

SZEMLE

Review

A műtrágyázási szaktanácsadás alapelve és módszere

KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

Összefoglalás

Munka a műtrágyázási szaktanácsadás alapelveit és gyakorlati módszerét taglalja. Röviden áttekinti a növénytermesztés szemszögéből fontosabb talaptípusokat a termékenységüket meghatározó tulajdonságaik alapján (mechanikai összetétel, kémhatás, illetve méisztartalom). A talaj minőségének, trágyaigényességének elbírálásához közli a fontosabb talajfizikai és talajkémiai jellemzőket és határkoncentrációkat.

Kitér az alapvető tápelemek élettani hatásaira, illetve agronómiai jelentőségére. Bemutatja a trágyaszükséglet becslésének módszereit: szabadföldi kísérlet/próba, talajvizsgálatok, táblatorzskönyvi adatok felhasználása, tápelemmérleg készítése, egyéb trágyaigényt módosító tényezők figyelembe vétele.

Végül kitér a műtrágyázás és a környezetvédelem összefüggéseire. Hangsúlyozza, hogy a szakszerű műtrágyázás a talaj hiányosságait pótolva egészségesebb talajt, talajéletet, növényi és állati közösségeket eredményezhet. A trágyázás, műtrágyázás nemkívánatos mellékhatása (terméscsökkenés, minőségromlás, talaj- és talajvíz szennyeződése, stb.) akkor jelentkezhet, amikor a tápelemeket természetellenes formában, mennyiségben, arányban szakszerűtlenül használjuk.

Közlemény a szaktanácsadásban érintettek számára íródott útmutató.

Basic principle and method of fertilisation technical advice

I. KÁDÁR

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian
Academy of Sciences, Budapest

Summary

This study outlines the basic principles and practical method of fertilisation technical advice, briefly summing up the main soil types from the aspect of crop production, based on their characteristics that determine fertility (mechanical composition, acidity and lime content). The technical advisory system provides the main soil physical and soil chemical features and limit concentrations needed for the evaluation of soil quality and fertilisation need.

The study also touches upon the physiological effects and agronomical significance of basic nutrients, describing the methods of fertiliser need estimation: field trial/test, soil analyses, using field registry data, preparation of nutrient balance, considering other factors that modify fertiliser need.

Finally, the study covers the correlations between fertilisation and environmental protection, emphasising that professional fertilisation could result in a healthier soil, soil life, vegetation and animal communities by making up for deficient nutrients. The unfavourable side-effect of manuring and fertilisation (yield decrease, quality deterioration, pollution of the soil and groundwater etc.) could arise if nutrients are unprofessionally used in an unnatural form, quantity and proportion.

This communication is a guide for those involved in technical advice.

ОБЗОР**Основной принцип и метод рекомендаций по применению искусственных удобрений**

И. КАДАР

Исследовательский Институт Почвоведения и
Агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт**Резюме**

Работа раскрывает основные принципы и практические методы рекомендаций по применению искусственных удобрений. Даёт краткий обзор важным с точки зрения растениеводства типам почв на основе определяющих их плодородие свойств (механический состав, химическая реактивность, содержание извести). Для оценки качества почвы, её потребности в удобрениях сообщает самые важные физические и химические характеристики почвы и пределы концентраций.

Работа затрагивает физиологические влияния основных питательных элементов, а также их агрономическое значение. Показывает методы оценки потребности в удобрениях: грунтовый опыт/проба, исследования почвы, использование данных Земельного Регистра участка, подготовка баланса питательных элементов, принятие во внимание прочих факторов, которые влияют на потребность в удобрениях.

В заключении в работе рассматриваются взаимосвязи применения искусственных удобрений и защиты окружающей среды. Подчеркивается, что профессиональное применение искусственных удобрений, дополняя недостатки почвы, даёт более здоровую почву, жизнь почвы, ведёт к более здоровым растительным и животным сообществам. Нежелательное побочное влияние применения удобрений, искусственных удобрений (сокращение урожая, ухудшение качества, загрязнение почвы и почвенных вод и т.д.) тогда может проявиться, когда питательные элементы в естественной форме, количестве и соотношениях непрофессионально применяют.

Публикация написана для специалистов по рекомендации применения удобрений.

I. Fontosabb talajtípusaink és átlagos jellemzőik

A talajokat főként fizikai, kémiai tulajdonságaik és kialakulásuk alapján szokás csoportosítani. Meghatározó jellemzőik a kötöttség és a mészállapot. A kötöttség döntően megszabhatja a művelhetőséget, a műveléshez szükséges vonóerőt és a talaj eredeti tápanyaggazdagságát is. Kötöttséget elsősorban a talajrészecskék (homok, iszap, agyag) egymáshoz viszonyított aránya, a mechanikai összetétel alakítja ki.

Ezek alapján megkülönböztetünk:

- laza, könnyen művelhető, tápanyagszegény homoktalajokat,
- középkötött, közepes vonóerőt igénylő, közepes tápanyagtőkével rendelkező homokos vályog és vályog talajokat,
- kötött, nehezen művelhető, nagy tápanyagkészlettel rendelkező agyagos vályog és agyag talajokat, valamint
- nagyon kötött, nagyon nehezen művelhető, szántóföldi művelésre kevésbé alkalmas, rossz vízgazdálkodású, tápanyagban gazdag talajokat.

A talajtulajdonságok és a mechanikai összetétel kapcsolatát az *1. táblázat* szemlélteti. A gazda naponta találkozhat e fogalmakkal a szaktanácsadás során, melyek segítik talajának megismerésében. Erre épülhetnek a szakszerű gazdálkodás elemei, művelési, talajjavítási, trágyázási beavatkozásai. Megemlítjük, hogy a mechanikai összetétellel változik (általában az agyagtartalommal egy határig együtt nő) a talaj humuszkészlete is. Ugyanakkor módosul a talajok vízgazdálkodása: a homok a vizet áttereszt, míg az agyag vízzáró réteget képez. A homoktalajok 5–10, a vályogok 20–30, az agyag 30–35% vizet képes visszatartani. Így eltérő az aszályérzékenységük és a műtrágyák hatékonysága e talajokon.

A talajok fizikai félesége mellett a termékenység kialakításában fontos szerepet játszik a kémhatás (savanyúság, mésztartalom), melyet a pH értékek és a CaCO_3 % jellemez. A kémhatás befolyásolhatja a talaj szerkezetét, tápelemeinek felvehetőségét, a műtrágyák érvényesülését. A talajok kémhatás és mésztartalom szerinti osztályozásáról a *2. táblázat* nyújt áttekintést. Az erősen savanyú, ill. extrémén meszes talajok szántóföldi művelésre javítás nélkül kevésbé alkalmasak, hasonlóan a durva homok és igen nehéz agyag mechanikai összetételű talajokhoz.

1. táblázat. *Talajtulajdonságok és a mechanikai összetétel kapcsolata Stefanovits (1964) nyomán*

Mechanikai összetétel (1)	Leiszapolható rész (%) (2)	Agyag (%) (3)	Kötöttség (K_A) (4)
Durva homok (8)	10 alatt	0-5	25 alatt
Homok (9)	10-20	5-8	25-30
Hom. vályog (10)	20-35	8-15	30-38
Vályog (11)	35-60	15-30	38-42
Agyagos vályog (12)	60-70	30-45	42-50
Agyag (13)	70-80	45-60	50-60
Nehéz agyag (14)	80 felett	60-80	60 felett
Mechanikai összetétel (1)	Kapilláris vízemelés (5)	Vízáteresztés (cm/óra) (6)	Vízkapacitás (súly %) (7)
Durva homok (8)	-	20 felett	5-8
Homok (9)	30 felett	15-20	5-10
Hom. vályog (10)	25-30	18-25	10-20
Vályog (11)	15-25	16-25	20-28
Agyagos vályog (12)	7-15	10-18	28-30
Agyag (13)	4-7	3-12	30-32
Nehéz agyag (14)	4 alatt	5 alatt	32-35

Leiszapolható rész: 0,02 mm-nél kisebb talajszemcsék mennyisége %-ban, agyagtartalom: 0,002-nél kisebb talajszemcsék mennyisége %-ban, kötöttség (K_A): légszáraz talaj vízfelvevő képessége súly %-ban, kapilláris vízemelés: 5 óra alatt talajban felszívódó víz magassága cm-ben, vízáteresztés: talajban óránként átfolyó víz mennyisége cm-ben, vízkapacitás: talaj víztartó képessége a talaj súlyának %-ában.

Table 1. The correlation between soil characteristics and their mechanical composition, according to Stefanovits (1964). (1) Mechanical composition, (2) Silt fraction (%), (3) Clay (%), (4) Plasticity (K_A), (5) Capillary water lifting, (6) Water permeability (cm per hour), (7) Water capacity (weight %), (8) Coarse sand, (9) Sand, (10) Sandy adobe, (11) Adobe, (12) Clayey adobe, (13) Clay, (14) Heavy clay. Silt fraction: The percentage quantity of soil particles smaller than 0.02 mm, clay content: the percentage quantity of soil particles smaller than 0.002, plasticity (K_A): the water uptake ability of air-dry soil in weight %, capillary water lifting: the height of water (cm) that is absorbed in the soil under 5 hours, water permeability: the quantity (cm) of water flowing through the soil every hour, water capacity: the water retaining ability of the soil expressed in the weight % of the soil.

2. táblázat. *A talajok kémhatás és mésztartalom szerinti osztályozása*

Talaj elnevezése kémhatása alapján (1)	pH(H ₂ O) értékei (2)	Talaj elnevezése mésztartalom alapján (3)	CaCO ₃ %-ban (4)
Erősen savanyú (5)	4,5 alatt	Mészhiányos (12)	-
Savanyú (6)	4,5–5,5	Mészhiányos (12)	-
Gyengén savanyú (7)	5,5–6,8	Mészhiányos (12)	-
Semleges (8)	6,8–7,2	Gyengén meszes (13)	5 alatt
Gyengén lúgos (9)	7,2–8,5	Közepesen meszes (14)	5–10
Lúgos (10)	8,5–9,0	Erősen meszes (15)	10–20
Erősen lúgos (11)	9,0 felett	Extrémén meszes (16)	20 felett

Table 2. Classification of soils based on their acidity and lime content. (1) Name of the soil based on its acidity, (2) pH(H₂O) content, (3) Name of the soil based on its lime content, (4) CaCO₃ in %, (5) Strongly acidic, (6) Acidic, (7) Slightly acidic, (8) Neutral, (9) Slightly alkaline, (10) Alkaline, (11) Strongly alkaline, (12) Lime-deficient, (13) Slightly limey, (14) Moderately limey, (15) Strongly limey, (16) Extremely limey.

A szántóföldi hasznosításban leggyakrabban előforduló és hazánkban összefüggő nagyobb területeket elfoglaló talajok a következők:

1. Mezőszégi vagy csernozjom talajok

Síkvidéken, eredetileg füves növénytakaró alatt, meszes altalajon képződtek és általában mély humuszos talajszelvényvel, kedvező morzsalékos talajszerkezettel, jó levegő- és vízgazdálkodással rendelkeznek. Tápanyag-szolgáltatásuk is jó, szerves anyaguk sok nitrogént (N) tárol. A feltalajban 3% körüli humuszt tartalmazó alföldi és mezőföldi csernozjom évente 100–150 kg/ha nitrogént szolgáltathat a növénynek hosszú időn át. Káliumot (K₂O) hasonló mértékben biztosíthat a vályog vagy kötöttebb csernozjom egyenletes mállása. E talajok ugyanakkor foszforral (P₂O₅) eredendően gyengén ellátottak. A foszfortrágyákat, szuperfoszfátot viszont jól hasznosítják és a növények számára felvehető formában megőrzik. Amennyiben a vízellátás is megfelelő, maximális terméseket érhetünk el trágyázással. Művelhetőségük kielégítő, gyakorlatilag minden kultúrnövény sikerrel termeszthető e termőhelyeken.

2. Kötött barna erdőtalajok

Közös jellemzőjük, hogy az erdő, ill. fás növényzet alatt képződtek. Megfigyelhető kilúgzásuk, elsavanyodásuk, a talajszelvény szintekre tagolódása. A művelésbe vont barna erdőtalajok általában megfelelő tápanyag-, víz- és levegőgazdálkodással rendelkeznek. Művelhetőségük kielégítő, a főbb szántóföldi kultúrák biztonságosan termeszthetők. A talajok nitrogén és foszfor ellátottsága eredendően gyenge, jelentősebb agyagtartalmuk következtében viszont a K-szolgáltatásuk kielégítő. A szántott rétegben meszet nem tartalmaznak, humuszban szegényebbek, többé-kevésbé savanyúak. Az erősen kötött változat tömődöttségre, levegőtleniségre hajlamos, ezért a mechanikai talajlazítás javíthatja vízbefogadó és vízáteresztő képességét, levegőzöttségét és a műtrágyák érvényesülését. A nitrogén és foszfor műtrágyák mellett a mésztágyázás is indokolt lehet.

3. Kötött réti talajok

Kialakulásukban nagy szerepet játszott az időszakos túlnedvesedés. A talajok pórusterét kitöltő víz a levegőt kiszorítja (gyökérlégzés gátolt). Rossz a talajszerkezet, duzzadó-zsugorodó, időnként tapadó, tömörödsre hajlamos, nyáron mélyen repedező és kiszáradó. Általában nehéz és magas vízállású „hideg” talajokról van szó, melyek nehezen művelhetők. Tápanyagtökéjük kielégítő, de termékenységüket korlátozhatja a túlzott agyagtartalom, a rossz vízgazdálkodás, a feltalaj gyakori savanyúsága, lassan feltáródó humusza. Elsősorban nitrogén és foszfor műtrágyákat igényelnek, kálium-szolgáltatásuk megfelelő. A kötöttebb barna erdőtalajokhoz hasonlóan előnyös a mechanikai talajjavítás, vízrendezés és meszezés, mellyel a műtrágyázás hatékonysága is ugrásszerűen nőhet.

4. Laza homokos talajok

Könnyű mechanikai összetétel, az agyag és humusz mennyisége kicsi, de mobilis tápanyagtöke jellemzi. Nyírség és Somogy homokos talajai felszínükben savanyúak (mészhiányosak), míg a Duna-Tisza közén többé-kevésbé meszesek. Mivel a vizet és a tápelemeket kevésbé tudják visszatartani, gyakoribb trágyázást igényelnek kisebb adagokkal. Nitrogén, foszfor és kálium tápelemekben egyaránt eredendően szegények. Savanyú változataik mész (Ca) és magnézium (Mg) igényesek is. A természetbiztonság ingadozó, a műtrágyák érvényesülése is változó, főként a csapadékellátottság és a talajvíz szintje, mélysége

függvényében. A humuszban, agyagban gazdagabb változatok termékenyebbek. A nyírségi savanyú talajok termékenységét az altalaj részben vízzáró, agyagos „kovárányos” rétegei javíthatják.

Összehasonlítás céljából, iránymutató jelleggel a 3. táblázatban áttekintést adunk a tárgyalta főbb művelésbe vont talajok fizikai és kémiai jellemzőiről. Hangsúlyozni szükséges azonban, hogy a talaj minőségének, termékenységének, trágyaigényességének elbírálásához a talajtípus megjelölése nem elégséges. A mezősi vagy „csernozjom” talaj szántott rétege egyaránt lehet agyagos, vályogos vagy homokos vályog, lehet savanyú (kilúgzott), vagy eltérő mértékben meszes. A tábla múltjából, trágyázásából eredően tápelemekkel gyengén vagy jól ellátott. Lehet kevéssé (talajvíz 3–4 m mélyen) vagy kifejezetten aszályérzékeny, amikor a talajvíz 10–15 m mélyen helyezkedik el. A humusztartalma szintén viszonylag tág határok között ingadozhat. A talaj termékenységét, művelhetőségét, a műtrágyák hatékonyságát konkrétan azok a mért tulajdonságok határozhatják meg, melyek táblaszinten jelentkeznek. Ezt a célt szolgálja az időnként (4–5 évenként) végzett talajvizsgálat.

3. táblázat. *Főbb művelésbe vont talajok fizikai és kémiai tulajdonságainak jellemzése a szántott rétegben (tájékoztató adatok)*

Talajok jellemzői (1)	Mezősi talajok (2)	Barna erdő talajok (3)	Kötött réti talajok (4)	Laza homokos talajok (5)
Kötöttség (K_A) (6)	35–45	40–55	50 felett	30 alatt
Humusz % (7)	2,5–4,0	1,6–2,5	3,0–5,0	0,5–1,5
CaCO ₃ %	0–10	-	-	0–10
pH(H ₂ O)	6,5–7,5	4,5–6,5	4,0–6,5	4,0–8,0
AL-P ₂ O ₅ mg/kg	80–120	40–80	80–140	40–100
AL-K ₂ O mg/kg	150–250	200–300	250–350	40–100

Table 3. Characterisation of the physical and chemical features in the ploughed layer of the main soils in agricultural production (informative data). (1) Soil characteristics, (2) Prairie soils, (3) Brown forest soils, (4) Heavy meadow soils, (5) Loose sandy soils, (6) Plasticity (K_A), (7) Humus %.

II. A tápanyagpótlás jelentősége

Leegyszerűsítve termékenynek minősül az a talaj, mely képes a növényeket vízzel és tápelemekkel folyamatosan ellátni. Vízet a csapadék vagy öntözés pótolhatja, a talaj tápelem készlete azonban véges. A tápanyagellátás, a trágyázás ezért meghatározza a művelt talajaink termékenységét és ezen keresztül a növénytermesztés, ill. az egész mezőgazdaság teljesítőképességét. Szakszerű, gazdaságos trágyázás a ténylegesen hiányzó (minimumban található) tápelemek pótlását célozza. A hazai termesztés számára fontosabb tápelemek élettani hatása és hiánytünetei részben az alábbiakban foglalhatók össze:

Nitrogén (N): Hiányában nem képződik fehérje, a növények elsárgulnak és fejletlenek maradnak. Csökken a termés és a minőség, megnehezül egyéb tápelemek felvétele. Túlsúlyá viszont dús, haragoszöld lombozatot, lassú érést, fellazult növényi szöveteket, fokozott betegség-fellépést, kifagyást, megdőlést, csökkenő termést és romló minőséget eredményezhet. Hiánya főként csapadékos, túlsúlyá aszályos évben gyakori.

Foszfor (P): Hiányában gátolt a gyökérfejlődés és a lombképződés, a gabonafélék gyengén bokrosodnak, ritkulnak. Romlik a minőség, betegségekkel szembeni ellenállás, csökken a termés. Míg a nitrogén a vegetatív zöld növényi részek fejlődését segíti, a foszfor az érést, a virág és a magvak kialakulását. Fontos tehát a két elem aránya, kiegyensúlyozottsága a növény táplálásában. A megfelelő P-kínálat javítja a vízhasznosulást, bizonyos határig ellensúlyozza a szárazság kedvezőtlen hatását. Túlsúlyá közvetetten vezethet nemkívánatos jelenségekhez: csökkenhet a tőszám és más fontos mikroelemek felvétele, ezzel a betakarítható termés és annak minősége.

Kálium (K): Hiányában gátolt a növekedés, a nitrogén és a foszfor beépülése, a szénhidrátok, mint a cukor, keményítő, nyersrost képződése. Emiatt romlik a minőség, télállóság, betegség-ellenállóság és főként a szárazság-tűrés. Kálium hiányára különösen érzékenyek a zöldségfélék, gyümölcsfák és a kapáskultúráink, döntően a laza talajokon. Túlsúlyá ritkán áll elő és közvetetten jelentkezhet más elemek, mint pl. a kalcium (Ca), magnézium (Mg), bór (B) felvételének gátlásában.

A hiány- és túlsúlytünetek felismerése vizuálisan még a szakembernek is nehézséget okoz, mivel azokat, ill. azokhoz hasonló tüneteket mechanikai sérülések, gombás betegségek, rovarkártételek is kiválthatják. Több elem hiánya vagy túlsúlya szintén okozhat hasonló tüneteket. A tápláltsági állapotot megbízhatóan növényanalízissel ellenőrizhetjük, mely feltárja az egyes elemek koncentrációját és azok egymáshoz való arányát a növény szövetekben. A fontosabb mikroelemekre, azok hiányára a növényfaj és a talajviszonyok utalhatnak.

Vas (Fe): Hiánya erősen meszes, foszforban gazdag talajokon léphet fel a herefélékben, szójánál, borsónál, szőlőnél. *Mangán (Mn)* hiánya erősen meszes, vagy szerves anyagban gazdag talajokon gyakori a kalászosok, lucerna, répa-félék, pillangósok, gyümölcsfák esetén. Túlsúlya savanyú talajon fordulhat elő. *Cink (Zn)* hiánya nálunk erősen meszes és foszforban gazdag talajokon gyakori a kukoricában, előfordulhat a hüvelyeseknél, füvekben, szőlő és gyümölcsösben. Túlsúlya szennyezett ipari körzetekben, autópályák mentén lévő városi kertekben és savanyú talajokon okozhat gondot. *Réz (Cu)* hiánya főként meszes homoktalajon gyakori, ahol foszforral is túltrágyáztak. Láptalajokon szintén kialakulhat hiánya, mert a szerves anyaghoz erősen kötődik. Érzékenyek hiányára a gabonafélék, kapáskultúrák, hüvelyesek, egyes zöldségek és gyümölcsfák. Túlsúlya szennyezett területeken, ipari körzetekben, autópályák mentén és rézgáliccal évtizedek óta permetezett gyümölcsösökben gyakori. *Bór (B)* hiánya erősen kilúgzott savanyú homokokon, lápon és túlmeszesett talajon jelentkezhet gabonafélékben, pillangós takarmányokban, napraforgónál, zöldség és gyümölcs kultúrákban.

Ismeretes, hogy normál talajon a kalászosok jól reagálnak a nitrogén- és foszfortrágyázásra, míg K-hatásokat csak a laza szerkezetű homok vagy láptalajokon mutatnak. A burgonya és a kukorica ugyanazon a termőhelyen főként N és K trágyázást igényel, míg a hüvelyesek és pillangósok P-igényükkel tűnnek ki. A zöldségfélék általában bőséges N és K ellátást kívánnak, különösen a leveles zöldségek. A N-bőség ugyanakkor rontja a cukorrépa, dohány és az olajnövények minőségét.

A hazai és nemzetközi tapasztalatok szerint minden kg műtrágya-hatóanyagra, tehát a 3 kg körüli műtrágyára (átlagos termesztési körülmények között) 10 kg körüli szemtermés-többlet adódik. Gyepek esetében pedig 100 kg

zöldfű többlettermással számolnak. A szakszerű műtrágyázás hatékony és gyorsan megtérülő befektetés, a megtérülés 1 év alatt 2–3-szoros lehet. Ezért is támogatják a műtrágyák vásárlását a rövid lejáratú „zöld” hitelekkel sok országban. A talaj termékenységének megőrzése, ill. a bővített újratermelés trágyázással elsőbbséget élvezhet a tőkebefektetések során, hiszen meghatározó lehet az egyéb beavatkozások, mint a fajta, művelés, növényvédelem hatékonysága tekintetében.

III. A trágyaszükséglet becslésének módszerei

A trágyaigényt vagy műtrágyaigényt csak becsüljük, hiszen azt a tenyésződő folyamán számos tényező, főként az időjárás befolyásolhatja. A „becslés” azonban lehet szakszerű és tudományos alapon nyugvó, mert a számítás módszerei kidolgozottak. Amennyiben a trágyázás vakon történik, hatékonysága is véletlenszerű, nem ritkán gazdaságtalan és környezetkárosító lesz. A trágyaadagok számításánál, a trágyázásnál általában kettős célt követünk: jó minőségű nagy termés elérése az adott évben, valamint a talaj termékenységének hosszú távú megőrzése, vagy ha szükséges, növelése.

1. Szabadföldi próba vagy kísérlet módszere

A legősibb és a gazda számára ma is pótolhatatlan módszer. Kijelölünk a tábla egynemű részén pl. $10 \times 10 \text{ m} = 100 \text{ m}^2$ mintaterületeket. Kijuttatjuk a vizsgálandó trágyát (esetleg annak növekvő adagját) és mérjük a területek termését a kontroll (trágyázatlan vagy hagyományosan trágyázott) és a kezelt területeken. A mintaterületeket legalább 4 ismétlésben kell kijelölni, hogy megbízható eredményekhez jussunk. Előnyös, ha a vizsgálatok több éven át folynak ugyanazon a helyen. Nagy táblán mintaterületül szolgálhat a műtrágyaszóró szóráscsíkja, ill. termésmérésnél a kombájncsíkok. Évente 1–1 táblán 1–1 növényfaj trágyaigénye becsülhető ilyen módon.

2. Talajvizsgálatok módszere

Mivel a talajba nem látunk bele, célszerű 5–6 évenként a táblák talaját elemezni, hogy a növények számára hasznosítható elemkészletekről információt szerezzünk. Különösen a homoktalajokon, melyek tápelemkészlete gyorsan változhat, kiürülhet és tápelemhiányok vagy aránytalanságok állhatnak elő. A foszfor és kálium ellátottsági kategóriákat a 4. táblázat szemlélteti. Amennyi-

ben nagy vagy túlzott az ellátottság, az újabb talajvizsgálatokig szüneteltethető az adott elem pótlása. Kielégítő ellátottságon a trágyázás néhány évig terméscsökkenés nélkül szüneteltethető, különösen a kevésbé trágyaigényes növényeknél. Cél azonban a kielégítő ellátottság megőrzése. Ilyen esetben a betakarított növényi termésbe épült elemek egyszerű pótlására szorítkozhatunk. Igen gyengén ellátott talajon ennek akár többszörösét is indokolt lehet kijuttatni a trágyaigényes kultúrák alá, ill. a talajtermékenység javítása érdekében.

4. táblázat. A talajok ammoniumlaktát (AL) oldható P_2O_5 és K_2O tartalmának ellátottsági határértékei a szántott rétegben

A termőhely talaja (1)	Tápelem-ellátottsági kategóriák határkoncentrációi (2)			
	Gyenge (3)	Közepes (4)	Kielégítő (5)	Nagy vagy túlzott (6)
	AL- P_2O_5 mg/kg talajban (7)			
Savanyú (9)	50 alatt	50– 80	80–120	120 felett
Semleges (10)	80 alatt	80–120	120–150	150 felett
Meszes (11)	100 alatt	100–150	150–200	200 felett
	AL- K_2O mg/kg talajban (8)			
Homokos (12)	50 alatt	50–100	100–150	150 felett
Vályogos (13)	100 alatt	100–150	150–200	200 felett
Agyagos (14)	150 alatt	150–200	200–250	250 felett

Table 4. The limit values of soils' Ammonium-lactate (AL) - soluble P_2O_5 and K_2O content in the ploughed layer. (1) Soil of the production site, (2) Limit concentrations of the different nutrient supply categories, (3) Weak, (4) Average, (5) Satisfactory, (6) High or excessive, (7) AL- P_2O_5 mg kg^{-1} in the soil, (8) AL- K_2O mg kg^{-1} in the soil, (9) Acidic, (10) Neutral, (11) Limey, (12) Sandy, (13) Loamy, (14) Clayey.

A főbb szántóföldi növények termésébe épült elemek átlagos mennyiségéről az 5. táblázat adatai tájékoztatnak. Látható, hogy a magtermés főként nitrogénben és foszforban gazdag, míg a melléktermés káliumban és kalciumban a kalászosok és olajnövények esetén. Ahol a főtermés nem a mag, hanem a vegetatív levél (dohány), hajtás (lucerna, here, rét szénája), vagy gyökérgumós (répagyökér, burgonyagumó), ott a kálium és kalcium felvétele is jelentős. A hüvelyes és pillangós növények nitrogén szükségletüket részben vagy egész-

ben a levegőből fedezik, így csak 20–30 kg/ha N-trágyát igényelhetnek vetés előtt, amíg a szimbiózis a N-kötő mikroszervezetekkel beindul. A talajok 0–60, vagy a mélyebben gyökerező növényeknél 0–90 cm rétegének nitrát-nitrogén (NO₃-N) készlete műtrágyával egyenértékű. A vetés előtt végzett talajvizsgálat eredményei alapján tehát eldönthető, hol és milyen mértékben csökkenthető, esetleg el is hagyható a N-trágyázás.

5. táblázat. A főbb szántóföldi növények termésével felvett elemek mennyisége kg-ban

Növényfaj, ill. csoport (1)	1 t főtermésben (2)				Hozzá tartozó melléktermésben (3)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Kalászosok (4)	20	8	5	1	5	3	13	8
Kukorica (5)	18	6	4	2	4	4	16	6
Napraforgó (6)	30	15	10	3	10	5	60	27
Repce (7)	35	18	10	4	15	6	20	40
Olajlen (8)	38	14	10	5	18	12	19	24
Borsó* (9)	40	9	11	3	30	7	29	42
Szója* (10)	60	12	20	5	11	8	20	20
Dohány (11)	30	5	40	20	12	3	15	6
Lucerna* (12)	26	6	15	25	-	-	-	-
Vöröshere* (13)	20	6	15	20	-	-	-	-
Réti széna (14)	16	7	20	10	-	-	-	-
Cukorrépa (15)	2,0	0,8	2,5	0,6	1,5	0,5	2,5	0,8
Burgonya (16)	3,2	1,4	6,0	0,3	1,7	0,7	1,4	2,0

A N-szükségletet részben vagy teljesen a levegő N-je fedezi. Főtermés: kalászosok, kukorica, napraforgó, repce, olajlen, borsó, szója légszáraz magtermése, dohány száraz levéltermése, lucerna, vöröshere, réti széna szénatermése, cukorrépa friss gyökér, ill. a burgonya friss gumótermése. Melléktermés: szalma és szár, ill. a dohánykóró, répalevél és burgonyalomb

Table 5. The quantity of nutrients taken up by the main field crop yields in kg. (1) Crop species and group, (2) In 1 primary yield, (3) In its associated secondary yield, (4) Cereals, (5) Maize, (6) Sunflower, (7) Rape, (8) Oil flax, (9) Pea, (10) Soybean, (11) Tobacco, (12) Alfalfa, (13) Red clover, (14) Meadow hay, (15) Sugarbeet, (16) Potato. N supply is partially or fully covered by air N. Primary yield: air-dry grain yield of cereals, maize, sunflower, rape, oil flax, pea, soybean, dry leaf yield of tobacco, hay yield of alfalfa, red clover and meadow hay, fresh root yield of sugarbeet and potato. Secondary yield: straw and stem, dry stalk of tobacco, sugarbeet leaf and potato foliage.

3. Tápelemmérégek módszere, a táblatörzskönyv

Az igényes gazda táblatörzskönyvet vezet és nyilvántartja az évenkénti terméseredményeket, a betakarítás módját (melléktermés leszántása vagy elvitele a tábláról), ill. az agrotechnikai beavatkozásokat. Fontos tudni, hogy mennyi és milyen trágyaféleséget alkalmazott, a meszezés adagját, az esetleges meliorációt stb. A táblára juttatott trágyaszerek, valamint az elvitt termékek összetétele és mennyisége alapján ellenőrizheti a tápelemek forgalmát, talajainak termékenységét, annak változását. Ezzel a talajvizsgálati eredmények is megbízhatóbban értelmezhetők párhuzamosként szolgálva, esetleg részben elhagyhatók. A módszer előnye, hogy nem igényel költséges eljárást, csupán tollat és papírt (esetleg számítógépet), valamint a négy számtani alpműveletet. A növények, növényi részek és a trágyaféleségek összetételét (saját elemzés híján) átlagszámokkal becsülheti.

4. Műtrágyaigényt módosító tényezők figyelembevétele. Közelítő eljárások

A műtrágyaszükséglet becslése során mindhárom ismertetett módszernél átlagszámok alapján (közelítő eljárással) vesszük figyelembe a trágyahatást módosító tényezőket, körülményeket. Ezek az alábbiak lehetnek:

A *műtrágyaigény csökken* egyéves pillangós elővetemény után az állománytól függően 40–80 kg/ha, évelő pillangós feltörését követően 50–100 kg/ha/év mennyiséggel. Egy 4 éves lucernatörés 150–300 kg/ha nitrogént szolgáltathat átlagos talajon és így biztosíthat pl. 10 t kukorica szemtermést N-trágyázás nélkül a következő évben. Kötöttebb talajokon a kedvező hatás 2–3 évig is kimutatható, bár csökkenő mértékben.

A humuszban szegény, N-nel gyengén ellátott talajon a N-szegény melléktermékek, mint a szalma és a kukorica, ill. a napraforgószárnak gyorsabb talajbani elbomlását 6–10 kg N adagolásával segítjük leszántáskor, minden tonna légszáraz szármaradványra számolva. A tábla N-igényét, ill. a tervezett termés *N-igényét e mennyiséggel növeljük*.

A tervezett termés tápelem igénye *csökkenthető* a közepesen, vagy annál jobban ellátott talajokon, amennyiben az elővetemény termése lényegesen elmaradt a tervezettől (aszály, fagykár, betegség stb. miatt). Ilyen módon elsősorban az előző növény által nem hasznosított foszfor és kálium mennyisége vehető figyelembe.

Közepes minőségű almos istállótrágya leszántásakor, minden 10 t trágyával a műtrágyaigény *csökken* (átlagos talajon) az alábbi módon:

Első évben	20 kg N	20 kg P ₂ O ₅	40 kg K ₂ O
Második évben	20 kg N	20 kg P ₂ O ₅	30 kg K ₂ O
A forgóban összesen	40 kg N	40 kg P ₂ O ₅	70 kg K ₂ O

Megemlíthető, hogy kötöttebb talajon az istállótrágyák utóhatása 3–4 évig kimutatható a szabadföldi tartamkísérletek eredményei szerint. A jobb minőségű istállótrágya ennél több, 1/3-ával nagyobb tápelem-szolgáltatással is rendelkezhet.

A különböző komposztok, kereskedelmi trágyák összetételét a gyártók által megadottak szerint célszerű tekintetbe venni. Átlagos összetétellel számolva minden m³ hígtrágya kijuttatásával a műtrágyaigény az alábbiak szerint *csökkenthető*:

Friss hígtrágya	1,5 kg N	0,6 kg P ₂ O ₅	0,9 kg K ₂ O
Állott hígtrágya	1,0 kg N	0,4 kg P ₂ O ₅	0,8 kg K ₂ O

Meghatározó jelentőséggel bír nemcsak a növények összetétele, tápelem-felvétele egységnyi terméssel, hanem a speciális *trágyaigénye*. Hogyan képes a talaj tápelemeit feltárni, hasznosítani? Agresszív, mély gyökérzetet fejlesztő növények, mint pl. a rozs, napraforgó viszonylag kevés trágyát, míg a sekélyen gyökerező és rövidebb tenyészidejű kultúrák, mint a zöldségfélék, burgonya, mák bőséges trágyázást, ill. a talaj mobilis tápanyagkészletét igénylik. A hazai műtrágyázási kísérletek tanulságai szerint pl. a vályog és kötöttebb talajokon a napraforgó gyakorlatilag nem igényelte a kálium-trágyázást. Az 50 kg/ha N, ill. az 50 kg P₂O₅ adag felett pedig a kaszattermés már nem nőtt, viszont csökkent a kaszatok olajtartalma és az olajhozam.

Ezzel szemben a tápanyagszegény savanyú nyírségi homoktalajon meghálálta a nagyobb mérvű műtrágyázást és meszeztést. A 22 éve trágyázatlan kontroll talaj mind az öt fontos tápelemben (N, P, K, Ca, Mg) elszegényedett, így azt együttes adagolásukkal a kontrollhoz viszonyított termés és olajhozam a kedvező csapadék-eloszlású 1984. évben 3,5-szeresére emelkedett. Amint a 6. táblázatban látható, ilyen körülmények között a napraforgó is trágyaigényes növényé válik. Az egyoldalú N, NK vagy NP műtrágyázás azonban termésnövekedést nem eredményezett. Fontos tehát a kiegyensúlyozott tápanyagellátás.

6. táblázat. *Műtrágyázás és meszezés hatása a napraforgóra savanyú nyírségi homoktalajon (Nyírlugos, 1984, a kísérlet 22. évében)*

Műtrágyázás, meszezés (1)	Kaszattermés (2)		Olajtartalom (3)		Olajhozam (4)	
	t/ha	%	%	relatív %	t/ha	%
	Kontroll (5)	0,75	100	45	100	0,34
N	0,64	85	42	93	0,27	80
NK	0,76	102	41	91	0,31	93
NP	0,95	126	42	93	0,40	120
NPK	1,43	191	44	98	0,63	186
NPKCa	1,85	246	45	100	0,83	246
NPKMg	2,27	303	45	100	1,03	306
NPKCaMg	2,64	353	46	102	1,21	359
SzD _{5%} (kísérleti hiba) (6)	0,54	72	2	5	0,22	65

Megjegyzés: N=120 kg N, K=120 kg K₂O, P=120 kg P₂O₅, Ca=1000 kg CaCO₃, Mg=200 kg MgCO₃ ha-onként és évenként pétisó, kálisó, szuperfoszfát, mészkőpor és dolomitpor alakjában.

Table 6. The effect of fertilisation and liming on sunflower on the acidic sandy soil of the Nyírség region. (Nyírlugos, 1984. 22nd year of the experiment). (1) Fertilisation, liming, (2) Achene yield, (3) Oil content, (4) Oil yield, (5) Control, (6) LSD_{5%} (error in the experiment). Note: N=120 kg N, K=120 kg K₂O, P=120 kg P₂O₅, Ca=1000 kg CaCO₃, Mg=200 kg MgCO₃ per ha and in the forms of nitrogen salt (pétisó), potassium salt, superphosphate, limestone powder and dolomite powder.

IV. Műtrágyázás és környezetvédelem

Műtrágyák hatása a talajra, a növényre és a környezet egészére lehet előnyös és hátrányos is. Amennyiben ténylegesen a talaj hiányosságait pótolják, és a talajhibákat orvosolják (tápelem-arányok és aránytalanságok megszüntetése, túlzott savanyúság vagy lúgosság tompítása stb.), úgy alkalmazásuk egészségesebb talajt, talajéletet, növényzetet, állati és emberi közösségeket hozhat létre korábbi pusztaságokon. Mindezt a hazai és nemzetközi gyakorlat igazolja. A szakzerű műtrágyázás talajminőséget javító, agronómiai és ökológiai talajfunkciókat fenntartó szerepének fontosságára már az 1800-as években rámutattak olyan világhírű tudósok, mint a német Liebig, az orosz Mengyelejev, vagy itthon Cserhádi Sándor.

A műtrágyák érdemi környezetszennyező hatásáról a rendszeres és nagyobb mérvű használatuk óta beszélhetünk, amióta elérhetőségük, viszonylagos (korábbi) olcsóságuk és egyoldalú alkalmazásuk új körülményeket teremtett.

A közvélemény aggodalma megnőtt a „kemikáliákkal” szemben, gyakran össze-mosva a műtrágyákat a növényvédő szerekkel. Vajon mennyiben természet-idegen anyagok? Honnan származnak? Hogyan károsíthatják a környezetet?

A növények fejlődésükhöz döntően vizet és tápelemeket igényelnek a talajból. Az elemeket alapvetően oldott állapotban, ionos formában veszik fel. A természetesnek tekintett istállótrágya, vagy komposzt is fokozatosan elbomlik a talajban, hogy növényi eledelül szolgáljon. E tekintetben a műtrágya nem természetidegen anyag. Ugyanazon fontos tápionokat tartalmazza, melyeket a talaj, ill. a szerves trágyák is szolgáltatnak. Műtrágyákkal megnöveljük a talaj táp-ion-készletét abból a célból, hogy nagyobb termésekhez jussunk. Más oldalról viszont „talajidegen” anyagoknak minősíthetők: összetételük és tulajdonságaik eltérnek a talajtól. Általában vízben vagy gyenge savakban oldódó sók, amelyek néhány elemet viszonylag nagy koncentrációban tartalmaznak. Emellett vivőanyagként vagy szennyezésként magukban hordozhatnak nem szükséges vagy káros összetevőket is.

Az illető célzott növényi tápelem gyakran a műtrágya felét sem teszi ki. Így pl. a 40%-os kálisó a káliumoxidon kívül még 45% klór és 5% nátrium iont is tartalmazhat. A szuperfoszfátokban valójában több lehet a kalcium és a kén, mint a foszfor. Igaz, hogy ezek mind szükséges növényi tápelemek. A répafélék pedig meghálálják a kálisóval bevitt klorid és nátrium ellátást. Nemkívánatos összetevőknek minősülnek viszont, amennyiben a talaj ezen elemekkel kielégítően ellátott és a természetű növény sem igényli. Hasonló a helyzet a műtrágyákban található mikroelemekkel vagy nemkívánatos mikroelem-szennyezőkkel.

Legtisztábbak e tekintetben a N-műtrágyák, hiszen a gyártásuk alapanyagául a légköri N szolgál. Leginkább szennyezettek a P-műtrágyák lehetnek a bányászott nyersfoszfátok és a gyártástechnológia függvényeként. A K-műtrágyák közbülső helyet foglalnak el. Hazai viszonylatban nem beszélhetünk érdemi talajszennyezésről, nehézfém-dúsulásról a műtrágyázás kapcsán. Talajaink (Nyugat-Európától eltérően) nem szennyeződtek a legveszélyesebb elemmel, a kadmiummal, mert az orosz lelőhelyekről beszerzett nyersfoszfátok kadmiumban rendkívül szegények. Más sugárzó izotópokban ugyan gazdagabbak (urán, stroncium), de ez a sugárterhelés jelentéktelennek minősül, a háttérterhelés töredékét teheti ki.

A műtrágyák, mint oldható sók nagyságrendileg növelhetik a sóterhelést, az elektrolitok mennyiségét a talajban. A talajok anion-megkötő képessége csekély, így a növény által fel nem vett felesleges nitrát, klorid, szulfát (szaksze-

rűtlen alkalmazás esetén) kimosódhat a mélyebb rétegekbe. Ilyenkor nagymennyiségű fém-kationt is magával ragad a folyamat, a talaj főként kalciumban és magnéziumban elszegényedhet, gyorsan elsavanyodhat, a talajvizek elszennyeződhetnek. A foszfor jól megkötődik a talajban, döntően talajbemosódás (erózió) vagy a szél által szállított porral (defláció) jut a tavainkba, élővizeinkbe. Az élővizek azért tiszták, mert P-ban szegények. Gyakran ez a limitáló tápelem. Az algásodás (eutrofizáció) fő okozója a P-terhelés.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a műtrágyák nemkívánatos mellékhatása akkor jelentkezik, amikor azokat természetellenes formában, mennyiségben és arányban juttatjuk a talajba. A tudományos alapokra helyezett szaktanácsadás útmutatását követve elkerülhetők az alkalmazás negatívumai. Az esetleges savanyító hatás meszezéssel vagy lúgosan ható formák megválasztásával, a kilúgzás és a veszteségek a növények igényeihez és a talajtulajdonságokhoz való igazítással (talaj- és növényvizsgálatok, szabadföldi kísérletek, tápelem-mérlegek és a táblatorzskönyvek vezetése által), az élővizekre oly nagy veszélyt jelentő eutrofizáció pedig a víz és szél által okozott erózió (talajpusztulás) meggátolásával.

A mezőgazdaságban képződő növényi és állati hulladékok, települési komposztok mint szerves trágyák a talajba jutva elbomlanak és helyreállítják annak funkcióit, termékenységet. Szokásos adagban alkalmazva nem jelentenek érdemi környezeti veszélyt, a természetes agyagforgalmat valósítják meg. Koncentrált állattartásnál képződő nagymennyiségű trágya elhelyezési problémákat vet fel. A talaj lebontó, ill. a növények tápanyag felvevő képességét meghaladó terhelésnél környezeti károsodással (levegő, talaj, víz, élő szervezetek) kell számolnunk. Különösen az alom nélküli nagyüzemi állattartásnál, ahol óriási tömegű hígtrágya keletkezik.

Az istállótrágya, éretlen komposztok és a hígtrágya bomló szerves anyaga bakteriológiai, közegészségügyi szempontból járványmentes időszakban sem veszélytelen. A hígtrágyákkal való túl gyakori öntözés eltömítheti a talaj pórusait, tönkretelheti szerkezetét és a talajt elmocsarasítja. A közeli talajvíz gyorsan szennyeződhet bomló szerves anyaggal, nitráttal, és a sóterhelés is nőhet. A szerves trágyákba, komposztokba kerülhetnek szennyező nehézfémek (takarmányadalékok), istálló fertőtlenítésére használt anyagok stb. Összességében a különböző eredetű szerves trágyák, komposztok és a trágyalé nagyobb és ellenőrizhetetlen szennyező göcöket jelentenek, mint a jobban kézben tartható, ellenőrizhető és irányítható műtrágyázás.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Kádár Imre
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet
Budapest
Herman O. u. 15.
H-1022