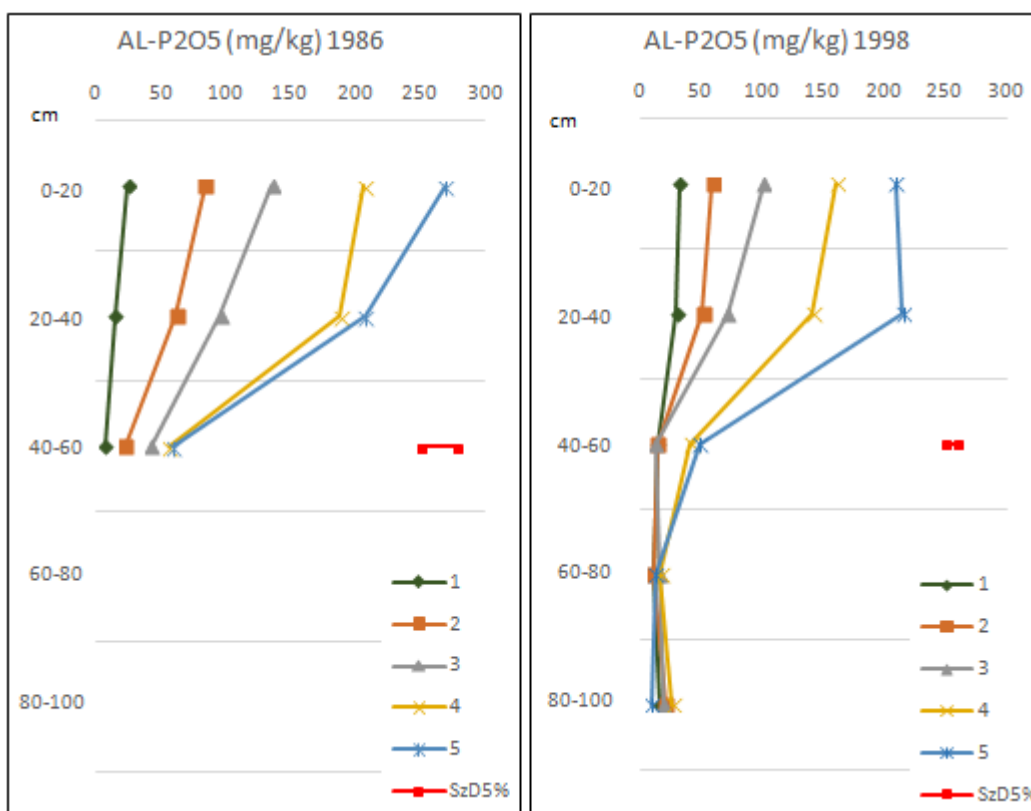
Terepi mintavétel és laborvizsgálatok:

Az 1986-ban és az 1998-ban gyűjtött talajminták mind az öt műtrágyakezelést reprezentálják, 6 ismétlésben. Az ismétlések minden alszakaszban az I. és a III. sorozatból kerültek ki. 1986-ban a káliumtartalom (ammonium-laktát-acetát kivonattal mért K_2O) 0-80 cm-ig, a foszfortartalom (ammonium-laktát-acetát kivonattal mért P_2O_5) 0-60 cm-ig, 1998-ban mindkét tulajdonság 0-100 cm-ig lett meghatározva, 20 cm-es talajrétegenként.

Eredmények

A talaj foszfortartalmának mélységi eloszlása:

A 2. ábra a kísérleti terület talajának 1986-ban 0-60 cm között és 1998-ban 0-100 cm között, 20 cm-enként mért AL-oldható foszfortartalmát (P_2O_5) mutatja.



2. ábra: A talaj foszfortartalmának mélységi eloszlása 1986-ban és 1998-ban

Az 1986-os mérések alapján, az értékek minden kezelés esetében a 0-20 cm-es talajrétegben voltak a legnagyobbak, de a 20-40 cm-es talajréteg is jelentős mennyiséget tartalmaz, a nagy műtrágyaadagokkal kezelt parcellákon. Az egyes kezelések a kontrolltól és egymástól is minden esetben szignifikánsan különböznek a 0-40 cm-es talajrétegben. 40-60 cm között már csak a nagyobb kezelések értékei térnek el szignifikánsan a kontrolltól, de egymástól már nem. A mélységgel, a kontroll kivételével minden 20 cm-es réteg értékei szignifikánsan különböznek, az egyes kezelésekben. A kontrol esetében nincs a rétegek között szignifikáns eltérés.

Az 1998-as eredmények szerint, az értékek minden kezelés esetében a 0-40 cm-es talajrétegben a legnagyobbak. Az egyes kezelések a kontrolltól és egymástól is minden esetben szignifikánsak a 0-40 cm-es talajrétegben. 40-60 cm között csak a nagyobb kezelések értékei térnek el szignifikánsan a kontrolltól, 60-100 cm között nincs igazolható eltérés. A mélységgel szignifikáns eltérés a 4. és 5. kezelések esetén 80 cm-ig, a 3. kezelés esetében 60

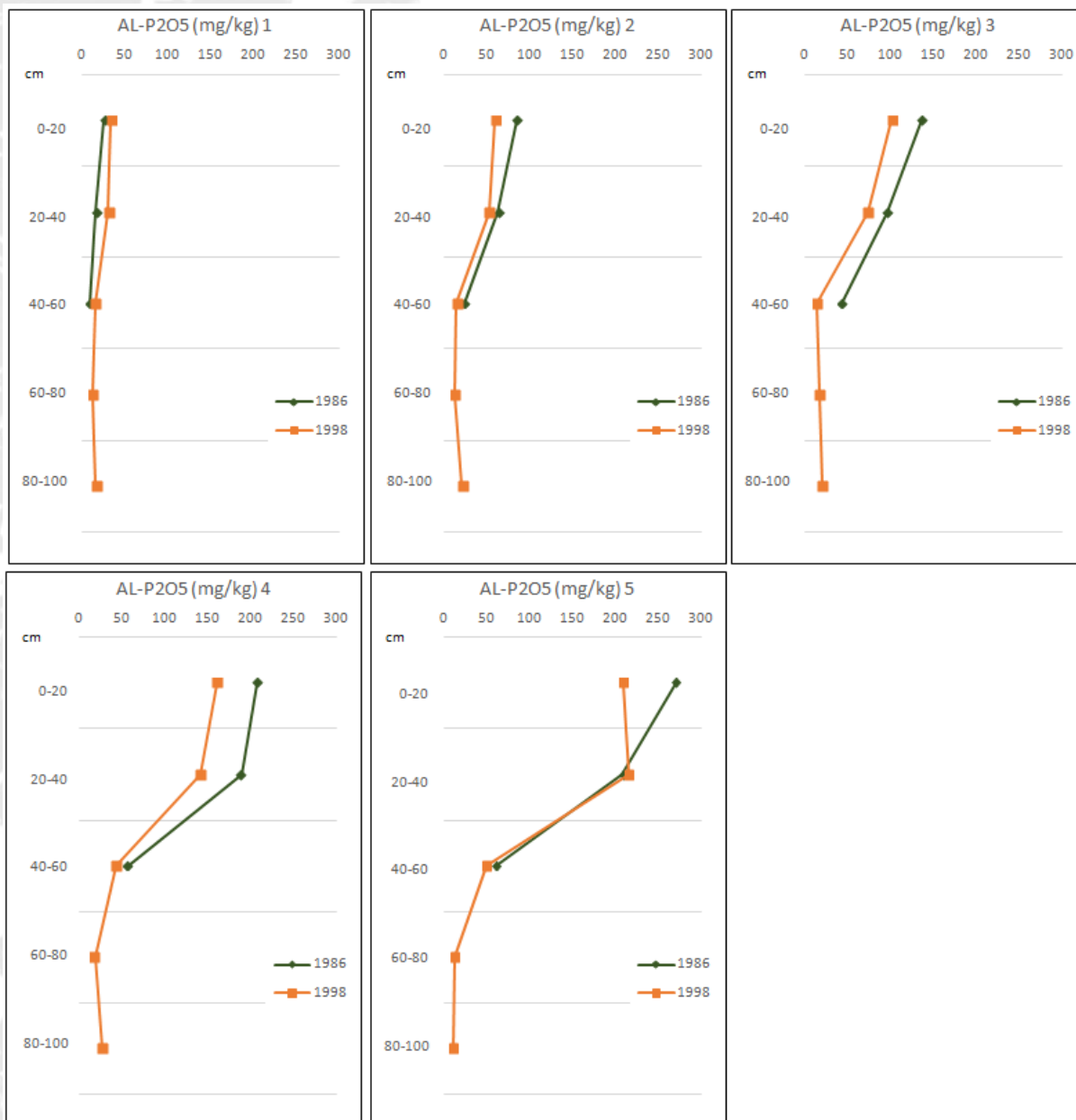
LIX. GEORGIKON NAPOK

59th Georgikon Scientific Conference

cm-ig mutatható ki. A kontroll és a 2. kezelés esetében csak a 0-40 cm értékei szignifikánsak az alsóbb szintek értékeitől.

Látható, hogy 12 év elteltével a foszfor mélységi eloszlásának tendenciája alig változott, a koncentrációmaximumok a felső 0-40 cm-es rétegben maradtak. A kontroll percellák foszfortartalma alig változott, a többi parcella foszfortartalma viszont nagymértékben csökkent.

A 3. ábra a talaj 1986-ban és 1998-ban mért foszfortartalmának (AL-P₂O₅) eltéréseit mutatja, az egyes korábbi műtrágyakezelések szerint.

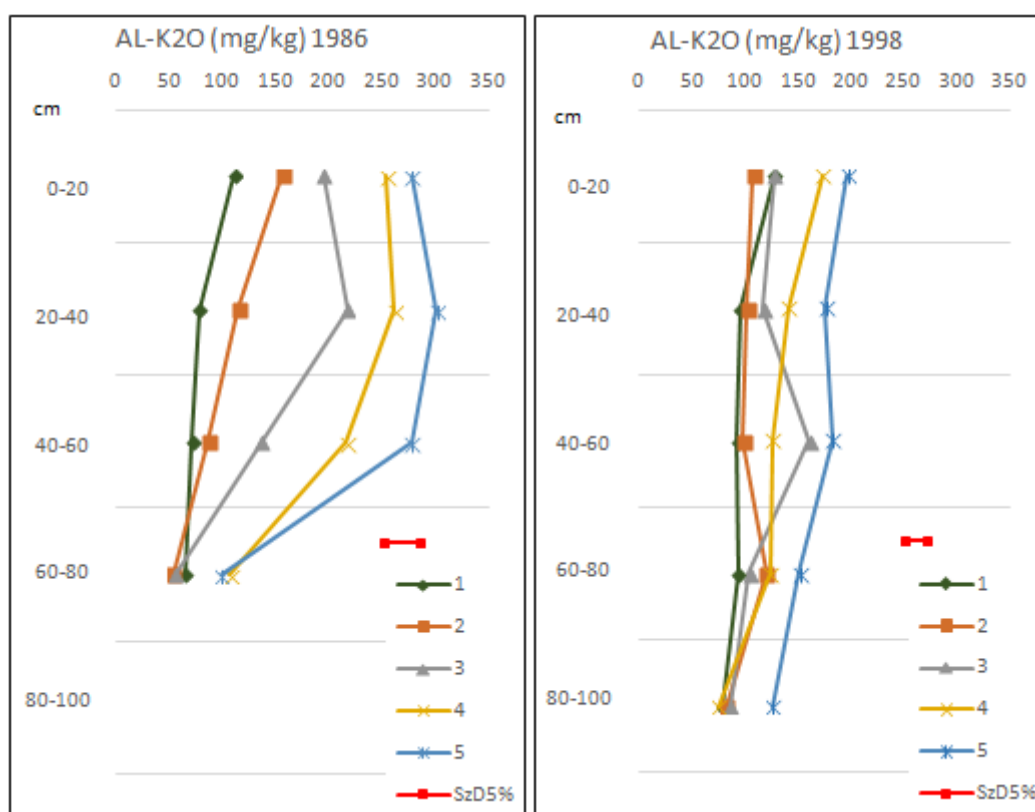


3. ábra: A talaj 1986-ban és 1998-ban mért foszfortartalmának (AL-P₂O₅) eltérései az egyes kezelésekben

A két mérés között eltelt 12 év alatt a talaj foszfortartalmának mélységi eloszlásának tendenciájában az egyes kezelésekre lebontva is alig látható változás. A kontroll parcellákon a foszformennyiség szinte alig változott. Az egyes kezeléseknél a felső 20 cm-es és a 20-40 cm-es talajrétegben, minden esetben csökkent a foszfortartalom (AL-P₂O₅), a tápelemekkel jobban feltöltött talajok esetében nagyobb mértékben. A koncentrációmaximumok helye 12 év alatt nem változott. A nagyobb adagú műtrágyával kezelt parcellák esetében a talaj foszfortartalma is nagyobb mértékben csökkent, ami a természetett növény jóval nagyobb foszforfelhasználására utal, a tápanyagokkal jobban ellátott talajokon.

A talaj káliumtartalmának mélységi eloszlása:

A 4. ábra a kísérleti terület talajának 1986-ban 0-80 cm között és 1998-ban 0-100 cm között, 20 cm-enként mért AL-oldható káliumtartalmát (K₂O) mutatja.



4. ábra: A talaj káliumtartalmának mélységi eloszlása 1986-ban és 1998-ban

Az 1986-os mérések alapján, az értékek minden kezelés esetében a 0-40 cm-es talajrétegben voltak a legnagyobbak, de még a 40-60 cm-es talajréteg is jelentős mennyiséget tartalmaz a nagy műtrágyaadagokkal kezelt parcellákon. Az egyes kezeléseknél a kontrolltól minden esetben szignifikánsan különböznek a 0-40 cm-es talajrétegben. A 4-es és 5-ös kezelés kivételével az egyes kezeléseknél egymástól is szignifikánsan különböznek ebben a talajrétegben. Az alsóbb szinteken (40-60 cm) már csak a nagyobb kezeléseknél térnek el szignifikánsan. A mélységgel, a kontroll kivételével minden 20 cm-es réteg értékei szignifikánsan különböznek, az egyes kezeléseknél. A kontroll esetében csak a felső 20 cm értékei nagyobbak igazolhatóan.

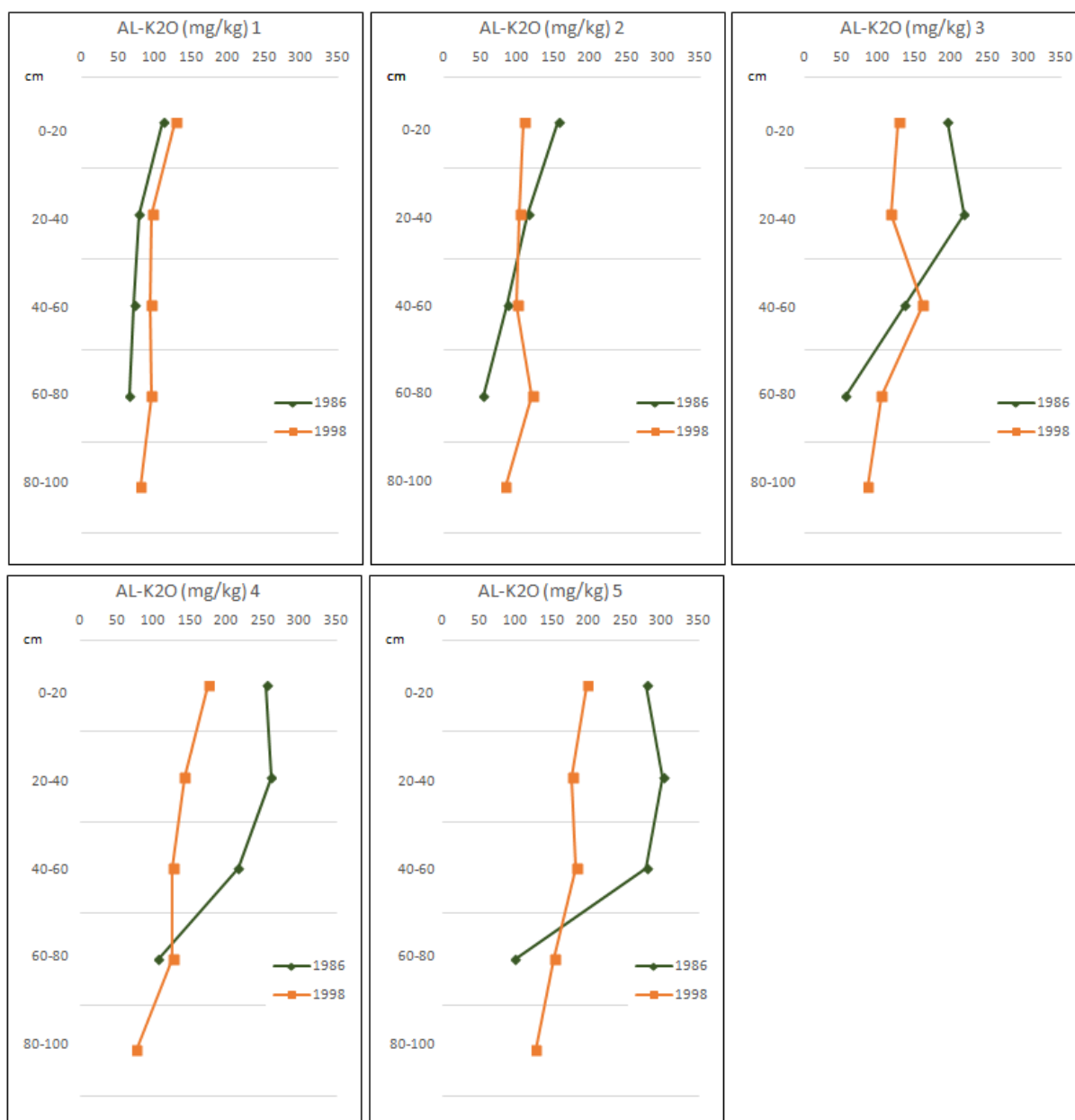
LIX. GEORGIKON NAPOK

59th Georgikon Scientific Conference

Az 1998-as vizsgálatok szerint, az értékek már nem különülnek el olyan egyértelműen az egyes talajrétegek között, csak a 80-100 cm értékei kisebbek jelentősen. A felső 20 cm-ben a kontrolltól már csak a 4-es és 5-ös kezelése eredményei térnek el szignifikánsan, a legalsó rétegben (80-100 cm) csak az 5-ös kezelés értékei. A 20-80 cm-es rétegben is csak a korábban nagyobb műtrágyaadagokkal kezelt parcellák értékei térnek el szignifikánsan. A mélységgel már nincs egyértelmű szignifikáns eltérés a legtöbb esetben.

A két vizsgálat között eltelt 12 év alatt a talaj káliumtartalmában jelentős változások történtek. Nem csak a mennyiség csökkent minden esetben, de a mélységbeli eloszlás tendenciája is megváltozott. A 0-40 cm koncentrációmaximumai eltűntek és a jóval kisebb felhalmozódási pontok a mélyebb (40-60 cm) talajrétegekben mutatkoztak. A 60-80 cm-es rétegben már kismértékben emelkedett a kálium mennyisége, ami lefelé irányuló mozgásra utal.

Az 5. ábra a talaj 1986-ban és 1998-ban mért káliumtartalmának (AL-K₂O) eltéréseit mutatja, az egyes korábbi műtrágyakezelések szerint.



5. ábra: A talaj 1986-ban és 1998-ban mért káliumtartalmának (AL-K₂O) eltérései az egyes kezelésekben

A kontroll esetében a talajban található mennyiség kismértékben emelkedett, a mélységi eloszlás tendenciája azonban nem változott. A 2. kezelésben mennyiségi változás alig történt, a koncentrációmaximum helye azonban a 60-80 cm-es rétegbe helyeződött át és az eloszlás egyenletesebbé vált. Jól látható, hogy a nagyobb adagú műtrágyával kezelt parcellák esetében az 1986-ban mért mélységi eloszlás koncentrációmaximuma a 20-40 cm-es talajrétegben volt, azonban a 0-20 cm és a 40-60 cm-es rétegben is jelentős mennyiségű kálium halmozódott fel. 12 év elteltével a felhalmozódási pontok megszűntek és egy egyenletesebb eloszlás figyelhető meg. 1998-ban, a 4. és 5. kezelésben 270,81 mg/kg, illetve 245,96 mg/kg AL-K₂O hiány mutatható ki az 1986-os év eredményeihez képest, a 0-80 cm-es talajrétegben.

Következtetések

A talaj foszfortartalmának mélységi eloszlása:

LIX. GEORGIKON NAPOK

59th Georgikon Scientific Conference

Az eredményekből látható, hogy a foszfortartalom mélységi eloszlásának tendenciája a két mérés között eltelt 12 év alatt alig változott, a felső 40 cm-es talajrétegben azonban, akár 94,10 mg/kg hiány is kialakult a trágyázás elhagyása után. Buzás et al. (1979) vizsgálatai alapján a foszforban igen gyengén ellátott talaj kis P-hatóanyagok (60 kg/ha/év) hatására is közepes ellátottsági szintig töltődhet, majd a P-műtrágyázás elhagyásával a P-tartalom kilenc év alatt elérheti a gyenge ellátottsági kategóriát. A hiány magyarázható azzal, hogy foszfor a növény azon részeiben dúsul fel amelyeket, mint takarmány, vagy élelmiszeripari alapanyag eltávolítanak a mezőgazdasági területekről (Kádár 1992). Kukorica monokultúrában végzett vizsgálatok szerint azonban már a kijuttatott kisebb foszforműtrágya-adagok is meghaladták a természettel elvont mennyiséget, a foszforműtrágya nem növelte sem a termés, sem a szár foszfortartalmát (Füleky et Debreczeni 1991). A talaj foszforvegyületei hosszú idő alatt is csak kevésbé mozgékonyak és rövid idő alatt leköthetnek nehezen oldható vegyületek formájában, így a hiány a növényi tápelem-felvételén túl a foszfor leköthődésével is magyarázható. A foszfor a talajban erősen kötődik az ásványi és szerves összetevőkhöz, így vertikálisan kevésbé mozgékony (Blake et al. 2000). Füleky et Debreczeni (1991) szerint a foszforműtrágya-hatóanyagoknak csak kis része vándorol a szántott réteg alá és 60 cm-nél mélyebbre ekkor sem jut. Szűcs et Szűcs 2003 eredményei alapján, 26-31 év elteltével a talaj szántott rétegében az AL-oldható P_2O_5 tartalom átlagosan 60–80 mg/kg értékkel növekedett, a szántott réteg alatt kismértékű növekedés 35–40 cm-ig volt megfigyelhető. Az 1998-ban mért adatok alapján a koncentrációmaximum jelen kísérletben minden esetben megmaradt a felső 20 cm-es rétegben és a 60-100 cm-es rétegben az egyes kezelések között már nincs is szignifikáns eltérés. A foszfortartalom 0-40 cm-ben lévő maximumát Holanda et al. (1998) és Tóth et Tóth (2007) eredményei is megerősítik. Mallarino et Borges (2006), illetve Tóth et Tóth (2007) ezt elsősorban a talajművelés mélységével magyarázza, Holanda et al. (1998) vizsgálata szerint a mélységi eloszlás független a talajműveléstől és természetű növénytől. A szántott réteg jóval nagyobb foszfortartalma az intenzívebb biológiai aktivitásnak és a foszfor szerves anyaghoz való kötődésének is köszönhető, de függ a talaj több kémiai és fizikai tulajdonságától (Sharpley 1995). Jobbágy et Jackson (2001) vizsgálatai alátámasztják, hogy a foszforvegyületek mélységi eloszlása nagymértékben függ a növényi felvételtől, és a talajba visszajutó növényi részekről, így a természetű növény típusától. Vizsgálatok szerint 170–190 kg növényi P_2O_5 -felvétel eredményezi a megfelelő hatóanyag AL-oldható formájának 10 mg/kg-os csökkenését a talajban (Kádár et Szemes 1994). Néhány talajtípusban a foszfor vertikális mozgása jelentősebb lehet (Heckrath et al. 1995). A talajok P-megkötése homoktalajon a legkisebb mértékű (Cserni, 1983), nagy agyagtartalmú, savanyú kémhatású talajokon jóval nagyobb (Árendás és Sarkadi 1995, Csathó et Kádár 2013, Debreczeni et Debreczeniné 1994). Hasonló talajadottságok mellett, Keszthelyen végzett vizsgálatok alapján a vetésforgó nem befolyásolta szignifikánsan az AL-oldható foszfor mélységi (0-300 cm) eloszlását, csak a trágyázási adagok, a mélység ($p=0,1\%$), illetve a nitrogénműtrágya-adagok ($p=0,5\%$) (Tóth et Tóth 2007).

A talaj káliumtartalmának mélységi eloszlása:

A kálium mélységi eloszlása 12 év alatt kiegyenlítődött, a nagy felhalmozódási pontok eltűntek. Az 1998-as adatok alapján a kálium felhalmozódása a talajban megközelítőleg egyenletes a mélyebb rétegek káliumtartalma sem tér el jelentősen a felsőbb rétegektől. A műtrágyával kezelt parcellákon, a felső 60 cm-es rétegben jelentős hiány mutatható ki az 1986-os értékekhez képest. Tóth et Tóth (2007) eredményei alapján, hasonló talajtípuson, folyamatos trágyázás mellett a 0-20 cm-ben voltak a koncentrációmaximumok, a mélységi eloszlás tendenciája hasonló volt. Az AL-oldható káliumtartalom mélységi (0-300 cm) eloszlását a vetésforgó és a kijuttatott nitrogénmennyiség nem befolyásolja szignifikánsan, csak a mélység és a trágyázás intenzitása (Tóth et Tóth 2007). Szűcs et Szűcs (2003) szerint műtrágyázás hatására 26-31 év alatt a feltalaj AL-oldható K_2O -tartalma 65 mg/kg értékkel növekedett. Holanda et al. (1998) szerint a több évig tartó vetésforgó és szántás megváltoztatja a kálium eloszlását a talajban. Mallarino et Borges (2006) vizsgálatai szerint a talajművelés és a műtrágyázás is befolyásolja a kálium felszíni, illetve mélységi eloszlását. Jobbágy et Jackson (2001) vizsgálatai alátámasztják, hogy a kálium mélységi eloszlása nagymértékben függ a növényi felvételtől és a tápelemek visszajutásától a talajba.

LIX.

GEORGIKON NAPOK

59th Georgikon Scientific Conference

Kádár et Szemes (1994) számításai szerint 330–350 kg növényi K₂O-felvétel eredményezi a megfelelő hatóanyag AL-oldható formájának 10 mg/kg-os csökkenését a talajban. A káliumtartalom növekedése többszörös lehet, ha a kálium körforgalmában fontos szerepet betöltő növényi maradványok visszakerülnek a talajba (Szűcs et Szűcs 2003). A kálium elmozdulása a szántott réteg alá jelentős lehet (Füleky & Debreczeni 1991) és főképpen homoktalajon jellemző (Cserni 1983). Debreczeni et Debreczeniné (1994) vizsgálatai szerint már három csapadékos év elegendő volt, hogy az előző 10 év nagyadagú műtrágyázásából eredő AL-K₂O többlet eltűnjön a talajból. Jelen kísérletben szintén megtörtént a kálium mélységbeli elmozdulása 12 év alatt. Badran et al. (2000) eredményei szerint a szerves anyag kíséretében megjelenő kálium mozgékonyabb, mint a műtrágyából származó. Az utolsó 5 évben termesztett lucernának jelentős szerepe lehetett tehát a káliumtartalom vertikális eloszlásának alakulásában.

Irodalomjegyzék

- Árendás T. & Sarkadi J., 1995. P-hatások és -utóhatások erdőmaradványos csernozjomon. *Növénytermelés*. 44. 271–281.
- Badran, N. M., Khalil, M. E. A., & El-Emam, M. A. A. (2000). Availability of N, P and K in sandy and clayey soils as affected by the addition of organic materials. *Egyptian Journal of Soil Science*, 40(1/2), 265-283.
- Berzsenyi Z., 2009. Az ötvenéves martonvásári tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében. In: *Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében. Jubileumi tudományos konferencia, Martonvásár, 2009. október 15.* 37–49.
- Blake, L. et al., 2000. Phosphorus content in soil, uptake by plants and balance in three European long-term field experiments. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 56. 263–275.
- Bocz E., 2002. A szántóföldi tartamkísérletek feladata és újabb értékelési módszerek kidolgozásának szükségessége. In: *Tartamkísérletek, tájtermesztés, vidékfejlesztés. Nemzetközi konferencia, Debrecen, 2002. június 6–8. I. kötet.* 106–111.
- Buzás, I., & Fekete, A. (1979). *Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer.* MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- Csathó P. & Kádár I., 2013. A foszfortrágyázás 22 éves utóhatása mészlepedékes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 62. 99–114.
- Cserni, I. (1983). A talaj AL-oldható foszfortartalmának alakulása évenkénti és feltöltő műtrágyázás esetén lepelhomok talajon. *Agrokémia és Talajtan*, 32, 1-2.
- Debreczeni B. & Debreczeni B.-né (szerk.) (1994): *Trágyázási kutatások 1960–1990.* Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Dövényi Z. (szerk.) (2010). *Magyarország kistájainak katasztere.* MTA FKI, Budapest, 876 p.
- Draskovits, E. (2013). Szabadföldi tartamkísérletek szerepe a foszforműtrágyázás megítélésében. *Agrokémia és Talajtan*, 62(2), 435-449.
- Füleky, G. Y., & Debreczeni, B. (1991). Tápelem-felhalmozódások 17 éves kukorica monokultúra talajában. *Agrokémia és Talajtan*, 40, 119-130.
- Heckrath, G. et al., 1995. Phosphorus leaching from soils containing different phosphorus concentrations in the Broadbalk experiment. *Journal of Environmental Quality*. 24. 904–910.

- Holanda, F. S. R., Mengel, D. B., Paula, M. B., Carvahó, J. G., & Bertoni, J. C. (1998). Influence of crop rotations and tillage systems on phosphorus and potassium stratification and root distribution in the soil profile. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, 29(15-16), 2383-2394.
- Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B. (2001). The distribution of soil nutrients with depth: global patterns and the imprint of plants. *Biogeochemistry*, 53(1), 51-77.
- Kádár I., 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Kádár I. & Szemes I. (1994): A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Kovács K. & Füleky Gy. (1991). Trágyázási tartamkísérlet eredményei Gödöllő barna erdőtalajon. 1972-1990. Gödöllői Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Talajtani és Agrokémiai Tanszék.
- Körschens, M., 2006. The importance of long-term experiments for soil science and environmental research – a review. *Plant Soil Environ.* 52. (Special Issue) 1–8.
- Mallarino, A. P., & Borges, R. (2006). Phosphorus and potassium distribution in soil following long-term deep-band fertilization in different tillage systems. *Soil Science Society of America Journal*, 70(2), 702-707.
- Németh T. & Várallyay GY., 1998. A trágyázás és tápanyag utánpótlás jelenlegi helyzete és lehetőségei. *Agrofórum*. 9. (13) 2–4.
- Sharpley, A., 1995. Identifying sites vulnerable to phosphorus loss in agricultural runoff. *Journal of Environmental Quality*. 24. 947–951.
- Szűcs, M., & Szűcs, M. (2003). Művelt talajok oldható P-és K-tartalmának változásai. *Agrokémia és Talajtan*, 52(1-2), 53-66.
- Tóth, Z., & Tóth, G. (2007). A vetésforgók növényösszetételének hatása a főbb növényi tápelemek talajban lejátszódó forgalmára és a talaj kémhatására= Effect of the crop composition of crop rotations on the dynamics of the main plant nutrients in the soil and on the pH of the soil. *OTKA Kutatási Jelentések | OTKA Research Reports*.