

Szent István Egyetem  
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar  
Vadgazda Mérnöki Szak

# **TALAJTAN ÉS AGROKÉMIA**

## **ALAPJAI**

**Jegyzet vadgazda mérnöki szakos hallgatók részére**

**Dr. Tolner László**

**Gödöllő**

**2005**

**Javasolt hivatkozási forma:**

Tolner, L. (2005): Talajatan és agrokémia alapjai. Egyetemi jegyzet. Szent István Egyetem, Vadgazda Mérnöki Szak - Vadbiológiai és Vadgazdálkodási Tanszék, Gödöllő, 86 pp.

© Dr. Tolner László

**Version 1.0**

**M i n d e n   j o g   f e n n t a r t v a !**

A szerző írásos hozzájárulása nélkül a jegyzet vagy annak részei nem sokszorosíthatók fénymásolással, elektromos eszközökkel vagy bármilyen egyéb reprodukciós eljárással.

**Vadbiológiai és Vadgazdálkodási Tanszék**  
Szent István Egyetem, 2103 Gödöllő, Páter Károly utca 1.  
Honlap: [www.vvt.gau.hu](http://www.vvt.gau.hu)

## Tartalomjegyzék

<b>1. Talajképződés</b> .....	<b>1</b>
1.1. A talaj fogalma, jelentősége .....	1
1.2. Az elemek geológiai és biológiai körforgása .....	4
1.3. Talajképző tényezők .....	7
<b>2. A növények kémiai összetétele és minősége</b> .....	<b>11</b>
2.1. A növények tápelemtartalma .....	12
2.2. A tápelemek élettani jelentősége .....	13
2.3. Tápelemek hatása a termés minőségére .....	15
2.4. Liebig törvény .....	16
<b>3. A talaj felépítése és tulajdonságai</b> .....	<b>18</b>
3.1. A talajok szervesanyagok .....	18
3.2. Talajkolloidok .....	23
3.3. A talaj kémiai tulajdonságai .....	26
3.4. Tápelemek a talajban és a talaj tápanyag-gazdálkodása .....	29
<b>4. A talaj fizikai tulajdonságai</b> .....	<b>34</b>
4.1. A talaj építőanyagai .....	34
4.2. A talaj szerkezete .....	35
4.3. A talaj vízgazdálkodása .....	37
<b>5. Talajkészleteink</b> .....	<b>38</b>
5.1. Magyarország talajai .....	38
5.2. Termőtájaink .....	41
5.3. A termőföld értéke .....	44
5.4. Talajhibák - javítási módok .....	46
<b>6. A tápanyagutánpótlás</b> .....	<b>49</b>
6.1. Tápanyag-utánpótlásra használatos természetes anyagok .....	49
6.2. Műtrágyák .....	52
6.3. A tápanyagutánpótlás alapelvei .....	60
6.4. A tápanyagellátás gyakorlata .....	64

<b>7. Növényvédőszer</b> .....	<b>70</b>
7.1. Disszimilációs folyamatokra ható peszticid	71
7.2. Makromolekulák szintézisét befolyásoló peszticid	72
7.3. Növényi életfolyamatokat befolyásoló vegyület	73
7.4. Az idegrendszerre ható peszticid	75
7.5. A növényvédőszer használatával kapcsolatos ismeret	78
<b>8. Vizsgakérdés</b> .....	<b>81</b>

# 1. Talajképződés

## 1.1. A talaj fogalma, jelentősége

A talaj a szilárd földkéreg legkülső, laza takarója. Legfontosabb tulajdonsága a termékenység, vagyis az a képessége, hogy megfelelő időben és a szükséges mennyiségben képes a növényeket vízzel és tápanyagokkal ellátni.

A talaj olyan természeti erőforrás, amely az élő és élettelen természettel szoros kölcsönhatásban folyamatosan képes megújulni. Az alatta fekvő kőzettel, a vízzel, a levegővel és az élővilággal együtt a természeti környezet része, emellett ősidőktől fogva az ember legfontosabb termelőeszköze. Helytelen használata azonban teljes pusztuláshoz vezethet.

A köztudatban úgy terjedt el, hogy a talaj a legfelső megművelt réteg. A növények gyökerei azonban jóval mélyebbre is lehatolnak. Valójában talajnak tekinthető a felszíntől az elmállatlan kőzetig terjedő – néhol vékonyabb, másutt vastagabb, átlagosan 1,5–2 m vastagságú – réteg. Ennek függőleges metszete a talajszelvény.

A kertet művelők tapasztalják, hogy az ásás mélységével változik a talaj jellege. Figyelmes tanulmányozással nemcsak a szokásos, könnyen észrevehető fel- és altalaj különböztethető meg, hanem ennél jóval több réteg. Ezek színükben és más tulajdonságaikban is eltérnek egymástól. Az egyes rétegeket genetikai talajszinteknek nevezik. Ezek nem különböző geológiai rétegek, és nem is a folyók különböző időben elterített hordalékrétegei, hanem olyan képződmények, amelyek a talajban végbemenő folyamatok hatására alakultak ki.

A természeti tényezők sokrétősége következtében a talajszelvények rendkívül változatosak. Mégis vannak köztük egymáshoz hasonlóak, mégpedig legtöbbször azok, amelyeket hasonló környezeti hatások értek. Általában a genetikai szintek elhelyezkedésében és jellegében megmutatkozó hasonlóságot választják a talajok osztályozásának alapjául.

A genetikai szintek vastagsága lehet néhány centiméter és több méter is. Az egyes szintek között a hatás sokszor éles, máskor viszont fokozatos. Általában három fő genetikai szint különíthető el, amelyeket A-, B-, C-vel jelölnek. Ezek esetenként alszintekre bonthatók, jelölésük A1, A2, A3, B1, B2. A humuszosnak is nevezett A szint a talaj felső rétege, ahol a felszínre jutó növényi és állati maradványok az anyakőzet mállott anyagával keverednek.

A kert és a szántó föld megművelt rétege többnyire ide tartozik. Elsősorban ebben a szintben élnek a baktériumok, a gombák, az algák, innen nyerik tápanyagaik nagy részét a növények, itt készítik járataik zömét a rovarok és más kisebb állatok. Az A szint általában sötét színű, szerves anyagban és mállott ásványi anyagokban gazdag. Ha a csapadékviszonyok miatt a talajszelvény részben vagy teljesen átmosódik, akkor ezt a szintet kilúgozási szintnek is nevezik.

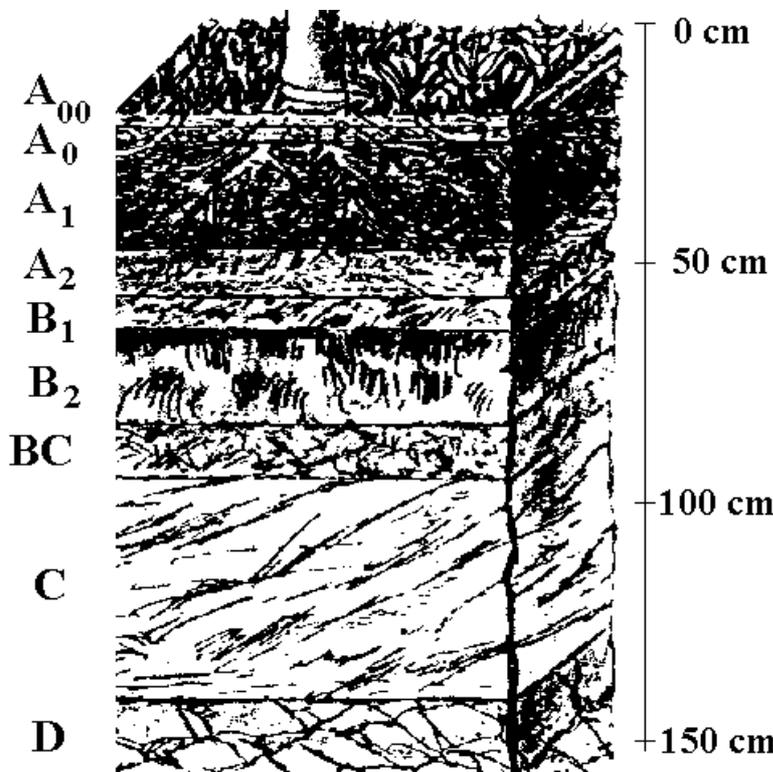
Egy csapadékban gazdag területen lévő erdőtakaró alatt képződött ún. podzolszelvényben, ami a következő ábrán is látható, az alábbi alszintek fordulnak elő

Egy csapadékban gazdag területen lévő erdőtakaró alatt képződött ún. podzolszelvényben, ami az ábrán is látható, az alábbi alszintek fordulnak elő.

**A<sub>00</sub>** avartakaró, amelyben a szerves anyag lehullott levelekből, ágakból áll. Lebomlásuk még nem történt meg;

**A<sub>0</sub>** ez a szint olyan szerves anyagokat tartalmaz, amelyek már lebomlottak, és az eredeti anyagok már nem ismerhetők fel;

**A<sub>1</sub>**, ebben a szintben a bomló szerves anyag az anyakőzetből származó ásványi részecskékkel keveredik. Ez a réteg a szervesanyag-tartalma következtében általában sötét színű;



**A<sub>2</sub>** világosabb színű réteg, a legnagyobb mértékű kilúgozás helye, ahonnan a leszivárgó csapadékvíz nagyrészt kilúgozta már az oldható és a finom eloszlású anyagokat (a tápanyagokat, a vas- és az alumínium-oxidokat, az agyagot és a humuszt).

A **B** szint az **A** szint alatt helyezkedik el. Kevesebb élőlény telepszik meg benne, és legtöbbször kevesebb humuszt is tartalmaz, mint a felette levő réteg. A kertben ezt észleljük általajként. Rendszerint tömöttebb, mint az szint. Gyakran több anyagot is tartalmaz, ezért szárazon kemény, nedvesen ragadós lehet. Az **A** szintből bemosódott vasvegyületek miatt legtöbbször jellegzetesen vörösbarna színű. A bemosódás nemcsak felülről, hanem alulról is történhet. Ekkor a felemelkedő talajvízzel jutnak a sók bele. Ezt a szintet felhalmozódási szintnek is nevezik.

**B<sub>1</sub>** az **A** és **B** szint közötti átmeneti szint;

**B<sub>2</sub>** az elmozduló anyag, a vas- és alumíniumvegyületek, valamint a szerves anyag maximális felhalmozódásának helye, színe ezért gyakran sötétebb, mint az **A** szint;

**BC** a **B** és a **C** szint közötti átmeneti szint.

A **C** genetikai szint a **B** szint alatt húzódik. Általában ez a forrása a felsőbb rétegek ásványi anyagának, ezért a talaj anyakőzetének nevezik. Anyaga az alatta elhelyezkedő kőzet mállásából keletkezett, vagy a szél, a víz, esetleg a mozgó jégtakaró szállította oda máshonnan. Általában nincsenek benne élőlények, sem pedig humusz, így a színe világosabb, mint a humuszban gazdagabb felsőbb szinteké.

A **D**-vel jelölt szint a **C** szint alatti szint, ami a föld szilárd kérgét alkotó kőzetanyag, ezt ágyazati kőzetnek is nevezik, bár nem tartozik a talajhoz.

A genetikai szintek sok esetben nem különíthetők el jól egymástól, olykor némelyikük hiányozhat is. A feltalajt letakarító erózió által sújtott területeken gyakran lepusztul a felső A szint anyaga, és így a rozsdabarna színű B szint vagy a sárgásbarna színű, terméketlen C szint anyaga kerül a felszínre. A megművelt talajok legfelső 25–30 cm-ében a rendszeres szántás következtében a szintek összekeverednek, és homogén szántott réteget (Asz) alkotnak. Ez alatt sokszor néhány centiméter vastagságú, tömődött, ún. „eketalp réteg” képződik.

A talaj mint a szilárd földkéreg legkülső takarója felfogja és összegezi a földfelszint érő fizikai, kémiai és biológiai hatásokat, amelyek a természet erőitől és az embertől származnak. Ennek következtében többféle funkciója van. Ilyen az energiaátalakítás, az anyag- és energiátárolás.

A napsugárzás óriási energiamennyiséget közvetít bolygónkra. E sugárzás nagy része látható fény formájában érkezik. A sötét színű talaj a fényt elnyeli, és az elnyelt fény energiája felmelegíti a talajt.

A talaj a rajta élő növényzet közvetítésével is jelentős szerepet játszik a Föld energiaforgalmában. A növények a napsugárzás energiájának felhasználásával szerves anyagot állítanak elő a talajból származó tápanyagokból, a vízből és a levegő szén-dioxidjából. E folyamat – a fotoszintézis – során oxigén fejlődik, amely az élet számára nélkülözhetetlen. A megkötött napenergia a növények anyagában kémiai energiaként raktározódik el. Az elpusztult növények maradványai a talajba kerülnek, és ott részben humusszá alakulnak. Az energia így módon elraktározódva a talajban élő szervezetek anyag- és energiaforrása lesz.

Az egész Földre vonatkoztatva a fotoszintézis során óriási mennyiségű sugárzási energia kötődik meg. Jelenlegi energiaforrásaink közül a szén, a kőolaj és a földgáz főleg növényi eredetűek, emellett napjainkban rengeteg növényi anyagot használ fel az emberiség élelmezési és ipari célokra. Ezért valószínűnek látszik, hogy a jövőben is ez a talaj-növény energiátranzformátor-rendszer lesz a legfontosabb eszköz a napenergia földi hasznosításában.

A talaj képes a felszínre kerülő anyagokat megkötni, és hosszabb-rövidebb ideig raktározni. Közülük azoknak a felhalmozódása a legfontosabb, amelyek a növények számára tápanyagul szolgálnak. A Föld legtöbb pontján a csapadék eloszlása az év folyamán nem egyenletes, ezért nem folyamatos a növények vízellátása sem. Egyes helyeken özvízszerűen, egy-két nap vagy hét alatt esik le az egész évi csapadék, másutt pedig csupán télen esik az eső, nyáron szárazság van. Ezért olyan rendkívül lényeges a talaj víztartó képessége, amelynek köszönhetően a növények folyamatosan juthatnak vízhez.

Fontos a talaj mint támasztó közeg a növények, valamint a rajta és benne élő szervezetek számára. A talaj támaszt nyújt az ember és építményei számára is. Amikor épületeket emelnek, vagy utakat építenek, akkor a talaj tulajdonképpen megszűnik eredeti feladatának megfelelően funkcionálni. Ezért a lehető legkisebb területet kellene ilyen célokra igénybe venni, és – lehetőség szerint – az ipari létesítményeket is csak olyan helyekre kellene építeni, ahol a talaj termékenysége kicsi. A talajnak van egy új keletű funkciója is. A hétvégi telkek megművelése, a kertészkedés, visszavezeti az elvárosiasodott embert az élő természethez.

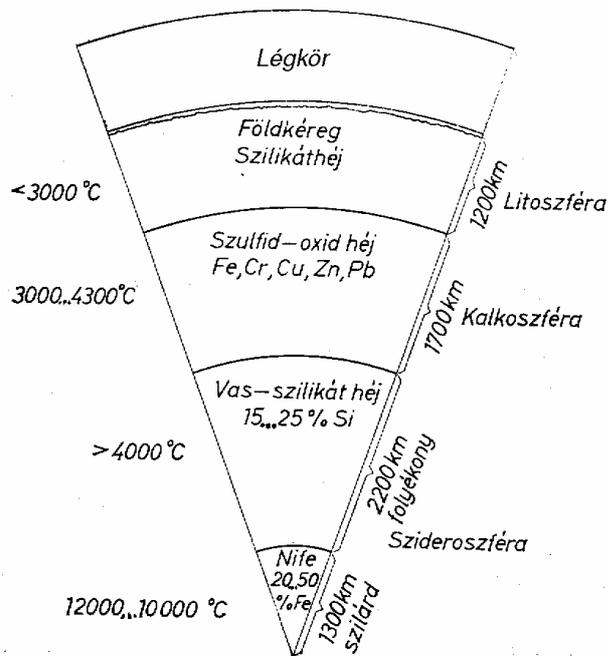
A talaj a természetben több tényező között kiegyenlítő szerepet játszik. A felszínről kisugárzott hő felmelegíti a környezetet, így csökkenti a napi középhőmérséklet-ingadozást. A rajta élő növények közvetítésével a talajt részt vesz a levegő szén-dioxid és oxigén-tartalma közti egyensúly fenntartásában, a mikroklíma kialakításában, valamint a párolgás és felmelegedés szabályozásában. Egyik legfontosabb feladata, hogy számos növény- és állatfaj számára biztosít életteret. Az emberi környezetre nézve lényeges tulajdonsága a tisztítóképesége. A rajta átszivárgó vízből különböző szennyező anyagokat megköti, ezért is fertőtlenítő és szűrő

szerepe van a felszínről leszivárgó szennyezett vizek tisztításában. Ez a tisztítóképessége azonban megszűnik, ha a szennyező anyagok túl sokáig vagy túl nagymértékben szennyeznek.

A szennyezés úgy is felfogható, mint egyes anyagok kiemelése a természetes körforgásból és feldúsulása valamely helyen. A szennyező anyagok a levegőben és a vízben csak lassan bomlanak le, és kerülnek vissza a körforgásba. A talajnak ezzel szemben óriási aktív felülete van, ezért anyagmegkötő képessége is jóval nagyobb, ezenkívül olyan mikroszervezetek élnek benne, amelyek a szennyezéseket lebontják. E folyamatok során az addig megkötött különböző szennyezések az anyagok körforgásában is megtalálható alkotórészekre bomlanak, és így módon a természetes körforgásban újra részt vesznek. Egyes, természetben elő nem forduló anyagok, pl. a PVC és a polietilén nem, vagy csak nagyon lassan bomlanak le, mert a lebontásukhoz szükséges mikroszervezetek hiányoznak.

## A föld

A 6000 km sugarú közel gömb alakú föld belseje nem homogén. A mintegy 1300 km sugarú közel 10000 C° hőmérsékletű mag körül különböző tulajdonságú héjak helyezkednek el (1.1 ábra). A föld szilárd kérgé a föld sugarához képest vékony 10-40 km vastag héj a felszínen. A kéreg a kontinensek alatt 30-40 km, míg az óceán alatti mintegy 10 km.



A föld felépítése

A földfelszín 1/3-át kitevő kontinensek évi néhány centiméterrel elmozdulnak egymáshoz képest. A mi térségünkben az afrikai kontinens kéreglemeze folyamatosan közeledve becúszik az európai lemez alá. Ez a mozgás kezdte felgyúrni 20 millió évvel ezelőtt az Alpokat és a Kárpátokat. Ez az emelkedés még ma is tart. A mozgás miatt a kőzetlemezekben feszültség keletkezik, amit az időszakonként felszabadul földrengést okozva. Ez a zóna jelenleg a Földközi-tenger vidékén van. A mozgások eredményeképpen hazánk területén jelentős mennyiségben tengeri üledékek is találhatóak.

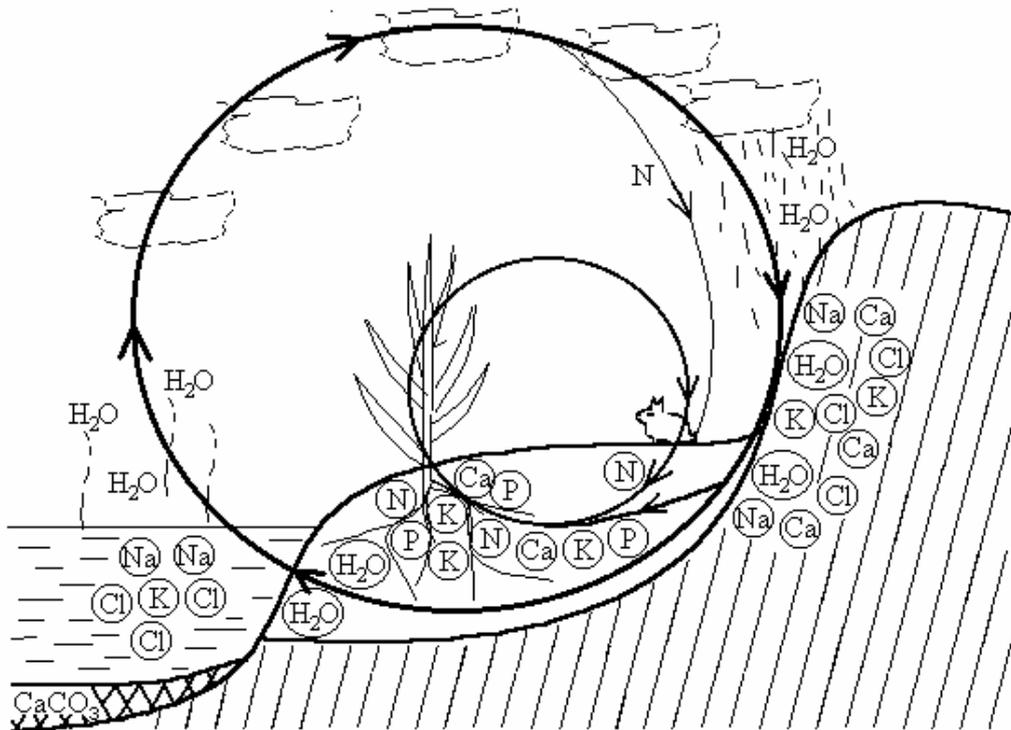
A földi élet lehetőségét jelentős mértékben az a mintegy 1000 km vastag légkör jelenléte biztosítja, amely a kívülről érkező sugárzások megsűrűsével, az energia megőrzésében, és az oxigén, a széndioxid, valamint a nitrogén szolgáltatásával pótolhatatlan szerepet tölt be.

## 1.2. Az elemek geológiai és biológiai körforgása

A Föld felszínén előforduló elemek átrendeződésében, vegyületeik mozgásában két körfolyamat ismerhető fel, az egyik geológiai, a másik biológiai jellegű. E két folyamat nem független egymástól, hanem a talajban egymással szorosan összekapcsolódva, egy időben megy végbe. Ezáltal a talaj az összekötő kapocs a kőzetek, a vizek, a légkör, valamint az élőlények között,

így a benne végbemenő folyamatok nem csupán helyi jelentőségűek, hanem a Föld egészének anyag- és energiaátalakulásait is befolyásolják.

A **geológiai körforgás** során a kőzetek anyaga fokozatosan elmállik, az oldható sókat a víz bemossa a talajvízbe, innen azok a folyókba, majd az óceánokba kerülnek. Ennek hatására a tengerfenéken különböző vastagságban üledékes kőzetek halmozódnak fel, mint pl. a mészkő és a dolomit. Idővel a kéregmozgások hatására a tengerfenék anyaga a felszínre jut, és az üledékes kőzeteken megindul a mállás, esetleg a talajképződés, majd megismétlődik az anyagok geológiai körforgása.



A tápelemek geológiai és biológiai körforgása

Az élet kialakulása után megindult a **biológiai körforgás** is. Az élőlények alkalmazkodtak a környezetükben lévő közeghez, és az életfolyamataikhoz szükséges tápanyagokat folyamatosan onnan veszik fel. Az élővilág fejlődése során, az élőlények közvetítésével ezért az elemek geológiai körforgásából jelentős anyagmennyiség került a biológiai körforgásba. Az idők folyamán a növények tápanyagai felhalmozódtak a kőzetmálladékban, amely ezáltal fokozatosan talajjá vált. Ekkor alakult ki a talaj legfontosabb tulajdonsága, a termékenysége.

A biológiai körforgás során a növények gyökereikkel felveszik a talajból a szükséges tápanyagokat, amit aztán testük anyagának felépítéséhez használnak fel. Elpusztulásuk után a talajba visszakerült maradványaik a mikroszervezetek hatására egyszerű anyagokra bomlanak, amelyek pedig ismét a magasabb rendű növények táplálékául szolgálhatnak.

A biológiai körforgást nemcsak az anyagok oldhatósága irányítja, hanem a talajban lévő élőlények tápanyagigénye is. Minél nagyobb mennyiségre van szükségük a növényeknek egy tápelemből, annál többet vesznek fel belőle, majd idővel annál több halmozódik fel a termőhely közelében.

A biológiai körforgásban résztvevő anyagok, amikor az élőlények testében tárolódnak, időlegesen kikerülnek a geológiai körforgásból. Ezáltal ezeknek az anyagoknak a tenger felé haladása lelassul. Az ember azzal, hogy a mezőgazdasági termékek jelentős részét városokban fogyasztja el, és anyagcsere termékeit a csatornarendszeren keresztül a folyókba üríti, meggyorsítja az élőlények számára fontos anyagok tengerbe mosódását. Hasonlóan gyorsítóhatású a műtrágya alapanyagok kitermelése és alkalmazása is.

## A talajok kora

A talajok képződése során eltelt időt két képzeletbeli órán lehet mérni. Az egyik az **abszolút kort** mutatja, vagyis azt, hogy hány év telt el a talajképződés kezdete óta. Ez az óra a talajon kívül méri az időt. A Föld felszínén különböző időpontokban kezdődött a talaj kialakulása. Azokon a területeken, amelyeket a jégkorszak végéig jégtakaró fedett, csak annak visszavonulása után, tehát viszonylag későn indult meg a képződési folyamat. E talajok abszolút kora kb. 10.000 év, míg a szárazföldek kialakulása óta jégmentes trópusi vidékek talajai több millió évesek is lehetnek. A magas hegységekben a visszahúzódó gleccserek nyomán pedig napjainkban, szinte a szemünk láttára indul meg a talajképződés.

A másik óra a **relatív kort** méri. Ez az óra magában a talajban van, nem években mutatja az időt, hanem azt jelzi, hogy az azonos idő alatt kialakult talajok milyen fejlődési állapotig jutottak el. Ennek az órának a nulla időpontja az érintetlen anyakőzet állapota. A relatív kor az anyakőzethez viszonyított változást, differenciálódást, a genetikai szintek kialakulását fejezi ki. Fiatal az a talaj, amelyben valamely talajtípus tulajdonságainak csupán az első jelei mutatkoznak meg, kifejlődött pedig az, amelyben a talajtípus genetikai szintjei már jól elkülönülnek. Előfordulhat, hogy egyes tulajdonságok vagy az anyakőzet sajátosságai jelentősen hátráltatják a talajtípus kifejlődését. Ha pl. egy talaj kalcium-karbonátot tartalmaz, akkor a savanyú közeget igénylő végbemenő kilúgozás csak lassabban indul be, mint a hasonló éghajlati viszonyok mellett kalcium-karbonátot nem tartalmazó talajon. A kalcium-karbonátnak ugyanis először el kell bomlania ahhoz, hogy a talaj savanyú kémhatású legyen, ez pedig meglehetősen időigényes folyamat.

A talajképző tényezőknek hatásuk kifejtéséhez tehát időre van szükségük. A folyók hordalékán képződő ún. öntéstalaj esetében az erodálódott talajfelszínen vagy a futóhomokon nem volt elegendő idő arra, hogy valamely talajtípus kifejlődjön. Általában néhány száz, illetve néhány ezer esztendő szükséges ahhoz, hogy a talajképző tényező hatása alatt álló talajok környezetükkel egyensúlyba kerüljenek. Ennek az egyensúlynak a kialakulása trópusokon esetleg már néhány évtized alatt is megtörténhet.

Általában nem lehet pontosan megjósolni, hogy a Föld valamely pontján mennyi idő szükséges egy új talajtípus létrejöttéhez. Azt viszont tudjuk, hogy egy kialakult talajtípus addig maradhat fenn, ameddig a talajképző környezeti tényezők változatlanok maradnak.

A megművelt talajokon a művelés kezdetétől fogva fokozatosan csökken a szervesanyag-tartalom. Az eleinte gyors, majd egyre lassuló változás 100–200 évig is tarthat. Ennyi idő szükséges ahhoz, hogy az emberi tevékenységgel és a természet erőivel egyaránt egyensúlyban lévő új állapot kialakuljon.

Ha az erózió lepusztítja a talaj humuszos anyagát, akkor megszűnnek az addigi talajképződés eredményei, és a megfiatalodott talajfelszínen új folyamatok indulnak meg. Ekkor a talaj relatív korát jelző óra visszaáll a nullappontra. Nemcsak a természet erői képesek megváltoztatni egy elért fejlődési állapotot, hanem az emberi tevékenység is. Így a talajok mélyművelése során összekeverednek a genetikai szintek, a meszezés pedig csökkenti a talaj savanyúságát. Mindkét beavatkozás tulajdonképpen egy korábbi fejlődési állapotába juttatja a talajt,

ezzel az ember visszaállítja a talaj korát jelző órát. Az ellenkezője is előfordulhat: savanyító hatású műtrágyák rendszeres használatakor a talajok rohamosan elsavanyodhatnak, ami olyan következményekkel jár, mintha megnőtt volna a kilúgozás sebessége. Az emberi tevékenység ebben az esetben meggyorsítja a talaj következő fejlődési állapotának kialakulását, vagyis előbbre állítja a benne lévő képzeletbeli órát. Az ember a talajjavítással a talajt a számára kívánatos korábbi vagy jövőbeli fejlődési állapotba viheti, esetleg egészen más irányú fejlődési pályára állíthatja. Az így elért fejlődési állapotot azonban a változatlan talajképző erők ismét az eredeti állapot felé térítik vissza. Így szűnik meg pl. előbb-utóbb a meszezés hatása, a talajjavítás során ugyanis a talajba juttatott kalciumionok is kimosódnak idővel a talajból.

### 1.3. Talajképző tényezők

A talaj különböző természeti tényezők, az ún. talajképző tényezők kölcsönhatásának eredménye. E tényezők azonban nagyon különböző mértékben vesznek részt az egyes talajok kialakításában, összjátékuknak sokféle kombinációja lehetséges, ez pedig sokféle talaj képződéséhez vezet. A talajszelvény a tükre azoknak a hatásoknak, amelyek a talajt létrehozták.

A következő fő talajképző tényezőket különítjük el: éghajlat, növényzet, anyakőzet, domborzat és talajvízhálózat, a talajképződés időtartama (ezzel korábban már foglalkoztunk) és az ember tevékenysége.

**Az éghajlat.** Közismert, hogy a nagy éghajlati övek változásának megfelelően változnak a növényzeti övek is. A sivatagi övet észak felé a félsivatag, majd a száraz mezőség váltja fel, azután a nedvesebb mezőségek következnek. Ezeket a még több nedvességet igénylő lomb-, majd fenyőerdők öve váltja fel, végül a sorozatot északon a tundra öve zárja le. A növényzeti öveknek ezt a szabályszerű váltakozását a hegylancok és az óceánok közelsége megzavarja, csak az eurázsiai földrész középső részén, a nagy orosz síkságon és Szibéria nyugati felében nem érvényesülnek ilyen hatások. Ezért nem meglepő, hogy az éghajlatnak és a növényzetnek a talaj kialakulásában játszott szerepét először az orosz talajkutatók ismerték fel. Tőlük származnak az éghajlati és a növényzeti öveknek megfelelő talajövek jellegzetes talajainak elnevezései.

A különböző éghajlati övek alatt eltérő módon mállanak a kőzetek, ami természetesen a talajképződésre is kihat. Az egyes éghajlati tényezők közül a csapadék és a hőmérséklet van a legnagyobb hatással a talajképződésre. A csapadék a feltalajból többé-kevésbé kimossa az alatta lévő rétegekbe a sókat, a tápanyagokat és az egyéb mállástermékeket. A hőmérséklet pedig a párolgás mértékét szabályozza, és ezzel döntő tényező többféle talaj kialakításában.

**A növényzet.** Egy adott területen mindig az éghajlatnak és más környezeti feltételeknek megfelelő növényzet alakul ki, amely ott és addig díslik, ameddig a feltételek olyan mélyrehatóan nem változnak meg, hogy az már a növényzet megváltoztatását is maga után vonja. Ezzel egyidejűleg a kialakuló talaj a növényzetnek megfelelő saját jelleget ölt. Ilyen értelemben beszélhetünk fenyő-, bükk-, tölgyerdő, rét, és füves mezőség alatt képződött talajokról.

A növényzet föld feletti része elsősorban talajtakaróként hat. A talaj élő takarója a szél hűtő, melegítő és szárító hatása ellen, tehát a talajfelszín kiszáradása ellen nyújt védelmet. Úgy is mondhatjuk, hogy szabályozza a nedvesség- és hőmérsékletviszonyokat. A csupasz felszín a talajt hajszalcsövein keresztül távozó víz kiszárítja. Ezt a zárt növénytakaró megakadályozza, főként azért, hogy hátráltatja a felszín felmelegedését, így a talaj és a növénytakaró között páratelt a levegő. Természetesen nemcsak a csupasz, fedetlen talaj, hanem a növénytakaróval fedett talaj is szárad, mégpedig a növénytakaró jellegétől függően más és más mélységben.

Így pl. a mélyen gyökerező fák alulról szárítják a talajt, míg a fűvek inkább a felszínhez közel. Annak pedig, hogy a növények gyökerei milyen mélységből szívják el a vizet, jelentős a hatása a talajképződési folyamatokra.

A növényzet föld alatti részei, a gyökerek hatására a talaj fellazul, és ezáltal szellőződik. A finom eloszlású hajszálgökök ugyanis megakadályozzák, hogy a talajrészecskék összetapadjanak, illetve az összetapadt részecskéket megbontják. Jól látható a gyökerek lazító hatása, ha a mézőn kiemelünk egy gyepetglát. Ez teljesen át van szöve gyökerekkel, szerkezete tökéletesen morzsalékos. A növényi gyökerek a talaj mélyebb rétegeiből is vesznek fel tápanyagokat, így bevonják azokat is az anyagok biológiai körforgásába. Az elhalt növényzet föld feletti és föld alatti részei szolgáltatják a talaj szerves anyagának zömét.

**A talajképző kőzet.** Néha a talajképző kőzet nyomja rá legjobban a bélyegét a kifejlődő talajtípusra. Ilyenek a közethatású talajok. Sok esetben termelnek pl. szőlőt olyan köves vagy murvás vázталajon, amelyet nehéz volna valamilyen típusba sorolni, emiatt csak a talajképző kőzetet szokták megnevezni. Az egykori agrogeológiai talajosztályozás is ennek alapján készült, és csak gránit-, bazalt-, homokkő-, mészkő-, dolomit-, agyagpala- és lösztalajokról beszéltek. Sokkal kisebb a talajképző kőzet szerepe a hatalmas területeket beborító – éghajlati öveknek megfelelő – zonális talajok esetében, itt ugyanis különböző alapkőzeteken azonos típusú talajok alakultak ki.

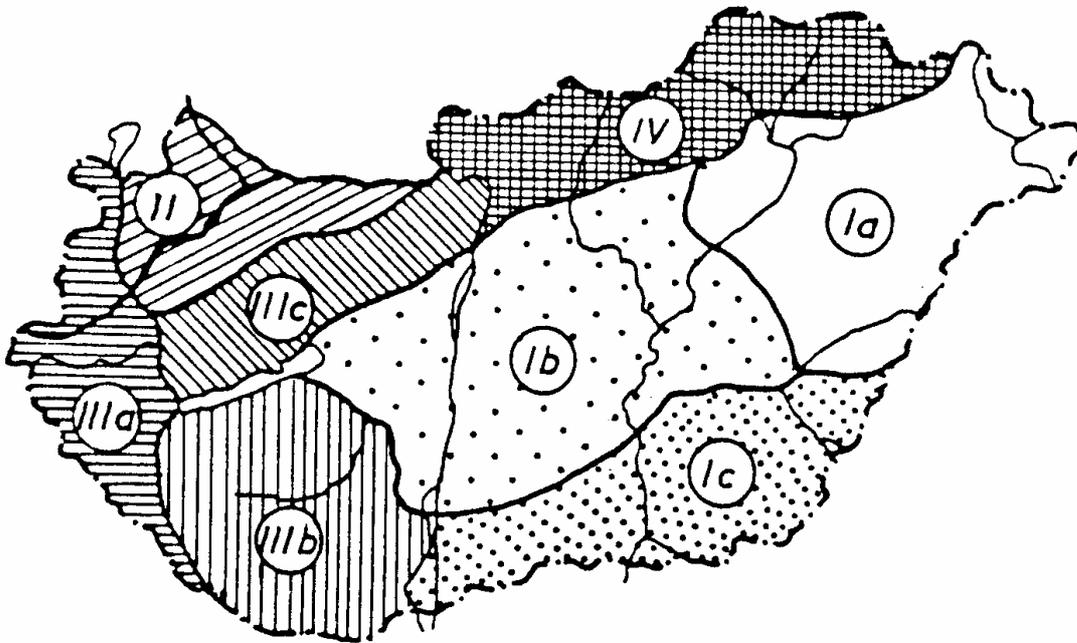
**A domborzat.** Az Egyenlítővel párhuzamos talajzonalitás mellett létezik a hegyvidékeken – a magassági szinteknek és terület fekvésének megfelelő – függőleges zonalitás is. Ez azt jelenti, hogy a nagy éghajlati öveknek megfelelő talajövek itt néhány ezer méteren belül előfordulnak. A Kárpátokban pl. 100–700 m magasság között a tölgyesek alatt agyagbemosódásos barna erdőtalaj, 700–1100 m között a bükkösök alatt podzolos barna erdőtalaj, 1100–1700 m között a fenyvesek alatt hegyipodzol, 1700–2000 m között a törpefenyők alatt alhavasi réti podzol, 2000–2200 m között havasi réti talaj, 2200 m-től pedig növényzet nélküli köves vázталaj alakul ki.

A domborzat talajképző hatása egyéb módon is megnyilvánul. A hegységek déli lejtőin a merőlegesen beeső napsugarak miatt a felszín erősen felmelegszik és kiszárad, ezért itt olyan talajok keletkeznek, mint amelyek a területtől délre fekvő melegebb és szárazabb övekre jellemzőek. Az északi lejtők talajai pedig a hidegebb és nedvesebb öv talajaival azonosak. A domborzat határozza meg a talajeróziós folyamatoknak leginkább kitett területsávokat és a hordalék lerakódásának helyét is.

**Talajvízhálózat.** Néha a talajvíz nyomja rá igen erősen a bélyegét a kifejlődő talajokra. Talajvízhatású talajképződéssel akkor kell számolni, amikor a talajvízszint 4 m-nél közelebb van a felszínhez. A talajvíz szintje fölött ugyanis – lazább talajokban 2 m-ig, a kötöttebb talajokban 3–4 méterig is – nagyobb a nedvesség az ún. kapilláris zónában. A talajvízszint időszakosan emelkedhet vagy süllyedhet, és ez az ingadozása lehet kedvező és kedvezőtlen. Kedvező akkor, ha időnként eléri a gyökérszóna alját, és nem sós. Kedvezőtlen akkor, ha az egész gyökérszónát átitatja, így levegőtlené teszi. A talajvízszint emelkedésével kapcsolatos talajképződési folyamatot rétiesedésnek nevezik. Ha a talajvíz szintje eléri a felszínt, láposodás, tőzegképződés következhet be. A talajvíznek a felszíntől való távolsága és sótartalma, valamint a klíma szabja meg pl., hogy réti vagy szikes talajok képződnek-e. Csernozjomtalaj alatt a talajvízszint általában 4 m-nél mélyebben, réti talaj alatt 0,5–3,0 m között, láptalaj esetében 0,5–1,0 m között húzódik.

Napjainkban sem lebecsülendő a felszíni vizek (folyók, patakok) hatása a talajképződésben: az ártereken gyarapítják, másutt pedig – erózió útján – csökkentik a talajok felületét.

**Az ember szerepe.** Az emberi tevékenység mindenkor módosítja a talajképződésben érvényesülő természeti tényezők hatását, mégpedig annál nagyobb mértékben, minél fejlettebb egy társadalom. Tudatos és helyesen átgondolt beavatkozással a termékenység megőrizhető, illetve növelhető, a hibás gazdálkodás ezzel szemben csökkenti a termékenységet, sőt meg is semmisítheti a talajt.



## Magyarország éghajlati körzetei

- I. **Nagyalföld és a Mezőföld.** A területre a bő napfényellátottság, a nagy hőmérsékleti ingás, a tavaszi, őszi időszakban gyakori fagyveszély jellemző. Kevés a csapadék, alacsony a levegő páratartalma, mikro-és mezoklimákban szegény a terület. Döntően a szárazföldi hatások érvényesülnek. Az egyöntetű éghajlatú terület három alkörzetre osztható, ahol valamelyik meteorológiai állapotjelző szélsőséges alakulása a jellemző. Az I/a körzet, a Tiszántúl észak-keleti része a legzordabb hőmérsékletű területe hazánkban. Itt alakulnak ki a legalacsonyabb téli hőmérsékletek az itt legerőteljesebben érvényesülő szárazföldi hatás miatt. Az I/b körzet, a Duna-Tisza köze középső területe, továbbá a Mezőföld vidéke a legszárazabb. Csapadékban nagyon szegény terület, az aszály által leginkább, és a leghosszabb időn át sújtott terület. A tényleges párolgás mindig alatta marad a potenciális párolgás lehetőségéhez képest. Az I/c körzet a Duna-Tisza köze déli része a legforróbb nyarú terület, ugyanis a legtöbb napsütésben részesül, illetőleg a nyári időszakban a mediterrán hatások is érvényre jutnak.
- II. **Kisalföld.** Az alföldhöz képest kevesebb napsütés, erőteljes óceáni hatás együttes érvényesülése eredményeképpen mérsékelt hőmérsékleti értékek, csekélyebb napi és évi ingások jellemzők. A csapadék és a levegő páratartalma magasabb az Alföldön mérhetőhöz képest. Bár a nyári csapadék itt is szűkös, de a téli időszakban bőségesebb, illetőleg a hóviszonyok kiegyenlítették. A több felhőzet és a magasabb páratartalom mérsékli a fagyveszélyt és az aszály kialakulását.

- III. **Dunántúli dombvidék.** Az óceáni légtömegekkel erre a területre jut a legtöbb pára és felhőzet, ezért itt az országban e legtöbb csapadék. A csapadék egyenletes, nagy a hóbőség, ismeretlen a területen az aszály Hőmérsékleti szempontból még a Kisalföldnél is kisebb napi és évi ingások a jellemzőek a csekély napfényellátottság és a sok felhőzet miatt. Az ország területén itt a legkisebb a fagyveszély. Domborzati szabdaltsága miatt a terület gazdag mikro- és mezoklimákban. A területen belül elkülöníthetőek alkörzetek. A III/a körzet az Alpokalja, az Órség, az ország délnyugati területei részesülnek a legbővebb csapadékban. Az Alpokalja esetében a meglévő óceáni hatásokat az Alpok közelségéből eredő felhő és páranövekmény csak növeli, míg az Órség és Zalai-dombvidék déli területei esetében a tenger közelsége is szerepet játszik a jelentős mennyiségű csapadékban. A II/b körzet, a Balatontól délre eső területek vonatkozásában az egész évben jelentkező erőteljes mediterrán hatás a legjelentősebb. Nyáron száraz, meleg, télen enyhe és nedves a klíma. Itt a legrövidebb a fagyos időszak, különösen jelentős ez a Mecsektől délre eső vidékeken. A III/c körzet, a Balatontól északra eső területek (Bakony-Vértes-Dunazug hg.) közepes csapadékelátottság, hűvös nyár és enyhe tél jellemezte klímával.
- IV. **Északi hegyvidék.** A domborzat eredményezte függőleges hőmérsékleti tagozódás, közepes napfényellátottság, magas páratartalom a jellemző a területre. A hőmérsékleti ingások nem nagyok, jelentősek és tartósak a légmozgások, mérsékelt a fagyveszély. Összességében elmondható, hogy a különböző égtájú hegyoldalak változatos elhelyezkedése bőséges mikro-és mezoklimák forrása, így ebben a tekintetben az ország legváltozatosabb területe.

## 2. A növények kémiai összetétele és minősége

A növények két fő alkotórésze a víz és az ún. szárazanyag. A különböző növényi részekben különböző a víztartalom. Legtöbb vizet a fiatal, élettanilag aktív növényi szervek tartalmazzák, legkevesebbet a növényi magvak. A növények víztartalma ezenkívül függ a környezeti tényezőktől is. A nagy víztartalom általában minőségrontó tényező. A szemes-termények tárolása különösen csapadékos betakarítási időszakban szárítást igényel. A víztartalmat az áru átvételekor is ismerni kell, hiszen nagyobb víztartalom esetén a termés fölös víztartalmát is terményárban fizetheti meg a vevő. A víztartalom súlyállandóságig történő szárítással határozható meg.

Néhány kultúrnövény, illetve növényi rész víztartalma.

<i>Vegetatív részek</i>		<i>Húsos termékek</i>	
Gabonafélék (levél, szár)	75–90%	Tök, uborka	85–95%
Füfélék, pillangósok (levél, szár)	75–90%	Gyümölcs, szőlő, földieper	80–85%
Cukorrépa gyökér, levél	75–80%	<i>Száraz termékek, magvak</i>	
Burgonyagumó	75%	Kukoricaszem	12–25%
Gabonaszalma, kukoricaszár	14–15%	Gabonaszem	12–15%

A szárazanyagon belül további két alapvető alkotórészt különböztetünk meg: a szervesanyag-tartalmat és a szervetlen-, vagy másképpen hamualkotórészeket. A szárazanyag túlnyomó többségét, mintegy 90%-át szerves vegyületek teszik ki, a hamualkotórészek aránya ennek megfelelően kicsi.

A hamutartalom legnagyobb a levelekben és egyéb vegetatív részekben. Kisebb a gumós termékek és magvak hamutartalma. A termékek összetétele állandóbb, mint a vegetatív részeké.

A szerves vegyületek, vegyületcsoportok egy része minden növényben megtalálható, ilyenek a szénhidrátok, zsírok, foszfatidok, fehérjék. Egyes növények tartalmazhatnak specifikus, sajátos vegyületeket, mint pl. az alkaloidok, terpének.

Mennyiségileg legjelentősebbek a szénhidrátok, a fehérjék, a zsírok, ezek szerkezetalkotó és egyben tartalék anyagok is. Sokkal kisebb mennyiségben fordulnak elő, de igen fontosak a foszfatidok, a vitaminok és a klorofill. Legkisebb mennyiségben vannak jelen az élettani folyamatokat szabályozó enzimek, vitaminok és hormonok.

A következő táblázatban megfigyelhető, hogy a gabonafélék és a hüvelyesek szemtermésében nagy a szénhidrát-tartalom, s ennek nagy része keményítő. Jelentős a burgonya keményítő-tartalma is. A cukortartalom közismerten legnagyobb a cukorrépában és a különböző gyümölcsökben. A cellulóztartalom a természetű növények főtermésében általában nem több néhány százaléknál. A rostonövényekben, szálakarmányokban és szalmában ezzel szemben lényegesen több cellulóz halmozódik fel.

A zsirtartalom jelentős a szójában, a napraforgóban és más olajosmagvú növényben, a többi növény termésének zsirtartalma lényegesen kisebb.

A fehérjetartalom legnagyobb a pillangósvirágú hüvelyesek és a napraforgó termésében. A gabonafélék fehérjetartalma is jelentős, a többi növényé pedig viszonylag alacsony.

### Néhány növény fő termésének átlagos kémiai összetétele (a nyers anyag %-ában)

Növény	Szénhidrátok			Zsiradék	Fehérje
	cukrok	keményítő	cellulóz		
Búza	3	58	3	2	15
Kukorica	3	65	2	4	9
Borsó	6	40	5	1	25
Szója	8	3	5	20	35
Napraforgó	5	2	5	50	25
Burgonya	1	16	1	0.1	1
Cukorrépa	18	–	1	0.1	1
Alma	12	–	1	0.1	0.3

## 2.1. A növények tápelemtartalma

Makroelemeknek tekintjük azokat a tápelemeket, melyek 0,1%-nál nagyobb mennyiségben fordulnak elő a növény szárazanyagában és mikroelemeknek azokat, melyek ennél kisebb mennyiségben találhatók.

**Makroelemek:** C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg.

**Mikroelemek:** Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B.

A viszonylag kis mennyiségben előforduló mikroelemek élettanilag ugyanolyan fontosak, mint a makroelemek.

A nemfémes elemek csoportjába tartoznak a C, H, O, melyek a szerves vegyületek legfontosabb építőkövei. A csoportban található többi elemnek is a szervesanyag felépítésében van szerepe. Ilyen a N és a S, amely a nitrát és szulfát redukciója után atomos kötéssel épül be a szénláncokba, továbbá a P, a B és a Si, amely foszfát, borát, szilikát alakban épül be. Ez utóbbi szeretlen csoportok nem redukálódnak, hanem észterkötést képeznek a különböző szerves vegyületek, különösen a cukrok –OH csoportjával. Míg a C, O és H a vázanyagokat: cellulózt, lignint és pektint épít fel, a N, P és S az anyagcsere-folyamatokban jut szerephez. A proteinek és proteidek fontos építőkövei.

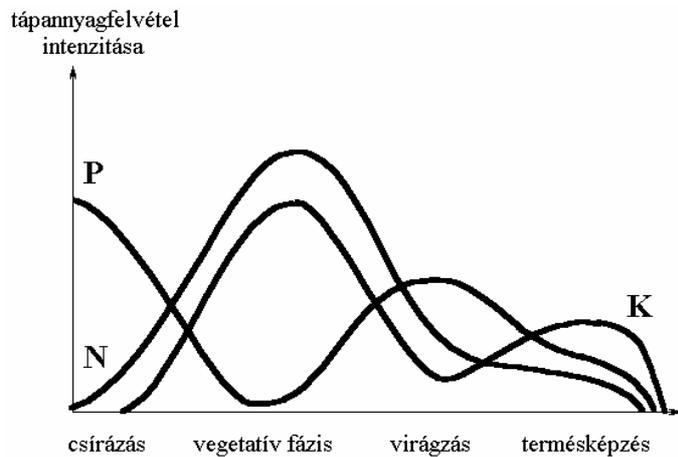
Az alkálifémek és az alkáliföldfémek elemei túlnyomórészt ionos állapotban vannak jelen a növényben. Ezeket az elemeket a növény kationként veszi fel és feltehetőleg így is szállítja. Elsősorban a szerves vegyületek negatív töltéseinek lekötése a szerepük. Az alkálifémionok és az alkáliföldfémek ionjai nincsenek erősen a szerves anyaghoz kötve, egymást kiszoríthatják a helyükről. Jelentős hatásuk van a plazma duzzadási állapotára. A Mg enzimaktivátorként jelentős szerepet tölt be a foszforilálási folyamatokban, kötést hoz létre az enzimfehérje és a koenzim között.

A nehézfémek az alkáliionokkal ellentétben igen erősen kötődnek a szerves anyaghoz, illetve kelát formában beépülnek abba. Legszembetűnőbb tulajdonságuk kifejezett hajlamuk a fémkomplekképzésre. Feltehető, hogy a kelátok a nehézfémek felvételében és szállításában jelentős szerepet játszanak. A nehézfémek többnyire enzimaktivátorként fejtik ki hatásukat.

A növények tápelemtartalma változik a korrallal. A fiatal növény sok nitrogént, foszfort, káliumot igényel, melyek közül a nitrogén és foszfor gyorsan beépül a szerves vegyületekbe. A fokozott szervesanyag-termelés, a fotoszintézis csak a vegetatív rendszer – elsősorban a levelek – teljes kifejlődése után indul meg. A fiatal növényi részek mindig több ásványi anyagot és nitrogént tartalmaznak, mint az idősebbek, vagyis a tápanyagfelvétel megelőzi a

szervesanyag-képződést. A növényi szervezet a tápanyagok felvételével teremti meg a feltételeket a fotoszintézishez, amelytől a termés nagysága függ.

A növények tápanyagigénye a tenyészidőszak különböző szakaszaiban elemenként is eltérő. A nitrogént elsősorban a vegetatív fázisban igényli a növény. A foszfor felvételében két maximum figyelhető meg: a fejlődés kezdeti szakaszában a gyökérbénahez, a reprodukív szakaszban pedig a virág- és magképződéshez szükséges nagyobb mennyiségű foszfor. A káliumigény nagy a vegetatív fázisban, amikor a levéltömeg kialakulásában és a szénhidrátképzésben, illetve a reprodukív fejlődési szakaszban a tartalék anyagok képzésében vesz részt.



## 2.2. A tápelemek élettani jelentősége

A **nitrogén** az aminosavak, a fehérjék, a nukleinsavak és a nukleotidok, valamint a klorofill alkotórésze. Mint az életműködést szabályozó enzimek alkotórésze, nélkülözhetetlen az anyagcsere-folyamatokban.

A növény elsősorban nitrát- és ammóniumion formájában veszi fel a N-t. A N nagy részét a gyökerek veszik fel, de felvehetik a levelek is, a karbamid felvételére elsősorban így kerülhet sor. A szerves formában felvett N gyorsan átalakul szerves N-vegyületekké. A N-vegyületek mozgása a növényben zavartalan, éppen ezért a N-hiány elsősorban idősebb leveleken tapasztalható, mivel ezekből hiányos N-ellátás esetén a N átvándorol a fiatalabb zöld részekbe.

A nitrogénhiány csökkent növekedéssel és fehérjéképződéssel jár együtt. A magvak korábban érnek, de aprók, így kisebb lesz a szemtermés. A nitrogénhiány hiánytünetek formájában is észlelhető: a levelek fakó, világossárga színűek, esetenként vöröses színárnyalat is megfigyelhető.

A nitrogén túladagolása fokozott vegetatív fejlődést, kései érést idéz elő gabonáknál, dőlési veszélyt okoz. A nagy N-adagok egyes kultúráknál kedvezőtlenül hatnak a termék minőségére.

A **foszfor** létfontosságú sejtalkotó részek, a nukleoproteidek és a foszfolipidek építő eleme. A lecitin pl. nélkülözhetetlen alkotója a különböző sejtmembránoknak. A DNS és RNS alkotó elemeként részt vesz az életfolyamatok szabályozásában. Az ATP és az ADP alkotórészeként fontos szerepet játszik a növények energiaháztartásában. A P a növényekben ortofoszfát vagy pirofoszfát kötésben van jelen.

Foszforhiány esetén a növények rosszul fejlődnek, elmaradnak a növekedésben és merev tartásúak lesznek. A szárrészek vékonyak, a gyökerek rosszul fejlődnek és a gabonaféléknél a bokrosodás mérsékelt. A P hiánya a növekedést és gyökér fejlődést tekintve hasonló a N hiányhoz. Fontos megkülönböztető jegy a levelek elszíneződése P-hiányban: kékes zöld, tompa zöld, illetve piszkos zöld szín alakul ki, esetenként vöröses árnyalatok is megfigyelhetők antocián képződés következtében. A növény az idősebb leveleket sok esetben idő előtt

elhullajtja. A P hiányos táplálkozás mindig negatívan hat a virág- és termés képzésre. Gyümölcs- és gabonaféléknél jelentős termés csökkenést okozhat. A gabonánál különösen fontos, hogy a vegetációs időszak végén, vagyis a szemképzés idején megfelelő mennyiségű P álljon rendelkezésre. Hiánya esetén csökkent fehérje szintézis figyelhető meg különböző kultúrnövényeknél.

A növény anyagcsere-folyamataiban a **kálium** számos funkciót lát el. Az enzimekre szerkezetstabilizáló és aktiváló hatást fejt ki, szerepe van a fehérjeszintézisben és szénhidrátok képződésében. A jó K-ellátás fokozza a fotoszintetikus aktivitást. Kedvező hatást gyakorol a növények vízháztartására, fokozza a növények fagyálló képességét. A kálium nem épül be a növény szerves vegyületeibe. A plazmafehérjékhez lazán kötve és részben szabad ionok formájában van jelen a sejtnedvben, így fejt ki szabályozó hatását. A K mozgékonyága a növényben jó. Elsősorban az aktív anyagcserehelyekre vándorol, így a levelekbe és a merisztémás szövetekbe. Fiatal levelekben általában nagyobb a K-koncentráció, mint az idősebbekben.

Rossz K-ellátás esetén, száraz időben hervadási tünetek figyelhetők meg. A levelek ernyedtek és a levélszélektől kiindulva világoszöld foltok keletkeznek, melyek a hiány fokozásával megbarnulnak.

A **kalcium** szervetlen és szerves sók alakjában, valamint ionos formában oldatban, illetve a plazmakolloidokhoz kötve található a növényben. Elősegíti a hosszirányú növekedést és a sejtszaporodást a merisztémás szövetekben. Különösen a sejtmelegnyúlásra, differenciálódásra fejt ki hatást. Fontos szerepet játszik a sejtfaalak középlemezeiben, a pektin stabilizálásában. A sejtmembránok szerkezetét nagymértékben befolyásolja és az áteresztőképességét csökkenti, ellentétben a káliummal. Az enzimek aktivitásában kevésbé jelentős a szerepe. A plazmakolloidokon adszorbeált kalcium zsugorító hatást fejt ki és a többi kationnal együtt szabályozza a kolloidok állapotát. Kedvezően hat a gyökernövekedésre.

A Ca-hiány tünetei a funkciónak megfelelően legelőször a legfiatalabb, még differenciálódó szervekben jelentkeznek, pl. gyökerekben, hajtáscsúcsokon, fiatal leveleken. A gyökereken szövetelhalás, barnulás figyelhető meg. A levelek rendszerint kisebbek, deformáltak, csúcsaik és széleik kanalasán felkunkorodnak. A levélszélektől kiindulva klorózis lép fel, a klorotikus leveleken barna foltok képződnek. Az elváltozásokat gyakran az erek barnulása előzi meg a még zöld levélszövetben. A levelek a csúcstól az alap felé húzódnak elhalnak.

A **magnézium** mint a klorofill alkotórésze jelentős szerepet tölt be az asszimilációs folyamatokban. A Mg-tartalom nagyobb része ionos állapotban szabadon, illetve a plazmafehérjéhez kötve fordul elő a növényben. Mint enzimaktivátor specifikus funkciókat lát el, elsősorban a foszforilálási folyamatokban.

A Mg-hiány elsősorban az idősebb leveleken észlelhető klorózis formájában. Fakósárga foltok vagy csíkok képződnek a levélerek közötti levélfelületen. Gabonaféléknél és füveknél a világoszöld levélfelületen sötétzöld gyöngyfüzéryszerű klorofill-felhalmozódás látható. A kukoricánál a levelek csíkozottsága jellemzi a Mg-hiányt.

A **kén** a kén tartalmú aminosavak építőeleme, a peptidok, a fehérjék és lipidek alkotórésze. A kén tartalmú vegyületek élettanilag fontos redoxirendszereket képeznek.

Európában a savas esők miatt a kénhiány ritka. A keresztesvirágúaknak így a repcének is viszonylag nagy S-igényük van. A pillangósvirágúak viszonylag nagy fehérjetartalmuk következtében nagyobb S-igényűek.

A kénhiány tünetei a nitrogénhiány tüneteihez hasonlóak. A nitrogénhiánytól eltérően a kénhiány a legfiatalabb leveleken figyelhető meg, mivel a növényben kevésbé mozgékony. A kénhiányos növényeknek kicsi a fehérjetartalma is.

A **vas** szerepe a növények anyagcseréjében a vegyértékváltozáson alapszik. A vastartalmú enzimek, működése az elektronfelvételen és leadáson keresztül érvényesül. A vas ennek következtében nélkülözhetetlen a légzés, az energia-anyagcsere, a fotoszintézis és a fehérjeképzés folyamataiban. A növény a vasat  $Fe^{2+}$  - és  $Fe^{3+}$  - ion vagy kelát (szerves komplex) formájában veszi fel.

A Fe-hiány klorotikus tünetekkel jár. A klorózis mindig a fiatal leveleken lép fel, világoszöld, sárga és fehér foltok formájában.

A **mangán** a növényi anyagcsere-folyamatokban mint enzimaktivátor a magnéziumhoz, illetve vashoz hasonló funkciót tölt be.

A **réz** specifikus élettani hatása kis ionátmérvőjével, viszonylag nagy atomtömegével, változó vegyértékével és komplexképzési hajlamával magyarázható. Olyan enzimek alkotórésze, melyek részt vesznek a légzési anyagcserében és az elektrontranszportban. Szerepe van a fotoszintézisben, valamint a szénhidrát- és fehérjeszintézisben is. Hiányában a klorofil elbomlik, ezért az egyébként zöld növényi részek kifehérednek.

A rézhiány a gabonaféléknél a levélcúcsok fehéredésével kezdődik, keskeny, összesodródott levelek képződnek. Az ilyen növényeken hiányos buga-, illetve kalászképződés figyelhető meg.

A **cink** az auxintermelés serkentése révén a Mn-nal kölcsönhatásban szabályozza a növények növekedését.

A legismertebb Zn-hiánytünetekhez tartozik az almafák törpeszártságúága. A Zn-hiányos gyümölcsfák többnyire gyér lombzatúak, kis lándzsa alakú levelek képződnek, gyakran rozettaszerű elrendezésben.

A **molibdén** katalitikus hatása Mo(V) Mo(VI) vegyértékváltozáson alapszik. A nitrátreduktáz enzimek fémkomponense, melynek a növények N-ellátásában és a fehérje-anyagcserében van fontos szerepe.

A **bór** az egyetlen nemfémes elem a nélkülözhetetlen mikroelemek között. Elsősorban szénhidrátképzésben és az asszimilációs folyamatokban játszik fontos szerepet.

### 2.3. Tápelemek hatása a termés minőségére

Az ételminiszeripari, takarmányozási és ipari felhasználás szempontjából döntő jelentőségű a termények szénhidrát-, fehérje-, zsír- és ásványianyag-tartalma, valamint a vitamintartalom. A minősítés során általában ezeket a tulajdonságokat vizsgálják.

Általánosságban elmondható, hogy a bőséges nitrogénellátás fehérjeképződést, a jó káliumellátás a szénhidrát képződést segíti elő.

A nitrogéntrágyázás megfelelő adagban és időben alkalmazva a termés mennyiségét és minőségét egyaránt kedvezően befolyásolja. A nitrogén trágyázás hatása gabonánál nagymértékben függ a trágyázás időpontjától.

A **cukorrépa** termését a N-trágyázás növeli, a N-felesleg azonban kedvezőtlen hatású, mivel a nagyobb termésben általában kisebb a cukortartalom. A N-felesleg hatására nő a répa fehérjetartalma, ami akadályozza a cukor kinyerését. A jó cukorrépaterméshez a pontosan kiszabott N-adagok mellett megfelelő mennyiségű foszfor és kálium szükséges. Cukorrépánál bórhiány esetén a száraz- és szívrothadás figyelhető meg.

N-trágyázással jelentősen növelhető a **burgonya** termésének mennyisége, fehérjetartalma és víztartalma. Ez utóbbiak viszont általában rontják a burgonya tárolhatóságát. A K-trágyázás a keményítő- és C-vitamin-tartalmat növeli. A foszfor viszont a keményítő minőségére hat kedvezően.

A nitrogéntrágyázás növeli a **gyep** terméshozamát és a nyersfehérje-tartalmát. Szélsőségesen nagy adagok (400 kg N/ha feletti) alkalmazásakor a fűvek fehérjetartalma megduplázódhat. Ebben az esetben azonban a szabad aminosav és a nitrát-N-tartalom is nagymértékben megemelkedik, ami nem kívánatos.

A természetes gyep trágyázásakor azt is figyelembe kell venni, hogy megváltozhat a rétek és legelők növényi asszociációja, s ennek következtében a takarmány minősége. A N-trágyázás hatására a fűvek mennyisége nő a pillangósok rovására. Ezzel romlik a gyep takarmányértéke. A jó P- és K- ellátás a fű megfelelő ásványianyag-tartalmához szükséges.

A **zöldség és gyümölcs** minőségére is kihat a trágyázás. Legismertebb a K-trágyázás kedvező hatása a szénhidrát és a C-vitamin képződésére. A N-felesleg pl. spenótnál nem kívánatos nitrát-felhalmozódáshoz vezet. Az intenzív termesztés (primőrök) miatt felhalmozódó nagy nitrát-tartalom különösen veszélyes a közvetlen fogyasztásra kerülő zöldségek, illetve takarmányok esetében. Borult csapadékos időjárás esetén a nitrát felvételéhez kedvező, de a növényben további átalakulásához kedvezőtlenek a feltételek. Ezt a trágyázott gyep legeltetésénél is figyelembe kell venni.

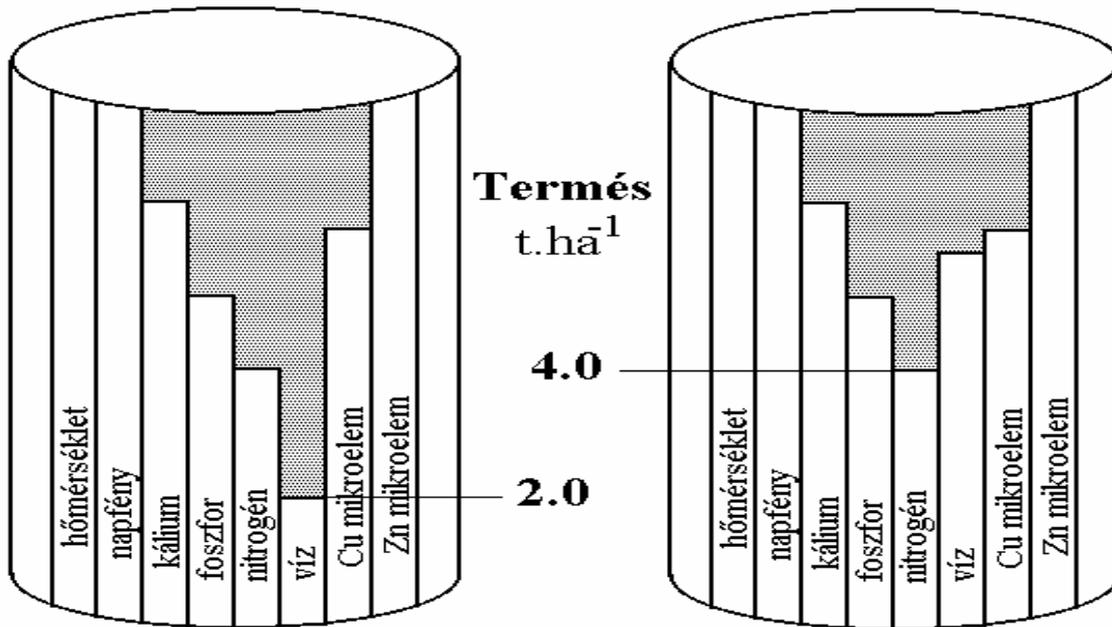
A nitrogén növeli a sárgarépa és a paradicsom karotintartalmát. A K elősegíti, a N viszont visszaszorítja a C-vitamin képződését.

A gyümölcsök jó minőségéhez elsősorban megfelelő K- és P-ellátásról kell gondoskodni. Az almánál Ca-hiány miatt gyümölcscsövet-megbetegedés, keserűfoltosság (stippesedés) léphet fel. A paradicsom és a paprika Ca-hiánybetegsége a gyümölcscsúcs-rothadás, amely különösen, K-felesleg esetén tapasztalható.

## 2.4. Liebig törvény

Az egyes tápelemek mint ható tényezők természetesen együttesen befolyásolják a növényi produkciót. Mégis gyakran egy-egy tényező hatása önállóan is megfigyelhető. Ez olyan esetben fordul elő, amikor a vizsgált tényező az, amelyik a legjobban korlátozza a produkciót mert a többi tényező hozzá képest kielégítő mértékben van jelen. Ezt fogalmazta meg a múlt század végén **Liebig** a **minimum törvényében**. E szerint a produkció nagyságát az a termelési tényező határozza meg, amelyik minimumban van.

Ez jól szemléltethető egy olyan dézében kialakuló vízszint segítségével, amelynek különböző magasságú dongái vannak. Ha az egyes dongákat a termelési tényezőknek, a dézében kialakuló vízszintet a növényi produkciónak feleltetjük meg, akkor látható hogy a produkciót a legrövidebb donga határozza meg.



A minimumban levő tényezők öntözés előtt és öntözés után

Ez az ábrán a bal oldali dézsa esetében a vízellátás. Ha öntözünk, a vízellátásnak megfelelő donga meghosszabbodik és a dézsába tölthető vízsztintet, vagyis a növényi produkciót egy másik donga, illetve termelési tényező határozza meg. Ez az ábrán jobb oldalon látható dézsa esetében a rendelkezésre álló nitrogén mennyisége.

Az egyes tényezők mérőszámai természetesen nem vethetők ilyen egyszerűen össze (fény, hő, talajszerkezet, tápanyagtartalom), illetve nem azonos mértékűek. Egyes tápelemekből sokra, míg más elemekből csak kevesebbre van szükség a növény. Tehát minden tényező hatását a növény igényének megfelelő mértékhez kell viszonyítani. Ezek szerint a **Liebig törvény a relatív minimumban levő tényező hatását** fejezi ki.

### Növényanalízis

A növényanalízis a növénytáplálkozás kontrollálásának eszköze. Szerepe a tápanyaghiány vagy fölösleg kimutatása is. A növényanalízis azon a tapasztalaton alapul, hogy egy adott elemnek a növényben levő mennyisége jelzője az illető növény tápanyaggal való ellátottságának. Ez viszont közvetlenül összefüggésben van a talajban lévő felvehető tápanyagmennyiséggel. A tápanyag mennyiségének növelésével nő a termés is egy bizonyos maximumig, utána azonban már terméscsökkenés állhat elő. A növényi tápelemek százalékos összetételére határértékek (vagy kritikus szintek) állapíthatók meg, amely alatt már a természetű növény növekedése és terméshozama csökken. E tápanyag-koncentráció alatt a hiány-, fölösleg- illetve toxicitási tünetek mutatkozhatnak. A növényfajtól függő határértékek a növény fejlődése során változnak, a koncentráció általában csökken. Ezért az határértékeket tartalmazó táblázatokat az adott növényfaj esetében jellemző fejlődési fázisokra (fenofázisokra) adják meg. A tápanyag-koncentráció értékelésén túl, igen fontos a tápelemarányok kiszámítása és értékelése is. Ennek fontossága már a Liebig törvényből is következik.

## 3. A talaj felépítése és tulajdonságai

### 3.1. A talajok szervesen anyagai

#### Ásványok, kőzetek

A Föld kérgének felső, átlagban mintegy 16 km vastagságú részét a szial-nak is nevezik. Ahogy neve is mutatja (**szi-**: szilícium, **al-**: alumínium), uralkodó elemei a szilícium és az alumínium, illetve ezek oxidjai és hidroxidjai. Kisebb, mintegy 2–5% mennyiséggel szerepelnek a vas, kalcium, nátrium, kálium, magnézium elemek. Ezek a fent említett elemek a szial 98%-át alkotják. A fennmaradó részben található meg a magma és a földkéreg további összes eleme.

Ezek az elemek ásványokat alkotnak. Az ásványok kevés kivétellel szervesen eredetű, jellemző fizikai tulajdonságú és kémiai szerkezetű, kristályos, szilárd testek. Többnyire olvadékokból, oldatokból válnak ki és szilárdulnak meg. Az ásványok meghatározott társulásai alkotják a kőzeteket. A kőzeteket magmás, üledékes és metamorf kőzetek csoportjaiba sorolhatjuk be.

#### Magmás kőzetek

Különbséget tehetünk közöttük megjelenésük és ásványi összetételük alapján.

- *Mélyégi magmás kőzetek*

Mélyégi magmás kőzetek alatt azokat a magmás kőzeteket értjük, amelyeknek megszilárdulása felszín alatti csatornában, magmakamrákban ment végbe, és csak a későbbi kéregmozgások eredményeképpen kerülhettek a felszínre. Amikor a magma lehűl, a csökkenő hőmérséklet elsőként a magasabb olvadáspontú alkotórészek kristályosodását vonja maga után. Mivel a lehűlés lassú, az alkotók nagy ásványszemcsékben kristályosodnak ki. Az ebbe a csoportba tartozó **granit** közel azonos méretű ásványszemcséi között megtalálhatjuk az áttetsző vagy fehéres kvarcot, a rózsaszín vagy fehéres (de nem áttetsző) földpátokat, a fekete, lemezes, csillogó biotitcsillámokat egyaránt.

- *Kiömlési kőzetek*

A kiömlési kőzetek többnyire láva alakban a felszín közelébe vagy felszínre kerültek, és ott is szilárdultak meg. Legfontosabb és legismertebb képviselőik a bazalt, az andezit és a riolit. A magmás kőzetek ásványi összetételére a szilikátok magas aránya jellemző, és kovasav-tartalmuk is fontos mutató. Ez utóbbi segítségével különítünk el savanyú (több kovasavat tartalmazó) és bázikus (kevesebb kovasavat tartalmazó) kőzeteket. A lényegesen gyorsabb kihűlés miatt a kőzetek ásványszemcséi nagyon aprók.

A **bazalt** sötét színű, kevés kovasavat tartalmazó fekete kőzet. Alkáli és mikroelem tartalma jelentős. A Balaton-felvidéken található.

Az **andezit** világosabb színű, tarkább kőzet. Összetétele átmenetet képez a bazalt és a riolit között. A Börzsönyben és a Mátrában található.

A **riolit** tartalmazza a legtöbb szilíciumot. Nem nagyon gyakori, hiszen a sűrű, viszkózus magma nem gyakran folyik ki, inkább a magmakamrában hűl ki. Túlnyomórészt kvarc, föld-

pát, ritkábban csillámok alkotják. Színe világos, gyakran fehér árnyalatú. A Zemplémben található.

**A magmás kőzetek befolyása a talajképződésre** többrétű. Függ a kőzetalkotó ásványok méretétől, kémiai összetételétől. Általánosan elmondható, hogy minél több a kovasav a kőzetben, annál tápanyagszegényebb talaj képződik belőle. Minél több kalciumot, magnéziumot, káliumot, alumíniumot, vasat, mikroelemet tartalmaz, annál gazdagabb talaj képződhet a kőzetből.

## **Üledékes kőzetek**

Négy nagy csoportba oszthatók: a vulkáni tufák, a törmelékes üledékes kőzetek, az oldatból kivált és a szerves eredetű üledékes kőzetek csoportjaiba.

### **• *Vulkáni tufák***

A vulkáni tufák a kiömlési kőzetekkel egy időben képződtek. A vulkáni működést kísérő hamuszórás anyagának lerakódásával keletkeztek. A kiömlési kőzeteknél porózusabbak. Ásványi összetételükre mindaz jellemző, amit a magmás kőzeteknél említettünk. Könnyen elmállanak. Így az egyébként alacsony mikroelemű riolit anyagú Tokaj-környéki tufa mállása során is jó mikroelem-tartalmú talajok keletkeznek.

### **• *Törmelékes üledékes kőzetek***

A felszínre került kőzetek mállanak, aprózódnak, majd később a gravitáció, a szél és a víz segítségével szállítódnak, osztályozódnak, majd újlag lerakódnak. Így keletkeznek a törmelékes üledékes kőzetek. Egyes esetekben cementálódhatnak, így tömörebb, ellenállóbb kőzetek fejlődnek belőlük.

Amennyiben a szemcséket összecementálja valami (karbonát, kovasav), tömör kőzeteket alkotnak. A jellemző alkotórészek – és azok nagysága – így is felismerhető bennük. Kavics méretű frakciók cementálódásával keletkezik a töredezett alkotókat tartalmazó **breccsa**, és a legömbölyített kavicsokból álló **konglomerát**. Homokszemcsék cementálódásával homokkövek jönnek létre.

Az aprózódás mértéke alapján megkülönböztetünk 2 mm részecskeátmérőnél nagyobb alkotókból álló **durva üledéket**. Ezeket a kőzeteket többnyire görgetett, legömbölyített vagy összetöredezett részecskék, kavicsok illetve kőzettörmelék alkotják. Ásványi összetételükre jellemző, hogy többnyire a mállásnak, oldódásnak jobban ellenálló részekből (pl. kvarc) állnak. Ezért a későbbi mállási folyamatok is viszonylag kevés tápelemet fognak belőlük felszabadítani.

A **2–0,2 mm** közötti szemcsefrakciójú kőzetek a **homokos üledékek**. A folyóvízi szállítás későbbi szakaszában rakódnak le, majd szállíthatnak el a lerakódás helyéről víz vagy szél által. Lerakódásuk ott történik, ahol a folyó annyira lelassul, hogy ezeket a viszonylag nagy részeket nem tudja tovább szállítani. Ásványi összetételükre még mindig az ellenálló, csak fizikailag töredező, kémiailag kevésbé málló kőzetek aránya jellemző. Ezért a homokkövek ill. futóhomokok termőképessége is kicsi.

A finomabb, **0,2–0,002 mm** átmérőjű kőzetliszt szemcséket a víz könnyebben szállítja, és a szél is hosszabban lebegteti. A vízi eredetű üledékeket **iszapnak**, a folyók árteréből kifűjt, szél által szállított anyagot pedig **lössnek** nevezzük.

A **lössök** átmenetet alkotnak a laza és a szilárd kőzetek között. A **típusos lösz** hullópora vékonyszálú füves pusztákba rakódott. A **löss-vályog** hullópora erdőbe hullott, ahol a talajképződés folyamatosan hatott a leülepedő anyagra, így az agyagosabb és kevésbé meszes kőzetet alkotott. Az **alföldi lösz** vizes térszintekre, mocsarakba hullott, ezért mállottabb, agyagosabb, gyengén rétegzett lehet.

Hazánkban különösen fontos szerepe van a szél tevékenysége nyomán képződött üledékes kőzetnek, a lösznek. A jégkorszak hűvös, száraz időszakában a folyóvizek által elterített üledékből a szél kifújta a finom port, messzebb elszállította, és ismét lerakta. Ebből keletkezett a lösz, amelyre a fakósárga szín, a jó vízvezetés, kalcium-karbonát-tartalom és függőleges irányban nagyfokú stabilitás jellemző. Ez utóbbi tulajdonság teszi lehetővé a löszvidékeken a jól ismert mély vízmosások és a mélyen bevágódott utak keletkezését. A löszréteg vastagsága hazánk területén nagyon változó. Néhol csak 1–2 m, a Dunántúl keleti részén azonban elérheti az 50 m-es vastagságot is. A dunántúli lösz durvább szemcséjű, a tiszántúli viszont több agyagos részt tartalmaz. A lösz a mezőségi talajok jellemző anyakőzete.

Szélmozgatta kőzet a futóhomok is, amely a finom pornál közelebb lerakott, durvább szemcsékből jött létre. A Duna-Tisza közének futóhomokja a változó helyzetű, időnként kiszáradó Duna-mederből, a nyírségi futóhomok a Tisza mellékfolyóinak törmelékűjéből, a somogyi futóhomok a pannon kori elmállott homokkőből származik.

A Dunántúlon sok helyütt előforduló **agyag** pedig az egykori Pannon-tenger üledékéből képződött. A törmelékes üledékes kőzetek utolsó csoportját a legfinomabb, leghosszabban lebegtetett, **0,002 mm szemcseátmérőnél kisebb** frakciókból álló agyagos üledékek alkotják.

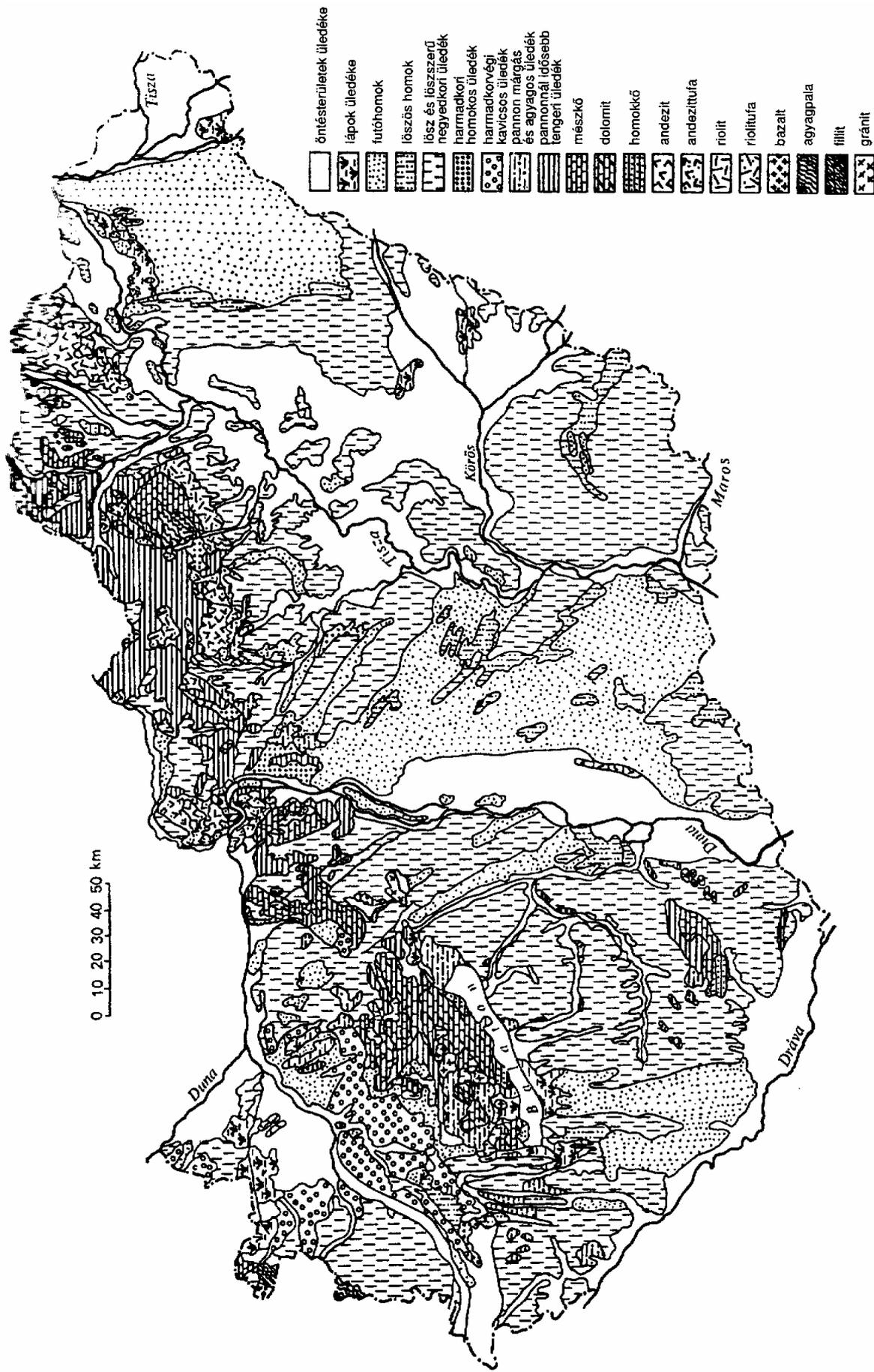
- ***Oldatokból kivált üledékes kőzetek***

Az oldatokból kivált üledékes kőzetek képződésében az oldott állapotban lévő, illetve a legfinomabb szemcseméretű anyagok játszanak szerepet. A tengerek és tavak vizének bepárlódása, a tengerek élővilága, és más vízkémiai tényező következtében csapódtak ki, ülepedtek le. A törmelékes üledékek felé az agyagos márga képviseli az átmenetet, a mészkő pedig a szerves üledékekkel mutat rokonságot. A harmadik legfontosabb, valódi oldatból kivált kőzetünk a dolomit.

**Ásványi összetételükre** jellemző, hogy a legfontosabb karbonátok mellett kloridok (kősó), szulfátok(gipsz, glaubersó, keserúsó), nitrátok (salétrom), foszfátok (apatit) is képződhetnek.

A **mészkövek** ( $\text{CaCO}_3$ ) nagyon változatos színben, megjelenésben, különböző hasadozottsággal jelenhetnek meg. A mészkövet alkotó **kalcitnak** jól látható hasadási lapjai vannak, sósavval megcseppentve pezseg.

A **dolomit** ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) a mészkővel összehasonlítva törési felülete híg sósavval kezelve kevésbé vagy egyáltalán nem pezseg, elkapart pora azonban pezseg. Könnyebben aprozódik mint a mészkő. Nagyobb kőzettömeg esetén jellegzetes, „murvás” repedezettsége is támpontot nyújt a megkülönböztetéshez.



A fontosabb kőzetek elterjedése Magyarországon

- **Szerves eredetű üledékek**

A szerves eredetű üledékek képződhetnek növényi vagy állati szervezetek közreműködésével is. A növényi eredetűek között a szenet, a tőzeget, az alginitet, a foszforitot, a diatómapalát említhetjük meg sokirányú hasznosításuk miatt. Állati eredetű a kőolaj, és bizonyos értelemben azok a mészkövek, melyeknek szövetét a tengervízben élő szervezetek mészváza alkotja. Ásványi összetételükben a foszfátok és a mész mennyisége jelentős.

### **Az átalakult vagy metamorf kőzetek**

Az átalakult vagy metamorf kőzetek csoportjába azok a magmás és üledékes kőzetek tartoznak, melyek a kéregmozgások folyamán a mélybe süllyedtek, ezzel magas hőmérséklet és nagy nyomás alá kerültek. A kőzetet érő hatások alapvetően megváltoztatták, átkristályosították azt. Legismertebb a kvarc, a csillámok és a földpátok, az agyagból képződött agyagpala, a fillit, a csillámpala, a mészkőből képződött márvány. Erős hő- és nyomásnövekedés hatására jöttek létre. Külsőleg ezért jól láthatóan „meggyötörtek”, sokszor palásak az egyirányú, irányított nyomás következtében.

A szilárd földkéreg becslések szerint 88 százalékban magmás, 7 százalékban átalakulási, 5 százalékban üledékes kőzetek alkotják. Kis százalékos arányuk ellenére a talajképződés szempontjából mégis az **üledékes kőzeteknek** van a legnagyobb jelentőségük, mert ezek borítják a földfelszín túlnyomó részét. **Hazánk területének 98 százalékát alkotják.**

A kőzetek ásványi – és ezen keresztül kémiai – összetétele szabja meg a **málláskor** képződő anyagok tulajdonságait, így a képződő talaj tápanyagkészletét is. Annál szegényebb egy talaj tápanyagokban, minél több szilícium-dioxidot, és annál gazdagabb, minél több kalciumot, magnéziumot, káliumot, alumíniumot és vasat tartalmaz.

A **mállás** a kőzetek pusztulása, felaprózódása és ásványaiknak átalakulása, amely végbemehet fizikai, kémiai és biológiai úton. A fizikai mállás szempontjából elsőrendű fontosságúak a hőhatások. A kőzetek rossz hővezetők, felszínük jobban melegszik fel és hűl le, mint a belsejük. Az egyes rétegek között így feszültségek támadnak, ez pedig repedések képződéséhez vezet. A repedéseket megtöltő víz megfagyva kitágul, és nyomja a repedés falát. A jég hatása különösen akkor jelentős, ha a fagyás, olvadás gyorsan ismétlődik. Nem elhanyagolható a gyökérszet feszítőereje sem, mint mállást elősegítő tényező.

A mozgó víz tovább aprózza a belekerült kőzetdarabokat, amelyek hol a mederhez, hol egymáshoz ütközve tovább aprózódnak. A fizikai aprózódás azonban csak egy bizonyos méret-határig – mintegy 0,01 mm-es szemcseméretig – mehet végbe. Az ennél kisebb részecskéknek már nincs akkora mozgási energiájuk, hogy ütközés esetén tovább hasadjanak. Erre már csak kémiai mállás útján kerülhet sor.

A kőzetek anyagának kémiai átalakulása és a benne oldott anyagok – elsősorban a szén-dioxid – hatására játszódik le. Az oldódási folyamatok során a jól oldódó anyagok kimosódnak a kőzetekből. Elsősorban az alkálifémek (kálium, nátrium) és az alkáliföldfémek (kalcium, magnézium) sói oldódnak ki, mégpedig az oldhatóságuknak megfelelő sorrendben. A nagyobb felület, a megváltozott ásványi összetétel következtében a mállástermékek alkalmassá válnak arra, hogy a növényeknek vizet és tápanyagot szolgáltatassanak. A mállás nem azonos a talajképződéssel, általában megelőzi azt, de nem szűnik meg aközben sem, sőt sok esetben ilyenkor még nő is az intenzitása az ott lejátszódó más folyamatok hatására.

A mállás során a rosszul oldódó anyagok – mint a szilícium-dioxid, valamint a vas- és az alumínium-oxidok – vagy új agyagásványok felépítésében vesznek részt, vagy pedig

oldhatatlan oxidokként és oxi-hidroxidokként kiválnak a rendszerből. Ezeknek az anyagoknak a megjelenése jelzi a folyamat előrehaladottságát.

A biológiai mállás során tulajdonképpen fizikai és kémiai változások következnek be a biológiai tevékenység során képződött szén-dioxid és különböző szerves savak hatására.

## 3.2. Talajkolloidok

### Az aktív agyagásványok

Az agyagásványok elsősorban a földpátok, csillámok bomlásából képződnek. A kolloid állapotú agyagásványok a talajban is keletkezhetnek, de kialakulhatnak a talajképződés előtt is, a kőzet mállása során. Létrejöttüknek kétféle útja van: elsődleges ásványok (pl. a csillámok) fizikai és kémiai átalakulása vagy az eredeti szilikátok bomlását követő újrakristályosodása, miközben a bomlástermékek agyagásványokká egyesülnek.

Trópusi talajokban, ahol sok a csapadék, és savanyú közeg alakult ki, a sok gyorsan bomló szerves anyag hatására elsősorban kaolinit, valamint vas- és alumínium-oxidok alakulnak ki. A kevésbé csapadékös mérsékelt égöv alatt a lúgos közegben végbemenő mállás termékei között inkább illit és montmorillonit található.

Az agyagásványok réteges szerkezetűek. Alapvető elemük a tetraéderháló és az oktaéderháló. Az előbbi egy szilícium- és négy oxigénatomból álló tetraéderek összekapcsolódásából, az utóbbi pedig egy alumínium- és hat oxigénatomból (amelyek helyett hidroxilcsoportok is szerepelhetnek) álló oktaéderek összekapcsolódásából jön létre. Az agyagásványok tulajdonságait az e hálókból felépülő rétegek egymástól való távolsága, az összeköttetést biztosító.

Egyes agyagásványokban a tetraéderekben lévő  $\text{Si}^{4+}$ -iont  $\text{Al}^{3+}$ -ion helyettesítheti, az oktaéderekben lévő  $\text{Al}^{3+}$ -ion helyett pedig  $\text{Mg}^{2+}$ - vagy  $\text{Fe}^{2+}$ -ion lehet. Ilyenkor azután negatív töltésfelesleg jön létre a kristályrácsokban. Ez a töltésfelesleg a rétegek között megkötődő pozitív töltésű ionok segítségével egyenlítőzhet ki.

Egyes agyagásványok szerkezete hasonló a csillámokéhoz. A muszkovitsillám kristályrácsában két tetraéderháló és egy közéjük zárt oktaéderháló alkot egy réteget. Az egymás fölötti rétegeket a káliumionok elektrosztatikus erői kötik össze. A rétegtávolság kicsi, nagyjából megegyezik a káliumion méretével. Ezzel az egyes rétegek közé sem víz, sem más fémion nem tud behatolni. A csillám mindig a rétegek közötti káliumionok mentén hasad. A mállás folyamán azonban nemcsak felaprózódik az ásvány, hanem a káliumionok egy része is kicserélődik jóval kisebb hidrogénionokra, ezáltal a rétegek között a kötés fellazul, s így oda vízmolekulák is beépülhetnek. A kolloid méretig elmállott csillám rendszerint keresztülment ezen az átalakuláson, és csillámszerű agyagásványnak, illitnek tekinthető. Benne már fellazultak a rétegek de még nem annyira, hogy az ásvány a víz hatására duzzadóképes legyen. A káliumionok nagy része nem cserélődik ki ebben az állapotban más fémionokkal. Az illit részecskék 0,1–2,0  $\mu\text{m}$  méretű, szabálytalan alakú lapocskák, 100–120  $\text{m}^2/\text{g}$  fajlagos felületűek. Pozitív ionok megkötésére alkalmas negatív töltésű helyek a törésfelületek mentén, valamint a rétegek külső felületein alakulhatnak ki. A csillámszerű illit nem tekinthető a mállás végtermékének, további káliumvesztéssel és más ionok felvételével montmorillonittá alakulhat.

A montmorillonit kristályrácsában szintén egy oktaéderhálót vesz körül két tetraéderháló, és ezek összekapcsolódva alkotnak egy réteget. Az oktaéderekben azonban az  $\text{Al}^{3+}$  helyett  $\text{Mg}^{2+}$ -ionok is előfordulnak. A helyettesítés negatív töltésfelesleget hoz létre a rétegekben, és

ennek hatására a rétegek között is megkötődhetnek a  $\text{Na}^+$ -,  $\text{K}^+$ -,  $\text{Ca}^{2+}$ -,  $\text{Mg}^{2+}$ -ionok. Ezek viszont más ionokkal is kicserélődhetnek, ezenkívül a rétegek közé vízmolekulák is beépülhetnek. A rétegek egymástól való távolsága meglehetősen nagy ( $17 \cdot 10^{-10}$  m), és a víztartalom növekedésével még tovább növekszik. Ez a magyarázata a montmorillonit jelentős duzzadókéességének. Duzzadt állapotban a rétegek egymástól való távolsága sokkal nagyobb, mint a rétegek vastagsága. A montmorillonit tehát nemcsak a törésfelületeken, hanem a rétegek külső és belső felületén is képes kationokat megkötni, a már meglévő negatív töltések következtében. A montmorillonit  $0,01\text{--}1,0$   $\mu\text{m}$  méretű, szabálytalan lapocskákból áll, fajlagos felülete nagy ( $700\text{--}800$   $\text{m}^2/\text{g}$ ), és képlékeny.

## A humusz

A talajt és a kőzetmálladékot tehát a tápelemek felhalmozódásán kívül az különbözteti meg egymástól, hogy a talajnak szervesanyag-tartalma van. A humuszanyagok talajban működő biológiai folyamatok melléktermékei, de egyben e folyamatok anyag- és energiataralékai.

A talaj mikroszerkezetei által végzett lebontás az ellenállóbb anyagok esetében nem teljesen megy végbe a legegyszerűbb végtermékekig, hanem megáll egy közbenső lépcsőfokon, amelyen a további bomlásnak viszonylag ellenálló anyagok keletkeznek. Ezek a közbenső bomlástermékek a humuszanyagok építőkövei. Ilyenek a szénhidrátok bomlásakor keletkező egyszerű cukrok, a fehérjék bomlásakor képződő aminosavak, valamint az aromás, zárt szénláncú vegyületekből keletkező fenolok és kinonok. Ezek egymással összekapcsolódva (polimerizálódva és kondenzálódva) sötét színű, nagy molekulájú, amorf kolloid állapotú anyagokká alakulnak, amelyeket gyűjtőnéven humusznak nevezünk.

A humusz összetétele és szerkezete nagyon bonyolult és teljességében még nem ismert. Elsősorban szenet, hidrogént, oxigént, nitrogént, foszfort, ként és kis mennyiségben egyéb elemeket tartalmaz. Egy jellegzetes huminsav-molekula aktív csoportokat tartalmazó aromás alapelemek polimerizációjából képződik. Ez a felépítés rendkívül nagy számú felületaktív csoportot eredményez.

A humuszmolekulák a kolloid mérettartományba tartoznak. Nagy fajlagos felületük ( $800\text{--}900$   $\text{m}^2/\text{g}$ ) következtében mind ion-, mind vízmegkötő képességük nagy. A  $15\text{--}20$  százalék vizet megkötő agyagásványokkal szemben a humusz mintegy  $80\text{--}90$  százalék vizet képes adszorbeálni, ezért a szivacséhoz hasonlítható a víztartó képessége. A humusznak felépítése következtében jelentős pufferképessége (változást tompító, kiegyenlítő képessége) van.

A humuszanyagok oldhatóságuk alapján a következőképpen oszthatók fel:

- **fulvosavak**, amelyek viszonylag kis molekulatömegű, sav jellegű vegyületek, felépítésükben fenolos alkotórészek és kinonszerű építőkövek ismerhetők fel;
- **huminsavak**, nagy molekulatömegű, kolloid állapotú, polimerizált vegyületek, savas jellegük ugyancsak a karboxil- és a fenolos hidroxilcsoporttól származik;
- a **huminanyagok** molekulatömege és a polimerizáció foka még nagyobb, de csökken bennük az aktív csoportok száma, így csökken a savas jellegük és az oldhatóságuk is.

E három anyagcsoport egyúttal a „szénülés” előrehaladását, vagyis az anyagon belül a szénatomok számának növekedését mutatja be.

Bár a humuszanyagok viszonylag ellenállóknak tekinthetők, de lassan mégis tovább bomlanak, és csak kivételes körülmények között halmozódnak fel nagyobb mennyiségben a

talajban. Azt a lassú bomlási folyamatot, amely a talajban képződő humusz anyagát csökkenti, és a mely a humuszképződéssel egyidejűleg megy végbe, ásványosodásnak nevezzük. A humuszanyagok ásványosodása során ugyanazok az egyszerű végső bomlástermékek képződnek, mint a szerves anyag gyors bomlása esetén. Ez a lassú bomlás teszi lehetővé, hogy a humusz a növények számára hosszú ideig tápelemeket – ezek közül is elsősorban nitrogént – szolgáltatson. A humuszanyagok ásványosodása szintén a mikroszervezetek tevékenységének eredménye. Az igen lassú bomlás következtében egyes humuszanyagok nagyon idősek lehetnek. Szénizotóppal végzett vizsgálatok szerint az életkoruk több ezer év is lehet, de vannak ennél jóval fiatalabb, néhány száz éves humuszanyagok is.

Ha a szerves anyagok bomlása során kevés a levegő – pl. a vízzel borított talajokban –, akkor a szerves anyagok bomlása lelassul, sőt le is állhat. A fokozatosan felhalmozódó szerves anyag így lápot, a későbbiekben pedig tőzegtalajokat hoz létre. Egy átlagosnak tekinthető, művelt ásványi talajban 3–5 százalék humusz van. Minél jobban megművelt, tehát szellősebb egy talaj, annál tevékenyebbek ott a baktériumok, és annál gyorsabb benne a humusz lebontása. Ezért veszítik el gyorsabban a szervesanyag-tartalmukat a homokos talajok, mint a szellőzetlen agyagtalajok.

A humusz fontos tényező a talaj szerkezetének alakításában is. Az agyagtalajok esetében a parányi agyagszemcsék morzsákká tömörítésével segít megszüntetni a kedvezőtlen, tömődött talajszerkezetet. A kolloid humuszanyagok – a huminsav és vízben oldódó kalcium és magnézium sói, a humátok – amorf, enyvszerű anyagok. E humuszkolloidok cementáló képessége teszi lehetővé, hogy a szerves talajalkotórészek aggregátumokká tapadjanak össze.

A humusz aktív csoportjai segítségével mikroelemeket (réz, vas stb.) szerves komplex, ún. kelátkötésben tart, így védi meg azokat a kimosódástól. Hasonló módon köti meg a talajba kerülő mérgező, nehézfém-ionokat is. A humusznak mint talajképző tényezőnek a szerepe nagyrészt savjellegével van összefüggésben. A savanyú humuszvegyületek részben valódi, részben pedig kolloid oldatot képeznek. Ezáltal lehetővé válik, hogy a humusz a talajban végbemenő kilúgzási és felhalmozódási folyamatokban aktív szerepet játsszon.

A szerves maradványok bomlásának sebességét és a képződő humusz tulajdonságait elsősorban az éghajlati körülmények határozzák meg. A trópusokon az állandóan nagy hőmérséklet és a sok csapadék kedvező körülményeket teremt a mikroszervezetek számára a növényi maradványok bontásához. Ilyen körülmények között a sok szerves anyag gyorsan lebomlik, és nem halmozódik fel humuszként átalakulva a talajban. Az ásványosodott tápanyagokat pedig vagy azonnal felveszik a növények, vagy kimosódnak a talajból a bő csapadékkal. Trópusi talajokban tehát a biológiai körforgás nagyon gyors, ezért a tápanyagok rövid ideig tartózkodnak a talajban.

A nedves, mérsékelt éghajlaton a humuszképződés lassú. Ez részben a mikroszervezetek tevékenysége számára kedvező időszak rövidegével, részben pedig az alacsonyabb hőmérséklettel magyarázható. Ezek eredményeként a szerves maradványok jóval tovább maradnak a talajban, többé-kevésbé bomlatlan állapotban, mint a trópusi talajokban. A bontási folyamatok termékei a humuszsavak, amelyek fontos szerepet játszanak a kilúgzási folyamatokban. E talajokra éppen ezért a kimosódás jellemző, ami a talajok kilúgzott A szintjében mutatkozik meg.

A hideg éghajlatú sarki övben humuszképződés gyakorlatilag egyáltalán nincs. Itt rendszerint anaerob körülmények uralkodnak, a hőmérséklet is állandóan alacsony, ezért a mikrobiológiai tevékenység jelentéktelen. Ezek eredményeként a bomlatlan szerves anyag vastag rétegen halmozódik fel, ami láp- és tőzegtalajok kialakulásához vezet.

A száraz, forró sivatagokban nincs gyakorlatilag humuszképződés, főként a gyér növényzet és a kevés csapadék miatt.

A mérsékelt éghajlatú területeken a füves puszták talajaiban jelentős mennyiségű humusz halmozódik fel, mivel a száraz nyár és a hideg tél gátolja a további ásványosodását.

A humuszanyagok és az agyagásványok mellett a vas- és alumínium-oxidok, -hidroxidok vannak kolloid állapotban a talajban. Az agyagásványok elsősorban a mérsékelt égöv talajaira jellemzőek, a vas és az alumínium oxidjai és hidroxidjai pedig főleg a trópusi talajok alkotórészei.

### **3.3. A talaj kémiai tulajdonságai**

#### **Felületi jelenségek a talajban**

Bár a talaj nagyrészt nem-reakcióképes vázanyagokból áll, jellegzetes kémiai és fizikai tulajdonságait mégis a jóval kisebb mennyiségben jelen levő reakcióképes, kolloid állapotú anyagok határozzák meg. Ezek biztosítják a felületet a talajban lezajló kémiai folyamatokhoz. Aktivitásukat elsősorban nagy fajlagos felületüknek és legtöbbször jelentős felületi töltéseiknek köszönhetik. A felületi töltések az agyagásványokon a már említett módon jöhetnek létre.

A talajban előforduló vas- és alumínium-hidroxidok savas közegben pozitív töltésűek, így anionok megkötésére képesek, míg lúgos kémhatás (pH) mellett töltésük negatív lesz, és ekkor kationokat adszorbeálhatnak.

A humuszanyagok molekuláinak a felületén nagy mennyiségű karboxil ( $-\text{COOH}$ )- és fenolos hidroxil ( $-\text{OH}$ )-csoport található. Ezek könnyen adnak el hidrogéniont, ezáltal kationmegkötésre alkalmas, negatív töltésű helyek jönnek létre. A humuszanyagok aminos ( $-\text{NH}_2$ )-csoportjai pedig pozitív töltést kialakítva anionokat kötnek meg.

A kolloid állapotú agyagásványok és humuszanyagok nagy felületi töltéseik segítségével egymással összekapcsolódnak, és létrehozzák az agyag-humusz-komplexumot, amely ragasztóanyag a talaj nagyobb méretű vázrészei között, és részt vesz a talajban végbemenő kémiai folyamatokban.

A kolloid állapotú anyagok felületükön ionokat megkötve időlegesen megóvják azokat a talajból való kimosódástól. A megkötött tápanyagokat a növényeknek át tudják adni, ezért a növényi tápanyagellátás legfontosabb tényezői.

Egységnyi tömegre vonatkoztatva a humuszanyagoknak nagyobb tápanyag- és víztartó képességük van, mint az agyagásványoknak. 100 g humusz kationmegkötő képessége 100–300 me (ezred-mól ion), ugyanennyi kaolinité 1–10 me, illitit 20–40 me, montmorillonit pedig 80–120 me. A vízmegkötő képesség tekintetében még nagyobbak a különbségek a humuszanyagok és az agyagásványok között. Az agyagásványok azonban nagyobb mennyiségben vannak jelen a talajban, és így szerepük közel azonos mértékű a humuszéval a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak kialakításában.

A hazai talajokban az agyagásványok és a humuszanyagok, valamint egyéb kolloid anyagok töltése túlnyomórészt negatív, mivel a talajok kémhatása nálunk általában gyengén savas, semleges, illetve gyengén lúgos, így a kationadszorpció az uralkodó folyamat. Ez azt jelenti, hogy mivel a talajkolloidok felülete negatív töltésű a pozitív töltésű ionok (pl.:  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{H}^+$ ) kötődnek meg rajtuk. A trópusi talajokban ezzel szemben az anionadszorpciónak

van nagyobb jelentősége, mivel a nagy mennyiségben jelenlevő vas- és alumínium-hidroxidokon a talajok savanyú kémhatása következtében főleg pozitív töltésű helyek jönnek létre.

### ***Kationcsere***

A talajok kationcserélő képességén vagy más néven adszorpciós kapacitásán egy egyezményes pH-nál maximálisan adszorbeálható kationok mennyiségét értjük milliegyenérték/100 g talaj egységben kifejezve (T érték). E lehetséges adszorpciós helyeket elfoglaló  $\text{Ca}^{2+}$ -,  $\text{Mg}^{2+}$ -,  $\text{K}^+$ - és  $\text{Na}^+$ -ionokat kicserélhető kationoknak nevezzük. A kicserélhető kationok által el nem foglalt helyeken  $\text{H}^+$ - és  $\text{Al}^{3+}$ -ionok vannak, viszonylag erősen kötött állapotban. A talajok telítettsége azt mutatja, hogy az adszorpciós helyek hány százaléka van a fenti kicserélhető kationokkal elfoglalva.

Az ionok különböző arányban adszorbeálódhatnak a talajkolloidok felületén. Az adszorbeált kationok nemcsak akkor befolyásolják a talaj tulajdonságait, amikor abszolút többségbe jutnak, hanem – az egyes ionoktól függően – már kisebb mennyiségben is. Ha pl. a kicserélhető kationok között a magnéziumion mennyisége meghaladja a 30 %-t, akkor magnéziumtalajról beszélünk. Ennél nagyobb magnéziummennyiségnél a talaj fizikai tulajdonságai már jelentős mértékben romlanak. A nátrium- vagy szikes talajban az adszorbeált kationoknak több mint a 15 %-a nátriumion. Hidrogéntalaj esetében az adszorpciós helyeknek kevesebb mint 80 százaléka van  $\text{Ca}^{2+}$ -,  $\text{Mg}^{2+}$ -,  $\text{K}^+$ - és  $\text{Na}^+$ -ionnal lekötve. Kalciumtalajról pedig akkor beszélhetünk, ha a talajok  $\text{Ca}^{2+}$ -,  $\text{Mg}^{2+}$ -,  $\text{K}^+$ - és  $\text{Na}^+$ -ionokkal való telítettsége nagyobb mint 80 százalék, de a  $\text{Mg}^{2+}$  kevesebb mint 30 % és  $\text{Na}^+$  kevesebb mint 5 %.

Az adszorbeált kationoktól függően a talaj fizikai tulajdonsága között elsősorban a vízadszorpció, a duzzadó- és zsugorodóképesség, valamint a kapilláris vízemelés változik meg. Nagy duzzadóképesége miatt különösen kedvezőtlen fizikai tulajdonságúak a nátrium- és magnéziumtalajok (szikesek), valamint a hidrogéntalajok (erősen savanyú talajok). A kémiai tulajdonságok közül a talaj kémhatása van szoros összefüggésben az adszorbeált kationok milyenségével.

A kicserélhető kationok megoszlása jellemző az egyes talajtípusokra, a talajszelvényen belül pedig genetikai szintenként is különbözőképpen alakul.

A kationcsere nagyon sok talajképződési folyamatban fellép. Amikor a szerves anyag bomlása során ásványi és szerves savak – elsősorban kénsav – keletkeznek, akkor a savakból származó hidrogénionok lecserélhetik a kolloidok felületén adszorbeált kalciumionokat. Ezt a kicserélő folyamatot az irányítja, hogy a hidrogénionok erősebben kötődnek a kolloidokhoz, mint a kalciumionok. A folyamat előrehaladtával egyre több  $\text{Ca}^{2+}$ -,  $\text{Mg}^{2+}$ -,  $\text{K}^+$ - és  $\text{Na}^+$ -iont helyettesítenek a kolloidokon, és szorítják őket a talajoldatba. Sok csapadék hatására a kationok innen már könnyen kilúgozódhatnak (a talaj mélyebb rétegeibe mosódhatnak). Nagy mennyiségű hidrogénion kerülhet a talajba a savas esők által is.

### **A talaj kémhatása**

A talaj kémhatását a talajoldatban mért hidrogén- és hidroxidionok aránya szabja meg. Jellemzésére a pH szolgál, vagyis a talajoldat hidrogénion-koncentrációjának negatív logaritmus. Értéke nagyon különböző lehet. A talajok kémhatása az egyik legfontosabb tényező az élő szervezetek számára. Mind a mikro-szervezetek, mind pedig a magasabb rendű növények érzékenyen reagálnak kémiai környezetükre, ezért a talaj pH-ja és a vele járó egyéb következmények döntően befolyásolják a talajban kialakuló állapotokat. A növények tápanyagfelvétele és a talajban élő mikroszervezetek szempontjából a semleges körüli pH a leg-kedvezőbb. Az erősen savanyú  $\text{pH} < 4,5$  és az erősen lúgos  $\text{pH} > 9,0$  különösen kedvezőtlen sajátosságúak.

A talajban kétféle savanyúság különböztethető meg: az egyik a talajoldat pH-val jellemezhető, amely azonban csak minőségi értékmérő, szemben a mennyiségileg sokkal jelentősebb potenciális savanyúsággal, amelyet a talajkolloidokon adszorbeált hidrogén- és alumínium-ionok okoznak. A kétféle savanyúság dinamikus egyensúlyban áll egymással, mert ha a talajoldat savanyúságát semlegesítjük akkor a talajkolloidokról  $H^+$ -ionok lépnek az talajoldatba újra savanyúvá téve azt.

Homoktalajokban mintegy ezerszer, a nagy humusztartalmú talajokban és agyagtalajokban százezerszer is nagyobb lehet a potenciális savanyúság a talajoldat hidrogénion-koncentrációjánál. Ezért nem elegendő meszezéskor csupán a talajoldatban levő hidrogénionokat semlegesíteni, mivel ezek úgylis gyorsan utánpótlódnak az adszorbeált ionokból. A megoldás az, hogy semlegesíteni kell az adszorbeált hidrogénionokat is.

A pH addig nem fog növekedni, ameddig annyi meszet nem adunk a talajhoz, hogy az semlegesítse a potenciális savanyúságot is. A talajnak azt a képességét, amellyel a talajoldat mindennemű megváltoztatására irányuló külső hatásnak ellenáll, tompítóképeségnek, más néven pufferképeségnek nevezzük. A talaj tompítóképesége az ellenkező irányú folyamatban is jelentős szerepet játszik, mivel megakadályozza a talajoldat túl gyors elsavanyodását.

### **Oxidáció – redukció a talajban**

A talajkolloidok felületének kialakulásában, valamint a felület viselkedésében jelentősek a redukcióval és az oxidációval kapcsolatos folyamatok.

A talajban végbemenő oxidációs folyamatokat jelzi a talajoldat oxigén-,  $Fe^{3+}$ - és  $NO_3^-$ -tartalma, a végbemenő redukciós folyamatokat a talajoldat  $NH_4^+$ -,  $Fe^{2+}$ -,  $Mn^{2+}$ -,  $H_2S$ -tartalma jelzi. Az előbbiek oxidáló, az utóbbiak redukáló anyagként viselkednek. A levegőtlen, túl nedves körülmények elsősorban a redukciónak, a levegős, száraz viszonyok az oxidációnak kedveznek. Levegőtlen körülmények között redukálódik pl. a  $NO_3^-$ . Ilyen redukciós folyamatok mennek végbe az ún. glejes talajsztintekben is. Ha a vas vagy a mangán redukált formában ( $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ) van jelen a savanyú talajokban, akkor oldott állapotba került mennyiségük toxikussá válhat a növények számára. A semleges és lúgos talajokban előforduló oxidált formájukban ( $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{4+}$ ,) viszont kevésbé jól oldódnak, a szükségesnél kisebb mennyiségben lesznek az oldatban, és ezáltal a növényekben hiány lép fel.

### **A talaj színe**

A szín a talajok legfeltűnőbb tulajdonsága, ezért nem meglepő, hogy egyes talajtípusok elnevezésére egyedül a színük szolgál: a feketeföld (csernozjom) a mezőségek talaja, a barnaföld és a barna erdőtalaj jellegzetesen európai, a podzol – hamuszint jelent – a csapadékban gazdag fenyőerdők talaja, a vörösföld a forró éghajlatú területekre jellemző, a vörösbarna talajok a félsivatagokon, míg a sárgaföldek a szubtrópusokon fordulnak elő.

A talajszelvény genetikai szintjei színükben is különböznek egymástól. A különbségek a nedves talajban feltűnőbbek, mint a szárazban. A szint elsősorban a talaj kolloid alkotórészei alakítják ki, így a humusz, az agyag és a vas-hidroxidok. A humusz adja a talajok sötét színét, az ásványi anyagok pedig a különböző színárnyalatokat. A szín nagymértékben függ attól, hogy a vas és a mangán oxidált vagy redukált alakjában van-e jelen. A  $Fe^{3+}$ -ion és a mangán vörös, barna és sárga színt ad, a  $Fe^{2+}$ -ion kékes árnyalatot okoz. A kalciumionok mélyítik a sötét színeket, így a humuszét is, a csillámok csillogóvá teszik a talajt.

Az állandóan a talajvíz szintje alatt levő rétegekben a szürke szín uralkodik. Ebben kékes, néha kékeszöld árnyalatú foltok tűnnek fel. Ezek az állandóan nedves rétegekben uralkodó

levegőhiánnyal vannak összefüggésben, és a végbemenő redukciós folyamatokkal magyarázhatók. Ha ezekbe a talajszintekbe olykor levegő jut, akkor a kékesszürke vasvegyületek oxidálódnak, és rozsdaszínűek lesznek. Az ilyen rozsdás foltokkal tarkított szürke alapszínű talajszintet glejszintnek mondjuk. Jelenléte a talajvíz szintjének ingadozására utal.

A talajban a kvarclerakódások világosszürke vagy fehér színűek. A talaj alapszínétől erősen elütnek világosszürke vagy fehér színűekkel a kalcium-karbonátból álló kiválások. Ezek helyenként penészre emlékeztető finom, vékony bevonattal veszik körül a talaj morzsáit, másutt viszont kitöltik a talaj üregeit, kemény konkréciókat alkotva. Egyes talajok mélyebb szintjeiben gipszből álló fehér színű kiválások is találhatóak.

### **3.4. Tápelemek a talajban és a talaj tápanyag-gazdálkodása**

A tápanyagok különböző formákban, illetve kötésben vannak jelen a talajban, ennek következtében különböző mértékben hozzáférhetők a növény számára. Az összes tápanyagtartalomnak csak tört része hasznosítható közvetlenül.

A növény a tápanyagokat túlnyomórészt a talajoldatból veszi fel, de ez a mechanizmus egyedül nem elég az egyenletes ellátáshoz, mert a talajoldat viszonylag gyorsan elszegényedik tápelem-ionokban a gyökér környezetében. Ennek pótlása a talaj felvehető tápanyagkészletéből történik. Egyáltalában nem mindegy, hogy milyen gyorsan pótlódik a talajban a gyökér körül kialakuló hiány. Annak a talajnak kedvezőek a tulajdonságai, jó a pufferképessége, amelyik viszonylag gyorsan pótolja a fellépő hiányt. A talajok pufferképessége tehát nemcsak a kémhatás, hanem a talajoldat tápelemtartalmának az állandósításában is fontos.

A talajban a tápelemek túlnyomó része (98 %) szerves vagy szervesetlen vegyületek formájában kötötten van jelen, és az összes mennyiségnek csupán 2 %-a van adszorbeált vagy oldott állapotban.

A tápanyagtőke és a felvehető tápanyagkészlet között dinamikus egyensúly van. Az egyensúlyt a tápelemionok mozgékonyvá válása és megkötődésének mértéke szabja meg. Ez utóbbi folyamatokat döntően befolyásolja a növények tápanyagfelvétele és a mesterséges tápanyag-adagolás is. Míg az előbbi a mozgékonyvá válást, addig az utóbbi a megkötődést segíti elő. A mozgékonyvá válás a mállás és az ásványosodás során következik be. Növekszik a mozgékonyosság akkor is, ha az adszorbeált ionok oldatba kerülnek. A megkötődés bekövetkezhet adszorpcióval (de ez csak kismértékű), vagy oldhatatlan szervesetlen vegyületek képződésével (elsősorban a foszfor esetében). Megkötődést jelent az is, ha a tápelemek élő szervezetbe épülnek be.

Mind a makroelemek, mind a mikroelemek felvehetőségére nagy hatással van a talaj kémhatása. A legtöbb tápelem felvehetősége a semleges pH közelében a legnagyobb. Ez az egyik oka annak, hogy meszezéssel igyekeznek a növényi táplálkozás számára legkedvezőbb pH-viszonyokat kialakítani.

**A nitrogén körforgalma.** A körforgalom egyes folyamatai a talajt N-ben gazdagítják, míg más folyamatokban a talaj N-veszteség éri. A talajt gazdagító folyamatok: műtrágyázás, szerves-trágyázás és a mikroszervezetek N-kötése. A veszteségforrások: a növények N-felvétele, a denitrifikáció és a N-kimosódás. A denitrifikáció mértéke növekszik a talaj nedvességtartalmának növekedésével, illetve az oxigénhiány arányában, de függ a nitrát-tartalomtól és a könnyen bontható szerves anyagok mennyiségétől is



fordulnak elő a talajban. A kicsapott vegyületek hasznosíthatósága a keletkezett vegyületek átkristályosodása révén egyre csökken.

A foszfor vegyületeinek oldhatóságát figyelembe véve, a foszfor felvételére legkedvezőbb a pH=5,5–7,0 kémhatás-tartomány, mivel a kedvezőtlen leköötődési illetve átalakulási folyamatok elsősorban e pH érték alatt, illetve felett játszódnak le. Alacsony pH tartományban elsősorban a szabaddá váló vas- és alumíniumionok hatására kialakuló vas- és alumínium-foszfátok oldhatósága csökken le. Meszes talajokban a nagyobb kalciumion koncentráció miatt csökken a kalciumfoszfátok oldhatósága.

A foszfátionok koncentrációja a talajoldatban rendkívül kicsi ezért a növények ellátásában nagy szerepe van az oldódást elősegítő folyamatoknak, illetve a diffúciónak.

A talajok összes **kálium**tartalma 0,2–3,3% között változik, a szikes talajokban a 6%-ot is meghaladhatja. A nagy kvarctartalmú homoktalajok és a szerves talajok (láptalajok) káliumban szegények. A talaj K-tartalma nagyrészt a szilikátokban kötve található, ezért az agyagtartalom növekedésével növekszik a K-tartalom. Így pl. viszonylag nagy a csernozjom és a réti talajok K-tartalma.

Az ásványi talajokban K három különböző formában található: 1.- ionos formában a talajoldatban, 2.- ionos formában a kolloidokon adszorbeálva, 3.- az ásványok kristályrácsaiban.

A növények számára csak az első két forma közvetlenül hozzáférhető, a másik kettő nem. A talajoldat K-tartalma mindössze 1–2%-a a adszorbeált K-nak, és a adszorbeált kicserélhető K szintén csak 1–2%-a az összes K-nak, ezért a talaj K-tartalmának legnagyobb része nehezen hasznosítható. A különböző oldhatóságú K-formák egymással egyensúlyban vannak, egymásba átalakulhatnak de az átalakulások sebessége különböző.

A talajoldat K-tartalma és az adszorbeált K-tartalom között viszonylag gyorsan beáll az egyensúly, a tartalékformákból viszont csak nagyon lassan jut oldatban újabb kálium. Ugyanakkor a műtrágyával a talajba vitt K egy része fixálódhat. A növények K-ellátása szempontjából döntő jelentőségű a talajoldat K-tartalma. Ennek nagyságát nagymértékben befolyásolja az adszorbeált K-tartalom. Az egyensúly azonban másként alakul laza és kötött talajokon. Homoktalajon a adszorbeált K-tartalom növekedésével nagyobb mértékben növekszik az egyensúlyi talajoldat  $K^+$ -ion koncentrációja, mint agyagtalajon.

A növények  $K^+$ -ion formájában veszik fel a káliumot a talajoldatból. A felvétel során érvényesül a növények válogatóképessége, ugyanis a talajoldatban a Ca- és Mg-koncentráció általában nagyobb, mint a K-koncentráció, a növények mégis sokkal több káliumot vesznek fel, mint kalciumot vagy magnéziumot. A K-tartalom növényfajonként eltérő, általában többszöröse a Ca-, Mg-tartalomnak. Különösen nagy a fűvek K-tartalma.

Bár a növények bizonyos szelektivitással rendelkeznek, más ionok túlsúlya akadályozhatja a K felvételét. Fontos a talajoldat Ca/K aránya. A „mész-káli” törvény szerint bőséges K-ellátás mellett a Ca-felvétel szorul vissza, míg Ca-felesleg esetén a K-felvétel. Tulajdonképpen valamennyi fémkation kölcsönösen akadályozhatja egymás felvételét, vagyis a fémkationok és a szintén pozitív töltésű  $NH_4^+$ -ion között is antagonizmus áll fenn. Az antagonizmus azzal magyarázható, hogy a különböző kationok a szerves kötőhelyekről egymást kiszoríthatják a gyökérfelületen is.

A többi elemhez hasonlóan a **kalcium** nagy része is oldhatatlan vegyületek formájában van jelen a talajban. A tartalékok mobilizálhatósága azonban eltérő. A szilikátokban és apatitokban levő Ca csak igen lassú mállás után válik szabaddá, míg a karbonátok, így a kalcit:  $CaCO_3$  és a dolomit:  $CaMg(CO_3)_2$  kalciumja viszonylag könnyebben mobilizálható. A kalcium-kar-

bonát tiszta vízben nem oldódik, csak szénsav jelenlétében, ezért oldhatósága függ a talajoldat szénsavtartalmától.

A **magnézium** legnagyobb része szilikátok és karbonátok (dolomit) formájában van a talajban, ezek a vegyületek képezik a tartalék készleteket. Ezenkívül megtalálható a kolloidokon adszorbeálva és vízoldható vegyületek (pl. magnézium-szulfát) formájában is.

A **kén** a talajban szerves és szervetlen kötésben fordul elő. A szervetlen kéntartalom szulfátokból és szulfidokból áll. A növények a ként szulfát formájában veszik fel. A talaj kénforgalma szempontjából nem hanyagolható el a csapadékkal évente a talajba jutó S-mennyiség, mely különböző mérések és becslések szerint Közép-Európában mintegy 30–70 kg/ha lehet.

A talaj oldható **vastartalma** általában kicsi, a pH csökkenésével növekszik, és csak erősen savanyú talajokban - pl. podzolokban - jelentős mennyiségű. A vas mozgékonyasága a savanyú talajokban jó. Ennek következtében a feltalaj oldható vastartalma a mélyebb rétegekbe mosódik, ott kicsapódik. A vas mozgékonyasága függ a komplexképzők (ammónia, fulvosav) jelenlététől is. Az így keletkező komplexek, illetve kelátok a vasat megvédik a kicsapódástól, így a vas oldatban marad. A Fe mozgékonyaságát a talajban nagymértékben befolyásolják az oxidációs, redukciós viszonyok. A pangó víz elősegíti a redukciót. A mozgékonyabb kétértékű vas aránya a mélyebb talajrétegekben egyre nagyobb.

A különböző értékű **Mn**-ionok és -vegyületek oxidáció és redukció révén egymásba átalakulhatnak. Rosszul szellőző talajokon, kis pH-értékek mellett jelentős mennyiségű Mn redukálódhat. A  $Mn^{2+}$ -ionok koncentrációjának növekedése esetenként toxikus hatású is lehet.

A **réz** legnagyobb része szerves vagy szervetlen adszorpciós felületekhez kötve, kétértékű formában található a talajban. Előfordulhat szerves vegyületekben komplex kötésben is. Az ionos állapotú Cu a talajba jutva rövid idő alatt lekötődik.

A **cink** vegyületek oldhatósága a talaj pH-értékének növekedtével csökken. Sok foszfátot tartalmazó talajokban a növények Zn-felvétele nehezen oldható Zn-foszfátok képződése folytán visszaszorul.

A **molibdén** a talajban molibdenát-ion formában fordul elő. Mivel anion, ellentétben a többi nehézfém mikroelemmel oldhatósága a talajoldat savanyúságával nem nő, hanem csökken.

A **bór** jelentős része bórsav ( $H_3BO_3$ ), illetve borátok formájában található.

A gyökéren keresztül felvett tápanyag mennyisége egyfelől függ a talajban lévő tápanyagok mennyiségétől és a talajban uralkodó körülményektől, másfelől pedig a növény tápanyagfelvő képességétől. Ez utóbbit a növény aktív gyökérfelületének nagysága, a gyökerek ioncserélő képessége, valamint a tápanyagok feltárásához kibocsátott gyökérszűrtvíz mennyisége határozza meg. A gyökerek általában az oldott ionokat veszik fel, de emellett képesek közvetlenül a szilárd fázisból is tápanyagot felvenni. Az előbbi esetben ioncsere megy végbe a gyökérből származó  $H^+$ ,  $OH^-$ ,  $HCO_3^-$  ionok és a gyökér külső felületére érkező tápelemionok között. A tápanyagfelvétel helyére, a gyökérfelülethez az ionok diffúzióval vagy a gyökér felé áramló vízzel együtt mozogva jutnak el. A különböző tápelemek ionjai nem egyformán viselkednek ezekben a folyamatokban. A kevésbé mozgékony foszfátion nagyon lassú diffúzióval, a jóval mozgékonyabb nitrátion viszont a vízáramlással együtt halad.

A talajok tápanyagkészlete állandóan változik. A termésekkel évről évre jelentős mennyiségű tápanyagot vonunk el, a tápanyagok kimosódása és esetenként a denitrifikáció ugyancsak veszteséget okozhat. E veszteségeket kell szerves trágyákkal és a műtrágyázással pótolnunk, ezért is beszélünk tápanyag-utánpótlásról. A talaj tápanyagkészletét gazdagíthatja még a

mikroszervezetek N-kötése és a csapadékkal a talajba jutó tápanyag. A felső talajrétegek tápelemtartalmát növelhetik ezen kívül a talajvízből kapillárisan felemelkedő tápelemek.

A tápanyagok anyagáramlással és diffúzióval haladhatnak a gyökér felé. A gyökér is nő a friss tápanyagot tartalmazó talajrészek felé. Ezt intercepciónak nevezik. Az **anyagáramlás** a növények transzspirációjának következménye. A transzspiráció, illetve a vízfelvétel következtében a gyökér környezete elszegényedik vízben, az így létrejövő szívóerő hatására a talajoldat és vele együtt a benne oldott tápionok a gyökér irányába áramlanak. Az anyagáramlással szállított ionmennyiség a transzspiráció mértékétől, a talajok víztartalmától és a pórusok méretétől függ. A **diffúzió** hatása akkor érvényesül, ha az anyagáramlással odaszállított ionmennyiség nem fedezi a növény szükségletét. Ilyenkor ugyanis a gyökérzet aktív göcai közelében lecsökken a tápion-koncentráció és a kialakult koncentráció-gradiens hatására megindul a hiányzó elem diffúziója a gyökérhez. A kevésbé mozgékony elemek felvételében szerepe van az **intercepciónak** is. Ennek hatása különösen a foszforfelvételnél jelentős.

A talajok pH-pufferolóképeségén a talajok kémhatás-kiegyenlítő tulajdonságát értjük. A kémhatás-kiegyenlítő képességet a szerves és szervetlen kolloidok, a szénsav és sói adják. A humuszanyagok közül a humuszsavak és azok sói képeznek pufferrendszert. A gyengén humuszos, nem karbonátos homoktalajok pufferkapacitása a legkisebb.

A talajkolloidok felülete általában negatív töltésű, így elsősorban kationok megkötésére képesek. Anionadszorpció kisebb mértékben és ritkábban fordul elő. Hazai talajainkon a kolloidok túlnyomórészt negatív töltése, valamint a gyengén savanyú és gyengén lúgos kémhatás miatt a kationadszorpció az uralkodó.

### **A talaj tápanyagtartalmának megállapítása.**

A növények tápanyagszükségletének megítélésében nagy szerephez jut a talaj. A talajok tápanyagtartalmát vizsgáló módszerek között találunk mikrobiológiai, növényfiziológiai és kémiai módszereket.

Mikrobiológiai módszer pl. az Aspergillus módszer, mely az Aspergillus niger gomba segítségével határozza meg a talajok foszfor és kálium tartalmát.

Növényfiziológiai módszer a Neubauer módszer. Ennek alapja, hogy a csíranövények már az első gyökerecskéikkel a talajból veszik fel tápanyagaikat, nem a mag tartalék-anyagaiból. Ha kismennyiségű talajon nagyszámú csíranövényt nevelünk, azok rövid idő alatt felveszik a talaj tápanyagait. A csíranövények tápelem-összetétele jellemző a talaj tápanyag-szolgáltatására.

Kistenyészedényes kísérleteken alapul Chaminade módszere. Teljes trágyakezeléssel ellátott, valamint tápanyaghiányos edényeket állít be, mely utóbbiakból egy elem hiányzik. Nagyobb, – Mitscherlich féle – tenyésztedényekben a növényt a termésképzésig is felnevelhetjük.

A talajok tápanyagtartalmának meghatározására országonként számos különböző kémiai módszert használtak és használnak ma is. A célnak tulajdonképpen minden olyan módszer megfelel, melyet növénykísérletekkel kalibrálva, jó összefüggést kapunk a vizsgálati értékek és a növény által felvett tápanyag mennyisége között. A kalibrálás viszont elengedhetetlen feltétele valamely módszer használatának.

Az ammóniumlaktát ecetsavas oldata (AL-oldat) gyengén savanyú pufferelt kivonószer. Pufferképesége miatt meszes talajok vizsgálatára is alkalmazható, mert a talaj mézstartalma kisebb mértékben befolyásolja a kivonószer savanyúságát. Nem befolyásolja a talaj mézstartalma az Olsen féle (NaHCO<sub>3</sub> oldatban meghatározott) P mennyiségét sem. Ez a módszer főleg Nyugat-Európában terjedt el.

Hazánkban jelenleg az AL módszer használatos a talajok P és K tartalmának megítélésére, bár kutatási célokra az Olsen és egyéb, pl. vizes kioldáson alapuló módszereket is használják a talaj-P meghatározására.

A talajok nitrogén ellátottságának jellemzésére – régebben, de még ma is használatos – a humusztartalmat találták megfelelőnek. Úgy számítható, hogy a talaj humusztartalmának évente átlagosan mintegy 1–2%-a ásványosodik és lesz felvehető a növény számára. Az ingadozás sok tényezőtől függ és igen nagy.

Elsősorban a cukorrépa termesztésben elterjedt szaktanácsadási módszer elektro- ultraszűrési (EUF) talajvizsgálati adatokat használ fel. Az EUF módszerrel különböző erősségű elektromos tér segítségével vonjuk ki talajszuszpenzióból a különböző erővel kötött tápanyag frakciókat.

## **4. A talaj fizikai tulajdonságai**

### **4.1. A talaj építőanyagai**

A talajt négy fő összetevő alkotja: ásványi anyag, szerves anyag, víz és levegő. Egy ideális szerkezetű vályogtalaj térfogata 50 %-ban pórusokból, 45 %-ban ásványi alkotórészekből, 5 %-ban pedig szerves anyagból áll. Az utóbbinak tekinthetjük a talajban lévő élőlényeket is. Optimális nedvességtartalom esetén a pórusok fele vízzel, a másik fele levegővel van tele, de ez az arány az időjárástól és egyéb körülményektől függően jelentősen változhat. A talajban élő növények és mikroszervezetek megfelelő fejlődéséhez a levegőnek és a víznek optimális arányban kell a pórusokat megtöltenie.

A talajban a durvább kőzdaraboktól kezdve az agyagfinomságú ásványi részekig mindenféle nagyságú, szilárd, szervesetlen alkotórész megtalálható. A 2 mm-nél nagyobb részeket kavicsnak, a 2,0–0,2 mm átmérőjű részeket durva homoknak, a 0,2–0,02 mm-es részeket finom homoknak, a 0,02–0,002 mm nagyságú részeket pornak nevezzük. Mindezek a talajszerkezet építőkövei, a vázrészecskék. A 0,002 mm-nél kisebb részeket agyagnak nevezzük. A talajok esetében már a 0,002 mm-nél kisebb agyagrészecskék is kolloidnak tekinthetők, annak ellenére, hogy különben a kolloid mérettartomány felső határa 0,0005 mm. Ez azért van, mert ez utóbbi mérethatár a közel gömb alakú részecskékre vonatkozik, míg az agyagrészecskék jellemzően kis lemezekből állnak. Ilyen alak esetében már nagyobb méret esetében is elég nagy ahhoz a fajlagos felület, hogy a kolloidokra jellemző felületi jelenségek megjelenjenek.

A részecske-összetétel meghatározása teszi lehetővé, hogy a gyakorlati talajművelésben használatos agyag-, vályog- és homoktalaj elnevezést valamilyen szemcseösszetételhez kapcsoljuk. A különböző nagyságú részecskék arányától függően ugyanis különböző fizikai talajféleségek jönnek létre. Az ún. homoktalajban elsősorban homokszemcsék, a vályogtalajban főleg porrészecskék, az agyagtalajban pedig az agyagszemcsék jelenléte a meghatározó.

A fizikai talajféleségek a művelhetőséget is jelzik. Köztudott, hogy a több agyagot tartalmazó talaj nehezebben művelhető. A talajművelő eszközökkel szemben tanúsított ellenállás a talaj kötöttsége. Ennek alapján a homok lazának, a vályog középkötöttnek, az agyag pedig kötöttnek minősül.

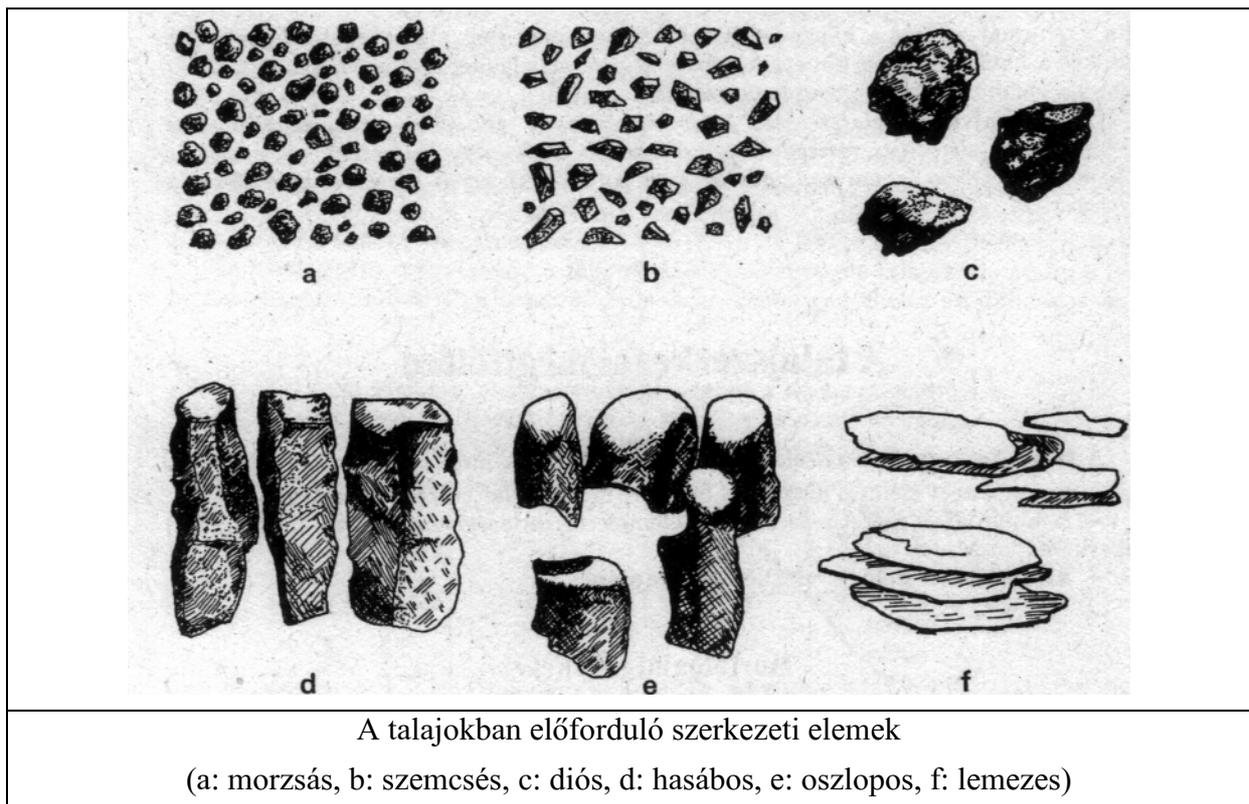
A víz a talajrészecskék felületén különböző vastagságú hárttyákat képez, és behatol a részecskék közötti pórusokba is. A vízben oldott sók fontos növényi tápanyagok, ezenkívül részt vesznek a talajképződési folyamatokban, a nátriumsók pl. a szikesedési folyamatokban.

A talajban lévő levegő összetétele hasonló a légköri levegőéhez, a legnagyobb különbség a szén-dioxid mennyiségében van. Míg a légkörben 0,03 százalék szén-dioxid van jelen, addig a

talajlevegőben ennek többszöröse is lehet. A talajban a levegő nem alkot folyamatos fázist, hanem egymástól elszigetelt, kisebb-nagyobb pórusokat tölt ki, ezért összetétele helyről helyre változik. Relatív nedvességtartalma is különbözik a légköri levegőétől, kedvező nedvességviszonyok esetén a 100 százalékot is megközelítheti.

## 4.2. A talaj szerkezete

Az egyes szilárd részecskék a talajban egymástól ritkán különülnek el, rendszerint összetapadnak, és kisebb-nagyobb halmazokat alkotnak. Ezekben a vázrészek veszik át az építőkövek szerepét, míg a közöttük lévő pórusokat levegő, víz és kolloid állapotú agyag és humusz tölti ki, mégpedig úgy, hogy a humusz- és agyagrészecskék egymással szorosan összetapadva kocsonyás szerkezetű ragasztóanyagot képeznek, és ebbe ágyazódnak bele a vázrészek. Az így létrejövő halmazok, aggregátumok összetartásában és nagyobb egységekbe, morzsákba való tömörítésében kémiai cementáló anyagok is részt vesznek. Ilyenek az aggregátumokat lepletszerűen bevonó vas-, alumínium- és mangán-hidroxid-gélek, valamint a mikrokristályos lepedéket alkotó kalcium-karbonát. Biológiai tényezők is hatnak a morzsák kialakításában. A növények gyökerei, a gombák és a sugárgombák fonalai behálózják és egymáshoz szorítják az aggregátumokat, ezen kívül ragasztóanyag lehet a gyökerek és a talajban élő állatok nyálkás váladéka is, pl. a földigiliszták emésztőnedve.



A talajaggregátumok egyesülésével jön létre a földművelési szempontból oly értékes, tartósan morzsás talajszerkezet. A talajmorzsáknak elsősorban a víz fizikai és kémiai romboló hatásával kell elég tartósnak lenniük, ennek elérésében legtöbbször a biológiai és a kémiai kötőanyagok segítenek. A morzsás szerkezet növeli a talaj víztároló képességét, javítja a levegőgazdálkodását, kedvezőbb feltételeket teremt a mikrobiológiai folyamatokhoz és a növények táplálkozásához.

A poros, tömődött talajszerkezet egyedi részecskékből épül fel. A túl szorosan illeszkedő részecskék közötti térben meglehetősen levegőtelen körülmények alakulnak ki a növények számára.

A csernozjom talajokra jellemző a morzsás szerkezet. A morzsák kis méretű (néhány mm nagyságú), lekerekített éllel rendelkező képződmények. Létrejöttükben jelentős szerepe van a fagyás és olvadás következtében bekövetkező aprózódásnak. A szerkezeti elemeket összetartó erők közül jellemző a lágy-szárú növények gyökéryomása. A morzsákhoz hasonló, de nagyobb szerkezeti forma a rög illetve a hant.

A szemcsés szerkezet elemeinek mérete hasonló a morzsáéhoz, de éllel rendelkező formájú. A diós szerkezeti elem a szemcse nagyobb méretű párja. A szemcsés a diós és a lemezes szerkezeti elemek jellemzően az erdőtalajokban fordulnak elő.

A hasábos szerkezetek a réti míg az oszlopos szerkezetek a szikes talajokban fordulnak elő. Ezeknél a talajoknál jellemző a nedvesedés hatására előálló nagymértékű duzzadás és a kiszáradást követő jelentős zsugorodás. Ezen erők hatására keletkeznek ezek a függőlegesen álló elnyúlt szerkezeti elemek.

### **Víz és levegő a talajban**

Elsősorban a talajszerkezet szabja meg a talajban lévő pórusok nagyságát és eloszlását, más néven a pórusteret. A talajban a víz megtartása és mozgása a szilárd részecskék között, illetve azok elsődleges és másodlagos halmazai között történik.

Nem mindegy, hogy a pórustér milyen apróbb-nagyobb üregekből tevődik össze, és hogy milyen a különböző méretű pórusok aránya. A 30  $\mu\text{m}$ -nél nagyobb pórusok elsősorban a talaj levegőzését szolgálják, a 30–3  $\mu\text{m}$  átmérőjűek a talaj víztartó és vízvezető képességét szabják meg, míg a 3  $\mu\text{m}$ -nél kisebb átmérőjűek a mikroszervezetek megtelepedéséhez biztosítanak helyet. A különböző méretű pórusok legkedvezőbb aránya: 1:1:1. A nagyobb átmérőjűek általában a szerkezeti elemek között találhatóak, míg a kisebb, többnyire kapilláris méretűek főleg a szerkezeti elemeken belül helyezkednek el. Méretüket elsősorban a talaj fizikai félesége szabja meg. Azonos pórustér esetén a homoktalajokban több a nagyobb pórus, mint az agyagtalajban.

A szilárd alkotórészek, különösen a kolloid állapotú anyagok, a talaj folyékony fázisából vizet kötnek meg. Ez a víz több száz molekula vastagságú réteget alkot. A legbelső vízréteg igen nagy – mintegy 10 000 bar = 106 kPa = 103 MPa – nyomásnak megfelelő erővel tapad a talajrészecskéhez, és sűrűsége is nagyobb, mint a közönséges vízé (1,7 g/cm<sup>3</sup>). A vizet megkötő erő a talajrészecskék felszínétől távolodva csökken, a vízhártya külső felületén a nyomás már csak 0,5 bar körül van. A nagyobb pórusokban vastagabb, a kisebbekben vékonyabb a vízréteg, ezért szoros összefüggés van a talajban lévő pórusok átmérője és a bennük lévő víz elszívásához szükséges erő nagysága között. A szívóerő által kifejtett nyomást szintén barban fejezzük ki.

Ezek alapján természetesnek tűnik, hogy a növények nem azonos módon veszik fel a különböző méretű pórusokban lévő vizet. Minél nagyobb egy pórus, annál kisebb erővel kötődik a talajhoz a benne lévő víz, és ezért könnyebben felvehető a növények számára. A gyökerek általában 15 bar (= 1,5 · 103 kPa = 1,5 MPa) nyomásnak megfelelő szívóerőt fejtenek ki, ezért az ennél erősebben kötött víz a magasabb rendű növények számára nem hozzáférhető. A hervadáspont az a talajnedvesség-határérték, amelynél a növények elhervadnak, mert a talaj víztartalma már nem hozzáférhető számukra, azaz „holtvíz”. A „holtvíz” mennyisége a homoktalajokban kicsi, az agyagtalajokban nagyobb, általában 3 és 30 térfogatszázalék között van.

A kötőerőt vízoszlop cm-ben is kis szokták fejezni. Ennek logaritmus a pF. A pF-görbe azt mutatja meg, hogy adott pF kötési erőt meghaladó mértékű erővel megkötött vízmennyiség milyen nagyságú a talajtér fogat %-ában kifejezve. A pF-görbéről leolvasható jellemző

értékek: a 4,2 pF értékhez tartozó nedvesség a holtvíz-tartalom, mivel az ilyen és ennél nagyobb erővel kötődő vizeket a növény már nem képes felvenni és hasznosítani. A 2,5 pF érték a szabadföldi (szántóföldi) vízkapacitás, ami a kapillárisan kötött talajnedvesség határa, ennél kisebb erővel kötődő víz a talajból, a talaj pórusaiból a nehézségi erő hatására kiszivárog és a növény számára nem hasznosítható. Amennyiben a gravitációs méretű pórusok telítődnek, az a növény számára levegőhiányt okoz, a növény megfullad. A 2-es pF értéket tekinthetjük olyannak, amely fölötti telítődés a növény számára káros lehet: az ehhez tartozó pF-érték a minimális vízkapacitás, levegőkapacitás. A pF=0 a teljes telítődés: a talaj teljes vízkapacitása, ami lényegében azonos a porozitással. A növények a holtvíztartalom és a szabadföldi vízkapacitás közötti tartományban lévő vizeket képes hasznosítani: ez a hasznosítható, hozzáférhető, diszponibilis víz. A pF-görbe, a jellemző pF-értékekhez tartozó nedvességtartalom és maga a hasznosítható nedvességtartalom nagysága talajtípusonként változik: a kötött talajok esetében magas a holtvíztartalom, de magas a kötött víz is. A laza, homoktalajok esetében a holtvíztartalom ugyan alacsony, de alacsony a kapillárisan visszatartott, kötött talajnedvesség is. A legkedvezőbb adottságokkal a növények számára a közép-kötött, vályogos talajok rendelkeznek.

A Föld vízkészlete mintegy 1021 kg-ra becsülhető. Ennek 80–90 százaléka alkotja az óceánokat, 1–2 százaléka jég formájában van jelen. A fennmaradó rész a légkörben, a kőzetekben, a tavak és folyók vizében, valamint a talajban van. Érdekes módon a talaj közel annyi vizet raktároz el, mint amennyi a tavak és folyók vízmennyisége, vagyis a földi vízkészlet 0,01–0,001 százaléka.

### 4.3. A talaj vízgazdálkodása

A víz mozgását a talajban két fő erő szabja meg: a nehézségi erő, amelynek hatására a víz lefelé igyekszik elmozdulni, valamint egy vonzóerő, amely a vízmolekulák megtartására törekszik, és a talajrészecskék körül alakít ki vízvártót. A részecskék felületétől kb. 60  $\mu\text{m}$ -re a vonzóerő megszűnik, ennél távolabb tehát a víz szabadon mozoghat a nehézségi erő hatására. Mozgása szoros összefüggésben van a pórusok nagyságával. A szűk pórusokban ugyanis a teljes vízmennyiség igen közel van a talajrészecskék felületéhez, ezért a nagy vonzóerő miatt nehezebben mozoghat el. A tágabb pórusokban viszont a víz egy része elég messze van a talajrészecskék felületétől ahhoz, hogy szabadon mozoghasson.

A talajban a hajszálcsővesség is érvényesül, és a víz a kapillárisok útján a nedvesebbtől a kevésbé nedves hely felé vándorol.

A talajból a víz a felszíni párolgás, a növények lombzatának párologtatása, valamint a talajvízbe való leszivárgás következtében távozhat el. A párolgás során először a felszíni rétegek száradnak ki, majd ennek ellensúlyozására a kapillárisokon keresztül a mélyebb és nedvesebb talajrétegekből pótlódik a nedvesség. Mivel a homoktalajokra jellemző nagyobb pórusokban a víz gyengébben van megkötve, mint az agyagtalajok szűk pórusaiban, a homoktalajok gyorsabban száradnak ki, mint az agyagtalajok.

A párologtatás során a növények gyökereikkel felszívják a talajban lévő nedvességet, és azt a leveleken keresztül a levegőbe juttatják. Minél mélyebbre hatol le a gyökérzet, annál mélyebbről tudja magát vízzel ellátni, és annál kisebb az aszályveszély is. Ugyanakkor a mélyebbre nyúló gyökerek mélyebben ki is szárítják a talajt.

Hazánkban aszálykor a bevetetlen homoktalaj 50–60 cm-ig, az agyagtalaj 30–40 cm-ig, míg a növényvel borított talaj a gyökérzet szintjéig, gyakran 150 cm-ig is kiszáradhat. Az őszi és a téli csapadékmennyiség rendszerint elegendő ahhoz, hogy akár a mélyen, 1,5 m-ig kiszáradt talajt is vízzel telítse. A tavaszi és a nyári csapadék viszont általában csak a felső réteget képes beáztatni, ráadásul egy része arra használódik el, hogy hervadáspontig feltölti vízzel a

talajt. A sekély beázás következtében pedig a víz többi része sem marad sokáig hozzáférhető a növények számára, hiszen meleg időben a felszínről gyors a párolgás.

A talajok nedvességdinamikája alapján három alapvető **vízgazdálkodási típus** különböztethető meg.

A **kilúgzásos típus** esetében a talajszelvényben a lefelé irányuló vízmozgás uralkodik, és kilúgzási folyamatok mennek végbe, a felszínre eső csapadék egy része ugyanis eljut a talajvízig. Ilyenek hazánkban az erdőtalajok.

Az **egyensúlyi típus** esetében a felszínre jutó víz talajba szivárgott hányada nem éri el a talajvíz szintjét, hanem a beázási rétegben mozog le és fel, a talaj oldott alkotórészeivel együtt. Ekkor a lefelé mozgó víz és a – párolgás hatására – fölfelé irányuló vízmozgás egyensúlyban van. Hazánkban ehhez a típushoz a csernozjomtalajok tartoznak.

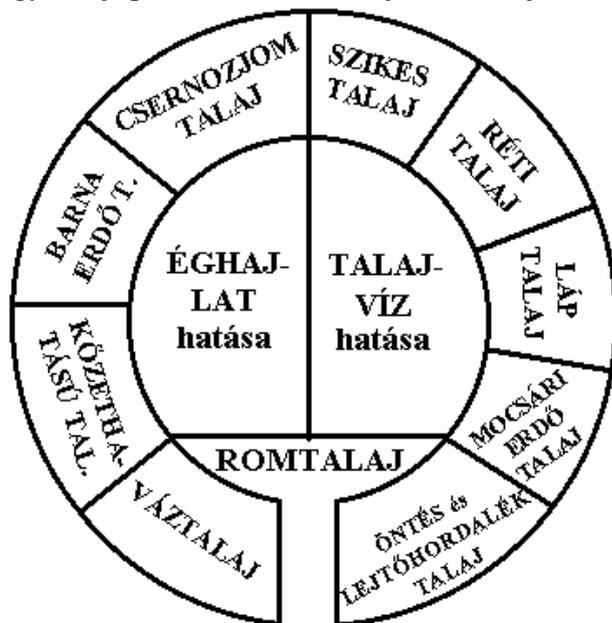
A **párologtató típus** esetén a talajba jutó csapadék és a talajvíz együttesen párolog, a talajszelvényben a fölfelé irányuló vízmozgás és a fölfelé mozgó vízzel történő anyagszállítás van túlsúlyban. Ilyenek nálunk a szikes talajok.

## 5. Talajkészleteink

### 5.1. Magyarország talajai

Hazánk talajait a természettudományos alapokon nyugvó genetikai és talajföldrajzi elvek alapján csoportosítjuk. A csoportosítás azért genetikai, mert a talajokat fejlődésükben vizsgálja, és azért talajföldrajzi, mert a talajtípusokat a földrajzi tájegységek figyelembevételével egyesíti főtípusokra.

Egy talajtípusba azokat a talajokat soroljuk, amelyek hasonló környezeti tényezők együttes hatására jöttek létre, és a fejlődés hasonló állapotát érték el. Az alábbi ábra a genetikai talajosztályozás fő elveit mutatja be. A két szelő az ún. főtípusokat három mezőre osztja. A vízszintes szelő alatt vannak azok a talajok, amelyek kialakulását valamely tényező gátolja.



A vízszintes szelő fölött a függőleges választóvonalától balra helyezkednek el azok a talajok, amelyek az éghajlat hatása alatt állnak. Kialakulásukra a talajvíz és a felszíni vizek nem hatnak, azt csupán a csapadékból származó víz befolyásolja.

A kőzet talajfejlődést irányító szerepe fölfelé fokozatosan gyengül.

Ez a többlet felszíni vizekből vagy közeli talajvízből származhat. A víz talajképző-

dést befolyásoló szerepe fölfelé haladva fokozatosan gyengül.

A talajok általában réteges szerkezetűek. Ez a rétegződés általában a talajfejlődés eredménye. A felső humuszos szintet A-val jelöljük. Az nyers ásványi anyagot tartalmazó szintet amelyen

a talajfejlődés megindult és jelenleg legalul (kb. 1 m) található C-vel jelöljük. A kettő között szintet amely felhalmozódási vagy csak átmeneti B-vel jelöljük.

### ***Váztalajok***

A váztalajok fő jellemzője, hogy képződésükben a biológiai folyamatok csak kevésbé vagy rövid ideig hatnak. Ezek a talajok fiatalok, a képződési folyamat kezdetén állnak.

A köves, sziklás talajok esetében a tömör kőzet aprózódása és mállása még nem haladt oly mértékben előre, hogy a talaj a növényzet megtelepedésére alkalmas lenne, vagyis elegendő vizet és tápanyagot szolgáltatna a nagyobb tömegű szerves anyagot képező növényzet számára. Ilyen talajok ott fordulnak elő kiterjedten, ahol nagyok az eróziós hatások, ahol a víz vagy a szél a mállástermékeket közvetlenül képződésük után elszállítja. A talajréteg általában 10 cm-nél vékonyabb, és sziklás foltokkal váltakozik.

Földes, kopárnak nevezett talajok esetében a talajképződést nem a mállott anyag hiánya, hanem a felszín gyors és állandó pusztulása akadályozza. A talajképző kőzet mélyebb átalakulására azért nincs lehetőség, mert eróziós folyamatok a már esetleg átalakult anyagot a helyéről elszállítják, és így mindig újabb és újabb anyag kerül a talajképződési tényezők hatása alá.

Futóhomok felszínén a szél a homokszemeket folytonosan görgeti vagy helyükről felemelve arrébb szállítja. A mozgó felszín következtében nem tud állandó növénytakaró megtelepedni és huzamosabb ideig hatni a talajra.

### ***Öntés és lejtőhordalék talajok***

Az öntéstalajoknál a talajképződés megindulását az akadályozza meg, hogy a rendszeresen ismétlődő áradások üledékeket terítenek szét. Ha ez megszűnik, és a felszínt hosszabb ideig növénytakaró fedi, akkor humuszosodás, réti, esetleg lápos talajképződés indul meg. Az öntéstalajok a folyók árterületein találhatóak, tulajdonságaik nagymértékben a hordalék származási helyétől függenek. A Rába, a Tisza és a Körösök öntéstalajai savanyúak, míg a Duna öntéstalaja meszes.

### ***Közethatású talajok***

A közethatású talajok esetében a növényzet már huzamosabb ideje megtelepedett a kőzeten, de a talajréteg még vékony rajta, ezért a kőzet hatása továbbra is erőteljes. A rendzinalajok tömör, mésztartalmú kőzeten – hazánkban elsősorban mészkövön, márgán és dolomiton – alakultak ki. A sekély termőrétegben erőteljes a humuszosodás és gyenge a kilúgzás. A sok kőtörmelék és a vékony termőréteg miatt ez a talaj általában kevés vizet tárol.

### ***Barna erdőtalajok***

Erdő azokon a területeken települhet, ahol az évi csapadékmennyiség elég nagy. A lehulló csapadéknak csak egy része párolog el a lombzatról, a többi a talajba szivárog. A fák alatt csökken a szelek szárító hatása, a levegő állandóan párás, és a talaj felszínét avartakaró borítja. Mindezek megakadályozzák a nagyobb mértékű párolgást. A talaj A szintjében fák leveleinek bomlása közben savanyú humuszvegyületek képződnek. A bontást elsősorban gombák végzik, melyek savanyú anyagcsere terméket állítanak elő. A nagyobb csapadék beszivárgás és az hogy a fák a mélyebb talajrétegekből szívják fel a vizet lefele irányuló vízmozgást eredményez elsősorban az A és a B szint között. Ezek együttesen azt eredményezik, hogy az anyagok, - elsősorban a kationok – az A szintből a B szintbe

vándorolnak. Ez tovább fokozza az A szint savanyodását, hiszen az eltávozott kationok helyét a talajkolloidokon hidrogénion foglalja el.

Egyes típusaik jellegzetes barna színe miatt ezeket a talajokat összefoglaló néven barna erdőtalajoknak nevezik. A barna erdőtalajok az ország területének több mint 30 százalékát borítják. Legelterjedtebb közülük az **agyagbemosódásos barna erdőtalaj**. Jellegzetes talajképződési folyamata az agyagvándorlás, ami azt jelenti, hogy az A szinten a savanyú humuszanyagok hatására bekövetkező kilúgzás a bázisok mellett elmozdítja az agyagrészeket is a kilúgzási szintből. A vándorló agyag csupán felhalmozási szintig (B) jut el, és jellegzetes vörösesbarna agyagos szintet hoz létre.

### ***Csernozjomtalajok***

A mezőségek jellegzetes talajtípusa a csernozjomtalaj. A mezőségi növényzet olyan területen jön létre, ahol a talajvíz 4 m-nél mélyebben van, és az évi csapadékmennyiség 600 mm-nél kevesebb.

Mivel a talajvíz mélyen van, ezért szárazságtűrő fűvek élnek a területen. A gyepnövényzet évente elpusztul, és csak a föld feletti száraz és gyökértörzsek telelnek át. A talaj humusztartalma nagy, és jól levegőzött viszonyok mellett jó minőségű, kalciummal telített humuszanyagok képződnek. A felső talajszint a nagy mennyiségű gyökér következtében morzsalékosává válik. A csernozjomtalajokra a humuszanyagok felhalmozódása és a morzsalékos szerkezet mellett a kalciummal telített talajoldat kétirányú mozgása (lefelé-felfelé) jellemző. A humusz felhalmozódását az okozza, hogy egyrészt sok növényi maradvány keletkezik, másrészt a szerves anyagok lebomlása viszonylag lassú. Ugyanis a szerves anyagok, illetve a humusz bontását mikroszervezetek végzik. Ezek tevékenysége az év nagy részében korlátozott: télen a fagy, nyáron a szárazság miatt. A humuszos réteg általában vastag, mert a felszín közelében képződött humuszt a talajlakó állatok a mélyebb talajrétegekbe keverik. A vízmozgás jellemzően egyensúlyi, ezért sem kilúgzás, sem felhalmozódás nem lép fel. A B szint átmeneti jellegű.

A **mészlepedékes csernozjomtalajok** nemcsak hazánk, hanem az egész Duna-völgy jellegzetes sötétbarna színű talajképződményei. Elnevezésüket a szelvényükben általában 30–70 cm mélységben megjelenő mészlepedékről kapták, ami a talajmorzsákat vékony, penészhez hasonló, mikrokristályos hártaként vonja be. Az egész szelvény telítettsége 100 százalékos, a feltalaj kémhatása semleges vagy gyengén lúgos. A mély, humuszos A szint és a mészlepedékes B szint, valamint a humusz nélküli C szint között fokozatos az átmenet (BC szint).

### ***Szikes talajok***

A szikes talajok létrejöttében és tulajdonságaik kialakításában a vízben oldható nátrium-sóknak van döntő szerepük. A sófelhalmozódás úgy jön létre, hogy a magas talajvízszint és a száraz klíma hatására a talajvíz felfelé áramlik. A felszínről viszont csak a víz képes eltávozni az oldott sók nem.

Két alapvető típusát különböztetjük meg a szikes talajoknak. Az ún. szolonsáktalajra a talaj felső szintjében, illetve a felszínen megmutatkozó vízoldható nátriumsók felhalmozódása – néha kiválása – a jellemző. Az ún. szolonyectalajra viszont a kicserélhető nátriumionok feldúsulása jellemző a felszín alatt elhelyezkedő genetikai szintekben.

A **szolonsáktalajok** szelvénye nem mutat jelentős tagozódást. A nátriumsók hatására fizikai tulajdonságaik kedvezőtlenek, kémhatásuk erősen lúgos. A feltalaj színe szárazon világosszürke, mélyebben valamivel sötétebb és rozsdás erekkel tarkított. Száraz időszakban a fel-

színen sókivirágzások láthatók. A talaj szerkezete tömött, szárazon repedező, nedvesen elfolyósodó.

A **szolonyectalajok A** szintje általában 15 cm-nél vékonyabb, világosszürke színű, vízdoldható sötét nem vagy csak nagyon kis mennyiségben tartalmaz. Jellemző rájuk, hogy a kicserélhető kationok között a nátriumionok mennyisége több mint 15 százalék. A jellegzetes oszlopos szerkezetű szolonyec **B** szint több agyagot tartalmaz, mint az A szint, és ez a szint a sók és a nátriumionok felhalmozódásának a helye.

### ***Réti talajok***

Dombvidéki völgyekben és folyók öntésterületeinek mélyebb fekvésű részein buja réti növényzet él, amely nedves talajok vízkedvelő füveiből áll. Mivel a terület a környezetéhez képest mélyebben fekszik, a környező magasabb területekről ide futnak össze a felszíni vizek, a talajvíz 0,5–3,0 m-re van a talajfelszín alatt. A réti talajokban ezért rendszerint nyirkos, levegőtlen viszonyok uralkodnak. Ezek eredményeképpen a mozgékonyabb vasvegyületek nyomait láthatjuk glej, vasborsó és rozsdafolt formájában. Részben a humusz is vasvegyületekhez kötődik, ezért a humuszos szint fekete színű. A kedvező mállási körülmények következtében a réti talajok hajlamosak az agyagosodásra, ezért sok az erősen kötött réti talaj. Igen nehezen művelhetők. A kicserélhető kationok között a magnézium aránya gyakran eléri a 30 százalékot.

### ***Láptalajok***

E talajok állandóan vagy legalábbis az év nagyobb részében víz alatt állnak, illetve vízzel telítettek. Emiatt az egész talajszelvény levegőtlen. A vizinövényzet – a nád, sás, káka – elhalása után a maradványok levegőtlen viszonyok között bomlanak. A láptalajok ezeknek a szerves anyagoknak a felhalmozódásából jönnek létre. A humuszképződés mellett nagymértékű tőzegesedés is fellép. Ekkor a vizinövények föld feletti részei és a gyökerek nem bomlanak el egészen, hanem egy részük megőrzi az eredeti sejtszerkezetet, és évről évre felhalmozódva vastag réteget képez.

## **5.2. Termőtajaink**

Ha áttekintjük, hogy a domborzat, a talajvízszint és az éghajlat milyen hatással van a talajképződésre földrajzi ismereteink alapján nagyjából kirajzolódik a magyarországi talajtípusok földrajzi elhelyezkedése.

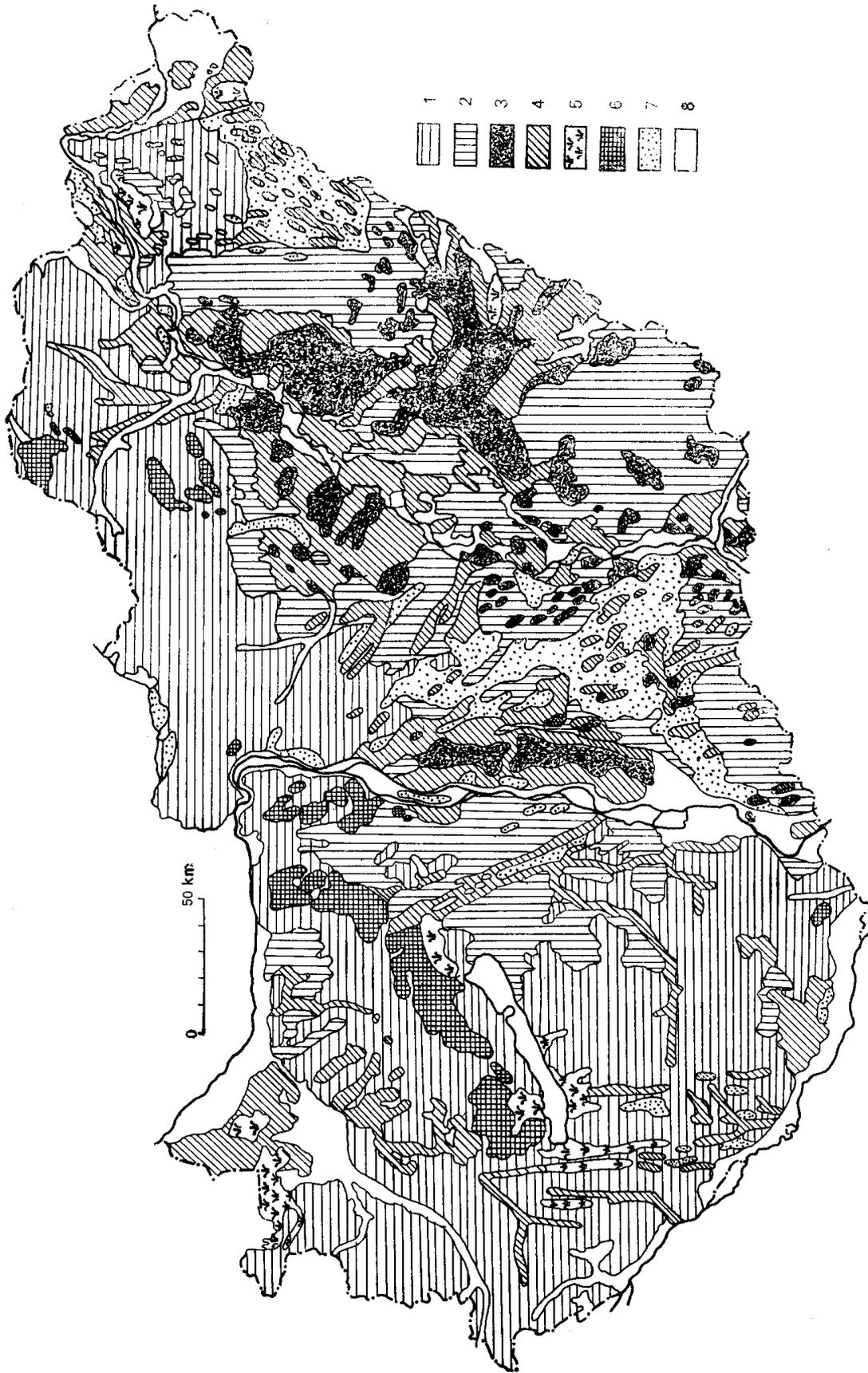
Az előző vázlaton az 1-el jelölt hegyvidéken barna erdőtalajok fordulnak elő. A meredek lejtőkön (2) az erős erózió miatt, gyakran fordulhatnak elő köves sziklás vázталajok. Az innen lemosódott anyag a kevésbé meredek területeken felhalmozódva lejtőhordalék talajokat alkot. A talajvízszint (4) mélysége a barna erdőtalajok esetében meghaladja a 4 métert, így a kapilláris zóna nincs kapcsolatban a felszínnel és a talajvíz nem befolyásolja a talajképződést.

Jelenlegi, vagy korábbi felszíni vizein árterületein azokon a területeken, ahol a magas vízállás, folyamatosan 0,5–1 m közötti általában láptalajokat (8) találunk. Kissé magasabb területeken, ahol a talajvízszint 0,5–3 m között ingadozik réti talajokat (7), ahol pedig a magas talajvíz sötét is tartalmaz ott szikes talajokat (6) találunk. Ez a sófelhalmozódás jellemzően ott jelentkezik, ahol a talajvíz oldalirányban nem áramlik és a víz csak felfelé vízpára formájában távozhat a talajból a száraz éghajlat miatt.

Az erdőtalajok és a talajvízhatása alatt képződött talajok közötti szinten, illetve területeken találjuk a csernozjom talajokat, amelyekre függőleges irányban az egyensúlyi vízmozgás jellemző.



A következő lapon levő térképen a főbb talajtípusok magyarországi elhelyezkedését láthatjuk.



108. ábra. A főbb talajtípusok elterjedése hazánkban

1 - barna erdőtalajok, 2 - csernozjomok, 3 - szikések, 4 - réti talajok, 5 - láptalajok, 6 - rendzinák, 7 - homokos vázталajok, 8 - öntéstalajok

A **barna erdőtalajok** az Alpokalja, a Dunántúli-középhegység, a Dunántúli-dombság és az Északi-középhegység jelentős területeit borítják. Az Alföldön a Gödöllői-hát folytatásában valamint a Nyírségben található homokon képződött barna erdőtalajokat. Az Alpokalján, a Dunántúli-dombság, a Balaton-felvidék és az Északi-középhegység vulkanikus hegyei környékén valamint a Nyírségben savanyú alapkőzetben képződött erősen savanyú erdőtalajokat találunk.

Jellegzetes mészlepedékes **csernozjom talajok** jöttek létre a Mezőföldön, a Tolnai-dombságon, a Pécsi-síkságon és a Kisalföldön. Emellett az Alföldön is jelentős területeket foglalnak el csernozjom talajok, főleg a hajdúsági, a békési és az észak-bácskai térségben. Ezek az ország legjobb gabonatermő vidékei.

A **szikes szoloncsáktalajok** nagyobb területen a Kiskunságban található, a szolonyectalajok pedig, meglehetősen mozaikszerűen, túlnyomórészt a Hortobágyon és a Körösök vidékén fordulnak elő.

**Réti talajok** az Alföld mélyebben fekvő területein jöttek létre, ott ahol rendszeresen magas talajvízszint fordult elő.

**Láptalajokat** a Hanságban, a Balaton környékén a Sárréten és az Ecsedi-láp területén találunk egybefüggő nagyobb területeken.

Közethatású talajok közé tartozó **rendzina** talajokkal a Dunántúli-középhegységben, a Bakonyban és az Agteleki-karsztban találkozhatunk.

**Homokos váztalajok** jellemzően a Duna-Tisza-közi hátság nagy részén és a Nyírség déli részén fordulnak elő.

**Öntéstalajokkal** a folyók mentén, a korábbi, vagy jelenlegi árterületeken találkozhatunk.

### 5.3. A termőföld értéke

A termőföld értéke kiegyensúlyozott piaci viszonyok között a rajta megtermelhető tiszta jövedelemtől függ. Ezt termesztési és közgazdasági feltételek szabják meg.

A **közgazdasági** feltételek közé a termék értékesítési lehetőségei, a szükséges anyagok (műtrágyák, vetőmag, gépek stb.) beszerzési lehetősége, a szállítási útvonala hossza, állami elvonási illetve támogatási rendszer, túltermelés vagy hiány és a világpiaci hatások határozzák meg.

A **termesztési** feltételeket alapvetően meghatározza a terület művelési ágba sorolása (rét, legelő, szántó, gyümölcsös).

A **művelési ág** kialakítása függ a termesztési feltételektől, de meghatározása államigazgatási hatáskör, és alapvetően meghatározza a terület értékét. Például gyümölcsösben azonos területen jóval nagyobb tiszta jövedelmet lehet elérni, mint szántóterületen. Egy művelési ágon belül a termelés hatékonyságát természeti feltételek és a termesztési módja határozza meg.

A **termesztés módját** a természetű növény faja, fajtája, a gépesítés, trágyázás, növényvédelem, öntözés befolyásolja. Igen fontos tényező a termelő, illetve a neki tanácsot adók szaktudása is.

A **természeti feltételeket** a termőföld termékenysége és a klimatikus feltételek határozzák meg.

A **klimatikus feltételek** közé tartoznak az adott területre jellemző hő, fény és csapadékviszonyok, valamint ezeknek a tenyészidőszakon belüli megoszlása. Ennek jelentősége függ a növényfajtól is. Így pl. a csapadékos június vége kedvező a kapásoknak (kukorica, naprafor-

gó, cukorrépa), de rontja a kalászos gabona minőségét, és akadályozza a betakarítást. A különböző években eltérő időjárás fokozza az évjárat hatást, ami jelentősen befolyásolja a termés mennyiségét és minőségét, valamint, ha ugyanaz a hatás nagy területen érvényesül, az értékesítési lehetőségeket is.

A **termőföld termékenységét** meghatározza annak elhelyezkedése és minősége.

A **termőföld elhelyezkedése**, miszerint dombon, völgyben, síkon, belvizes területen helyezkedik el, jelentősen befolyásolja a termesztést. Sík vidéken, vagy völgyben a magas talajvíz, illetve a belvíz okozhat gondot, dombvidéken pedig az erózió. Domb illetve hegyvidéken fontos a lejtő iránya is, vagyis az, hogy déli vagy északi fekvésű-e a terület.

A **termőföld minőségét** a talaj víz- és tápanyag-gazdálkodása, valamint a termesztést korlátozó tényezők határozzák meg.

A **vízgazdálkodást** a talaj típusa, szerkezete, esetleges meliorációs beavatkozások (pl, drénezés) megléte határozzák meg. Fontos tényező a termőréteg vastagsága és a termőrétegben található kolloidok mennyisége (humusz, agyag).

A **tápanyag-gazdálkodásban** is nagy jelentősége van a talajkolloidoknak, amelyek meghatározzák a talaj tápanyag pufferelő képességét. is. Igen fontos szerepe van a humusznak, amelynek nemcsak a tápanyag megkötésében (mikroelemek) van szerepe, hanem elbomlásakor maga is tápanyagforrás. (nitrogén) és a talajélet feltétele. A talajéletnek jelentős szerepe van a tápanyagok feltáródásában.

A leggyakoribb **termesztést korlátozó tényezők** a talajsavanyúság, a szikesség, a redukciós viszonyok.

Korszerű talajtani ismeretek alapján a talajok termékenységének értékelése a 70-es években központi program keretében folyt Magyarországon. Elsődleges célja a központi irányítás és a helyi tervezés hatékonyságának elősegítése volt. Az értékelés az üzemi talajterképezés keretében folyt úgy, hogy egyes talajjellemzőkhöz értékszámokat rendeltek (bonitáltak). Az így kapott értékszámok összege jellemezte a talaj értékét. Ez az összeg maximálisan száz pont lehet. Ezt a munkát a szakzsargonban **bonitálásnak** nevezték.

Az előforduló leggyengébb és legjobb talaj alapján 1-től 100-ig terjedő pontszámmal fejezik ki a talajok minőségét, hozadékképességét. Ezt a talajértékszámot módosítják a domborzati és éghajlati tényezők. Mindezen ökológiai értékelések alapján alakul ki a termőhely értékszám. Természetesen emellett szükség van olyan gazdasági tényezők figyelembevételére is, mint a földrajzi elhelyezkedés, a művelési ág, öntözhetőség, nagyüzemi művelhetőség stb.

A korszerű értékelési rendszer kialakítása ellenére a közelmúlt legnagyobb jelentőségű termőföld tulajdonviszony változását jelentős kárpótlás során a termőföld értékét nem ez alapján határozták meg, hanem a korábbi nagyrészt elavult aranykorona érték alapján.

Ennek csak részben lehetett az az oka, hogy a rendszerváltás után létrejött hatalom nem igazán bízott az előző rendszerben kialakított értékelésben, hanem a legvalószínűbb ok a két értékszám közötti minőségi különbségben keresendő.

Az **aranykorona** ugyanis komplex értékmérő szám, nem csupán a talaj minőségét, hanem a közigazgatási feltételrendszert is jelenti. Sajnos, a figyelembe vett közigazgatási feltételrendszer a múlt század közepét jellemzi, de ennek jelentős tényezői még ma is érvényesek. Például az értékesítési lehetőséget meghatározó Budapesttől, illetve Bécstől mért távolság.

Az aranykorona értéket az 1850- és 60-as években készült országos felmérésre alapozták. 1875-ben lép érvénybe, célja a földadó alapjának meghatározása. Alapja a kataszteri tiszta jövedelem meghatározás volt. A kataszter szó, amely magyarul nyilvántartást jelent, arra utal, hogy az aranykorona nem az adott gazdálkodónak egy bizonyos évben a területen elért tiszta

jövedelmét, hanem egy elvont átlagos feltételek közti jövedelmezőségét jelenti. A tényleges jövedelem ennél több vagy kevesebb is lehetett, a lényeg az, hogy az állami nyilvántartásban (kataszterben) milyen tiszta jövedelem termelő képességűnek regisztrálták az adott területet.

A földadó alapjául szolgáló kataszteri tiszta jövedelmet az átlagos terméseredmények és a terményárak, valamint az átlagos termelési költségek figyelembevételével számították ki. A kataszteri tiszta jövedelmet a közhasználatban aranykoronának nevezik, ami tulajdonképpen az egységnyi földterület relatív értéke. Az aranykorona érték akkor volt nagy, ha termékeny volt a talaj, ha volt a közelben kövesút, esetleg vasút, közel volt a gazdaság Bécshez vagy valamely nagyvároshoz.

#### **5.4. Talajhibák – javítási módok**

Talajhibának nevezzük azokat a fizikai, kémiai és biológiai jelenségeket, amelyek jelentős mértékben csökkentik a talaj termékenységet. Ilyen egyebek között a talaj túl tömött és túl laza szerkezete., a fölöslegben levő víz és a vízhiány, a túlzott savanyúság, a szikes és sós talaj, egyes mikroszervezetek hiánya vagy kártékony élőlények túlságos elszaporodása. Mint látjuk, a talajok termékenységet minden olyan tényező leronthatja, amely túlzott vagy nem elegendő mértékben jelenik meg. Így talajhibának tekinthető még a túl sok műtrágya, a tápanyagok kóros hiánya, illetve egyes elemek toxikus mennyisége, az ipari, mezőgazdasági és kommunális talajszennyeződés is.

Egyes talajhibák – pl. a vízhiány vagy a szikesség – megakadályozzák, hogy nagy mennyiségű szerves anyag keletkezzen. A túlzott nedvesség nem kedvez a bontási folyamatoknak, a szerves hulladékokkal túlterhelt talajban nem bomlik le a szemét, vagyis az ilyen talajban nem működik megfelelően a biológiai körforgás egyik vagy másik fogaskereke.

##### *Túl tömött talaj*

A talaj mélyebb szintjeiben gyakran találhatók erősen tömődött, vízzáró rétegek, mint a mészkőpad, a vaskőfok vagy a szikes és erdőtalajok tömődött felhalmozódási szintje. Ezek fellazításakor ügyelni kell arra, hogy közben ne keverődjenek össze az ép talajsintekkel. Ezért olyan eljárásokat kellett kidolgozni, amelyek eredeti helyükön szüntetik meg a tömődöttséget. Közéjük tartozik az altalajlazítás, amelyet a kívánt mélységben lehet elvégezni az erre a célra szerkesztett géppel.

##### *Túl laza talaj*

A homoktalajoknak az a legnagyobb hibájuk, hogy a vizet nem képesek raktározni, gyorsan kiszáradnak. E tulajdonságuknak az az oka, hogy nagyon kevés kolloid alkotórészt tartalmaznak, amely megköthetné a vizet és a tápanyagokat. Az ilyen talajok hatásosan kezelhetők a réteges homokjavítással. Ennek az a lényege, hogy összefüggő istállótrágya-réteget vagy más, kolloidokban gazdag, természetes vagy mesterséges eredetű réteget terítenek el mintegy 60 cm-es mélységben. Hatására javul a kezelt talaj tápanyag- és vízgazdálkodása.

##### *Fölsleges víz, levegőtlen viszonyok*

Előfordul, hogy a víz valamilyen ok miatt nem tud elfolyni egy területről, emiatt a növények gyökerei nem jutnak levegőhöz. A fölöslegben levő vizet ezért mesterségesen el kell vezetni, vagyis végre kell hajtani a vízrendezést.

Lápterületeken azonban nem elegendő csupán a talajvíz szintjének csökkentése és az esetleges felszíni vizek levezetése, hanem gondoskodni kell arról is, hogy a talajvíz mélysége éppen a tőzeg talajok által megkívánt mélységben legyen. Csak így lehet ugyanis elkerülni, hogy a tőzegtalajok túlságosan kiszáradjanak, ami termékenységükre ugyanúgy kedvezőtlenül hat, mint a túlzott nedvesség.

A talaj nem megfelelő szellőzésének a következményeit legjobban a városi utakat szegélyező fákon figyelhetjük meg. A kövezettel beburkolt talajba a levegő csak a fa törzse körül meghagyott földtányéron át juthat be. Fialat fák igényeit ez még kielégíti, az idősebb fákét azonban már nem. A gyökérszövet levegőhiánya következtében a fák korán lehullatják a lombjukat, legtöbbször még a bőséges öntözés sem segít, mivel ez is csak a levegőhiányt növeli.

### *Vízhiány*

A Földön nagyon sok helyen az állandó és időszakos vízhiány okozza a legnagyobb gondot a növénytermesztésben. Megakadályozására vagy megszüntetésére kétféle módszer ismeretes: az egyik a talajban lévő nedvességtartalom megőrzése, a másik az öntözés. Mindenképpen arra kell törekedni, hogy a nedvességet őrizzük meg, és ott használjuk fel, ahol az leesett.

A talajban lévő nedvesség megőrzésének igen hatékony módja, ha megakadályozzuk a víznek a talaj felszínéről való elpárolgását. Ez a talaj felszínének a meglazításával érhető el, mivel ekkor megszakad a kapilláris repedések kialakult rendszere, a víz nem tud felemelkedni a felszínre, és így nem párolog el. Bár a meglazított talajfelszín kiszárad, alatta azonban a talaj nedves marad.

A talaj rendszeres művelése és a gyomok kiirtása olyan egyszerű módja a nedvesség megőrzésének, amellyel akár egy év csapadékmennyiségét is meg lehet őrizni a következő esztendőig. Így válik lehetővé az igen száraz éghajlatú területeken is a növénytermesztés. Ez az alapja az ún. szárazgazdálkodásnak, amelyet olyan vidékeken űznek, ahol egy év csapadéka nem elegendő termés létrehozásához. Ha azonban a csapadék megőrződik a következő évig, akkor a két év összes csapadékával már megfelelő termést érhetnek el.

A talajnedvesség megőrzésének egy másik módja, ha szalmával vagy lombbal takarják be a talajt. A Rajna vidékén a szőlők talaját gondosan kövekkel fedik be, a kőtakaró alatt a talaj nyáron jóval nedvesebb marad, mint a be nem fedett helyeken. A kőtakaró nedvességet megőrző hatását a Földközi-tenger vidékén gazdálkodók is felhasználják.

### *Az öntözés káros hatásai*

A helyesen végzett öntözéses gazdálkodás jó termést, gazdagságot hoz, a helytelen öntözés viszont az egész társadalomra kiható súlyos következményekkel jár. A helytelen öntözés olyan talajhibákhoz vezet, mint a szerkezetrombolás, a másodlagos szikesedés és az elvízenyősödés.

A szerkezetrombolás oka az, hogy a rendszerint nagyon száraz és nagyon felmelegedett talaj-aggregátumok az öntözővíz hatására valósággal szétrobbannak, és apró részecskékre esnek szét, amelyhez az esőszerű öntözéskor még a cseppek ütőhatása is hozzájárul. Az átázott talajfelszín szétesett szerkezeti elemei elfolyósodnak, az öntözővízzel elszállítódnak, és végül a mélyedésekben felhalmozódnak. Kiszáradása után az ilyen terület kicserepesedik.

A leggyakoribb talajhiba a másodlagos szikesedés. Az öntözés hatására a talajvíz szintje a kritikus magasság fölé emelkedhet, ami azt jelenti, hogy a felszínről elpárolgó víz a közeli talajvízből is kaphat utánpótlást. Amikor ez a víz párolog, a talajvízben vagy esetleg a rossz

minőségű öntözővízben oldott sók, közöttük nátriumsók, a felszínre kerülnek, ott megrekednek és felhalmozódnak, vagyis szikesedést váltanak ki.

Az öntözött területek mélyebb részein elvízenyősödés is felléphet. Az itt összegyűlt víz egész évben boríthatja a talajt. A levegőtlenység pedig a talaj termékenységének csökkenéséhez vezethet. Csak a helytelenül végzett öntözés hatására lépnek fel a káros változások. A hibák elsősorban az öntözővíz nem megfelelő minőségéből és rossz adagolásából adódnak. A fenti hibák terepegyengetéssel, az öntözővíznormák csökkentésével, a talajvízszint süllyesztésével, esetleg az öntözés felfüggesztésével kerülhetők el.

### *Túlzott savanyúság*

Természetes folyamatok eredményeként túlzott savanyúság ott jelentkezik, ahol a talajképződési folyamatok következtében a kalciumionok kimosódtak a talajból, és a talajkolloidok felületét elsősorban hidrogén- és alumíniumionok borítják. A talaj a nem megfelelő műtrágyahasználat és a savas esők következtében is savanyúbbá válhat. Ha már eleve savanyú vagy savanyodásra hajlamos talajon huzamosan és nagy adagban savanyító hatású műtrágyákat alkalmaznak, akkor a talaj tovább savanyodik. Ilyen hatása van az ammónium-szulfát, az ammónium-klorid, valamint a kálium-szulfát és a kálium-klorid műtrágyáknak. A növények ugyanis belőlük főként csak az ammónium-, illetve a káliumionokat veszik fel, cserébe pedig hidrogénionokat adnak, amelyek nagy mennyiségben nyilvánvalóan jelentősen savanyítják a talajt.

E hiba javítása – gyakorlati tapasztalatok alapján – nagyon régi idők óta meszezéssel történik. A meszezés célja tulajdonképpen az, hogy a talaj kationadszorpcióra alkalmas helyeit kalciumionokkal telítsék. A leggyakrabban alkalmazott javítóanyag a  $\text{CaCO}_3$ . A meszezés hatása igen összetett: csökken a talajok savanyúsága, javult a kalciumellátottság, és jobb talajszerkezet alakul ki, ennek következtében pedig javul a talaj vízgazdálkodása, levegőzöttsége és művelhetősége. E kedvező változások fenntartása érdekében a savanyodásra hajlamos talajokon rendszeres készadagolással folyamatosan közömbösíteni kell a műtrágyák savanyító hatását.

### *Szikesedés*

A szikes talajok kedvezőtlen tulajdonságait az okozza, hogy a nátriumionok a felső szintekben nagymértékben felhalmozódnak. Az ilyen talajoknak nincsen megfelelő szerkezetük, rossz a vízbefogadó képességük és a művelhetőségük is. A kémiai talajjavítás feladata a nátriumionok lecserélése kalciumionokkal. Szódás szikesek esetében a talaj erősen lúgos. Ekkor kémiai talajjavító anyagnak gipszet alkalmaznak.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaSO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$ . Ez a lúgosságot is csökkenti. Más szikesek esetén a karbonát tartalmú meszező anyagok, így a meszes altalaj is felhasználható. Fontos, hogy a kémiai javítással együtt a talajvízszint süllyesztését is elvégezzük.

### *Talajoltás*

Sok esetben hiányoznak a talajból a természeti kívánt pillangós növényvel szimbiózisban élő Rhizobium baktériumok. Felmerül az a gondolat, hogy ilyenkor mesterséges úton kellene azokat a talajba juttatni. Ismeretes, hogy egyes fafélék gyökereivel együtt élő gombák elengedhetetlenek a fa fejlődéséhez, ezért az ilyen fák telepítésekor mindig gondoskodni kell megfelelő mikkorizás talaj alkalmazásáról. A mikroszervezetek mesterséges talajba juttatását talajoltásnak nevezzük. Ilyen célra főként Rhizobium-, Azotobacter-készítményeket és mikorizatenyészeteket alkalmaznak.

### *Talajfertőtlenítés*

A múlt század kilencvenes éveiben a filoxéra elleni hadjárat hívta fel a figyelmet a talaj káros élőlényeinek mesterséges elpusztítására, az ún. talajfertőtlenítésre. Az eljárás különböző formákban már ősidőktől fogva ismert volt. Egyiptomban a talajt napon hevítették, így pusztították el a benne levő kártevőket. Napjainkban elsősorban az üvegházak talajai vannak ilyen veszélynek kitéve. A nagy meleg, a bőségesen adagolt tápanyagok és a nedvesség hatására az élőlények egész serege szaporodhat el bennük; fonálférgek támadják meg a gyökereket, kórokozó gombák lepik el a szarat, leveleket, gyümölcsöket.

Olykor a szabadföldön is előfordul, hogy a talaj bizonyos kártevők úgy ellepik, hogy az a növények termesztésére alkalmatlanná válik. Ide tartozik a „talajuntság” jelensége is, ami elsősorban monokultúrás termelés során lép fel. A huzamosan termesztett növény gyökerei olyan mérgező anyagokat választanak ki a talajba, amelyek megakadályozzák ugyanannak a növénynek további eredményes termesztését. Úgy tűnik, mintha az adott növényt a talaj megunt volna. Ha az ilyen talajt fertőtlenítik, akkor ezek a kellemetlen hatások megszűnnek.

A talajfertőtlenítésnek két falapvető módja van: az egyik a forró gőzzel való hevítése, a másik – a napjainkban elterjedtebb – vegyszeres fertőtlenítés. Mindkét beavatkozás elpusztítja a kártékony, nemkívánatos kórokozókat, de sajnos a hasznos élőlényeket is.

### *A talajpusztulás*

Azokat a pusztító jellegű folyamatokat, amelyek hatására a talaj felső rétege fokozatosan elvékonyodik, miközben termékenysége egyre romlik, esetleg teljesen alkalmatlanná válik mezőgazdasági termelésre, talajerózióknak nevezik.

Az **eróziós** pusztító hatása mellett jelentős lehet a szél pusztító hatása (a **defláció**) is. Ellene való védekezés egyik hathatós módja a szél sebességét csökkentő erdősávok, fasorok, ligetek telepítése. Az is jó védelmet nyújt a defláció ellen, ha a felszínt állandó növénytakaró borítja. Termesztett növényekkel sajnos ezt legtöbbször nem lehet megvalósítani, ezért a talajtakarás más módszerét kell alkalmazni, pl. a talajt nem élő, hanem holt növényi részekkel, szárral, szalmával stb. fedik be.

## **6. A tápanyagutánpótlás**

### **6.1. Tápanyag-utánpótlásra használatos természetes anyagok**

A műtrágyák elterjedése után a szerves trágyázás jelentősége jelentősen lecsökkent. A szerves trágyák alapanyagait képező mezőgazdasági melléktermékeket kezdték kellemetlen hulladékoknak tekinteni, melyeket felhasználás helyett csak eltüntetni érdemes. Ennek a rövid távú gazdasági szemlélet az oka.

A szerves trágyák tápanyagtartalma viszonylag kicsi. Összes hatóanyagtartalmuk csak ritkán haladja meg az 1%-ot. Ezzel szemben a műtrágyák összes tápanyagtartalma 20–50%. A műtrágyák megvásárlása és kiszórása együttesen kisebb költségű, mint a szerves trágyák kezelése és kiszórása. Ezt a különbséget a korábbi évtizedekben csak fokozta az, hogy a múlt rendszerben a mezőgazdaság és a vegyipar támogatásának legfontosabb eleme a műtrágyák ártámogatása volt.

A gazdasági számításokból hiányzott az, hogy a szerves hulladékok eltüntetése is egyre nagyobb költséggel jár. Környezetünk romló állapota és a környezetvédelem fokozódó igénye

ezt a szabályzók szigorodásán keresztül is érvényesíti. A gazdaságosság átértékeléséhez hozzájárul azon tényezők figyelembevétele is, ami szerves anyagok talajba juttatásának egyéb előnyeit mutatják.

A szerves trágyák tápanyagtartalma igen kedvező formában található, így a tápanyagok csak a szervesanyag lebomlása után, tehát időben elnyújtva érvényesülnek. A makrotápelemek mellett jelentős a szerves trágyák mikroelem tartalma is. A szerves anyag, mint kolloidban gazdag anyag, kedvező hatással van a talaj víz- és tápanyag-gazdálkodására, és táplálja a talajéletet.

### **Istállótrágya**

A szerves trágyák közül különösen értékes az istállótrágya (almos trágya). Szervesanyag-és baktériumtartalma fontos szerepet játszik a talajélet alakításában. Az istállótrágya nemcsak a magasabb rendű növényeknek szolgáltat tápanyagot, hanem a mikroorganizmusok számára is, ezenkívül kedvezően befolyásolja a talaj fizikai-kémiai tulajdonságait, s közvetve a víz- és tápanyag-szolgáltató képességet. Serkentő anyagokat, hormonokat tartalmaz, melyek elősegítik a növények növekedését, fejlődését. Az almos trágya makroelemeken kívül mikroelemeket is tartalmaz, így az istállótrágya alkalmazásával visszatérül a talajból elvont mikroelemek jelentős része. Az istállótrágyát felhasználás előtt érlelni kell.

#### ***Az istállótrágya érlelése***

**Hideg érlelést** csak viszonylag kevés alomanyagot tartalmazó trágya azonnali tömörítése révén érhetünk el. (a szalmás trágyából a levegőt nem lehet teljesen kiszorítani és a trágyát nem lehet megfelelően tömöríteni). A megfelelően tömörített trágyában olyan anaerob erjedési folyamatok indulnak be, amelyek hasonlíthatók a siló vagy savanyúság készítésnél lezajló folyamatokhoz. A hideg érlelés mellett viszonylag legkisebb a N-veszteség, a trágya C/N aránya közelítőleg változatlan marad.

A **meleg érlelés** elve, hogy a trágyát előbb lazán rétegezve terítik le. A levegővel érintkezve megindul a trágya könnyen bomló alkotórészeinek bomlása és emelkedik a hőfok. A kívánt hőmérsékletet (40 °C) elérve, az oxidatív bomlást a trágya tömörítésével megszakítjuk. A gyakorlatban ezt úgy oldják meg, hogy a friss trágyát mindig csak a trágyaszarvas egy-egy szakaszán terítik el és a következő napi trágyát fölé rakják.

A **forró érlelési** eljárás a meleg érleléshez hasonló, a különbség csak annyi, hogy a trágyát fellazítva rakják a trágyaszarvasra és akkor kezdik tömöríteni, amikor a hőfoka elérte a 60 °C-ot.

A forró és a meleg érlelési eljárásokkal előállított istállótrágyák jobban humifikálódnak, mint a hidegen érlelt istállótrágya. Ezzel szemben a forró és meleg érlelés közben nagyobb a szervesanyag- és nitrogénveszteség.

Az istállótrágya beltartalmi értékét a vele együtt érlelt mészsav (CaCO<sub>3</sub>) és nyersfoszfát adalékkal javítani lehet. Az érlelés során a nyersfoszfátok részlegesen feltárolódnak, a keletkező szerves savak hatására.

A. **mélyalmos technológia**, vagyis az istállóban történő trágyakezelés csak mélyített istállóban kivitelezhető és csak juhok, növedék marhák, csikók tartásánál alkalmazzák. Az állatok alá bőséges alomanyagot adnak és több hónapig nem hordják ki a trágyát az istállóból. Az ürülék teljes mennyisége az alomba jut, és mivel az állatok a mélyített istállóban szabadon mozognak, a trágyát állandóan tömörre tapossák. Ennél a trágyakezelési eljárásnál nemcsak a szervesanyag- és nitrogénveszteség kicsi, hanem így a trágyában több a N, mint a trágyaszarvasban érlelve, mivel a vizelet is mind belejut. A nitrogéntartalom nagy része oldható N-vegyületekből áll. A mélyített istállóból származó trágyát azonnal be kell szántani, mert ellenkező esetben a kihordás és bemunkálás között nagy N-veszteségek keletkeznek.

A **metános trágyaerjesztés** a biogázgyártás alapja. Ha a trágyát a levegő teljes kizárásával, zárt térben erjesztik, a könnyen bomló szerves vegyületekből kevés széndioxid és nagy mennyiségű metángáz képződik. A nagy kalóriatartalmú gáz felhasználható fűtésre, míg a visszamaradó trágya minősége jobb, mint a hagyományos módon előállított istállótrágyáké. A metános trágyaerjesztés külön beruházást igényel, és ezért a trágya kettős hasznosíthatósága ellenére sem terjedt el széles körben.

### **A trágyalé**

A trágyalé hagyományos állattartás mellett keletkező folyékony szerves trágya, mely az alomanyag által fel nem szívott vizeletből és csurgalékvelekből áll. A trágyalevet gyakran rétek, legelők trágyázására használják.

### **A hígtrágya**

A hígtrágya almozás nélküli állattartás közben keletkező folyékony halmazállapotú szerves trágya, mely bélsárból, vizeletből és a trágya eltávolítására felhasznált vízből áll. Az almos hígtrágya állati ürülék és alomanyagként használt szecskázott szalma vízzel alkotott keveréke, mely hidraulikusan szállítható. A hígtrágya kezelése és felhasználása nagyüzemi méretekben elsősorban nagy mennyisége miatt okoz problémát. Külföldi és hazai tapasztalatok egyaránt azt mutatják, hogy a kommunális szennyvizek tisztítására kidolgozott módszerekkel még nagy anyagi ráfordításokkal sem lehet a hígtrágyát ártalmatlanná tenni.

Egyetlen mód az anyag talajba juttatása. A talajban a szerves anyag lebomlik, a tápanyagok hasznosulnak és megszűnik a fertőzési veszély. A szállítási és szétterítési költségek miatt a talajba juttatás is költséges. A költségeket nem fedezi az alacsony tápanyagtartalom értéke. Ezért a talajba juttatást csak az állattartó telep közelében viszonylag kis területen szokták végezni, növényi tápanyagokkal és nehézfémekkel túlterhelve ezeket a területeket.

### **Komposzt**

A komposztok alapanyagai különböző szerves hulladékok, melyeket megfelelő adalékokkal kiegészítve kezelnek. A kezelés lényege a kiinduló anyagok többszöri átkeverése, szellőztetése, nedvesítése, melynek során a szerves anyag lebomlik és homogén, földszínű, morzsalékos végtermék keletkezik.

A komposztok a kiindulási anyagoktól és kezeléstől függően változatos összetételűek lehetnek. Különböző könnyen bomló szerves anyagokból készülhetnek.

A komposzt készítése közben a szerves anyag gyors lebontását azzal segítik elő, hogy a kiindulási anyagokat lazán, de azért nedvesen tárolják, többször átkeverik, vagyis aerob feltételeket hoznak létre. Az oxidáció megakadályozza a kellemetlen rothadási folyamatokat. Adalékként talajt és esetenként finom eloszlású kalcium-karbonátot (pl. cukorgyári mészsizap) illetve nyersfoszfátot is adnak a komposzthoz.

### **Tőzeg fekáltrágya**

Emberi ürülékből készül tőzeg hozzáadásával. A tőzeg nemcsak a fizikai kezelhetőségét javítja, hanem csökkenti a kellemetlen szagot és csökkenti a kórokozó mikroorganizmusok számát is. A trágyakészítmény készítésekor és alkalmazásakor gondot jelenthet a fertőzésveszély. Gondot jelent a nyersanyag „tisztasága” is, hiszen már a tiszta háztartási szennyvíz is tartalmazhat a háztartásokban alkalmazott kemikáliákat, a városi szennyvíz pedig keverve van ipari szennyvízzel is.

### **Zöldtrágya**

A talaj tápanyagtartalmának feltáródását és a légköri nitrogén megkötését elősegíthetjük ebből a célból termel növények, növényi részek talajba forgatásával. A betakarításra szánt növénykultúra tenyészidőszaka előtt, vagy utána a zöldtrágyázás céljából vetett növényeket (általában pillangósokat) még termésképzésük előtt forgatják be a talajba. Sajnos szárazabb

vidékeinken nem áll rendelkezésre a talajban elegendő vízkészlet az elő-, vagy utóvetemény keléséhez. A zöldtrágyázás növelve a talaj szervesanyag tartalmát javítja annak vízgazdálkodását is. Egyéb hasznosítás híján célszerű a haszonnövény minden melléktermékét (pl. a szalmát) is a talajba forgatni.

### **Egyéb természetes anyagok**

A mezoelemek (Ca, Mg) utánpótlására bányászott, illetve ipari melléktermékek használatosak. Bányászott termékek: a mészkőpor, a dolomitpor, a mésztufapor, a gipsz, és az alginít. Ipari melléktermékek: a cukorgyári mészszipa, a magnezitipari mészszipa, a Péti mész. Előnyösebben használhatók azok, amelyek finom eloszlású iszap formájúak, mert nagy felületük miatt gyorsabban mobilizálódnak. Egyes kőzetörlemények (pl. zeolit) a mikroelem szolgáltatást is javíthatják.

## **6.2. Műtrágyák**

A műtrágyák a növényi tápanyagutánpótlás iparilag előállított anyagai. Szilárd (por, szemcsés) és folyékony (oldat, szuszpenzió) halmazállapotúak lehetnek. Összetételük szerint mono- (N-, vagy P-, vagy K-tartalmú), összetett és mikroelem-tartalmú csoportokat különítünk el.

### **Nitrogénműtrágyák**

A nitrogénműtrágyák a legmagasabb árú műtrágyák. Gyártásuk nagyon energiaigényes, elsősorban ott gazdaságos, ahol a nagy kőolajmezők kitermelésekor melléktermékként jelentkező (egyébként csak költségesen szállítható) földgáz rendelkezésre áll. A földgázból elállított hidrogén és a légköri nitrogén reagáltatásával ammóniát állítanak elő. Ennek oxidálásával és vízzel reagáltatásával állítják elő a salétromsavat. Az ammónia és a salétromsav a nitrogénműtrágyák legfontosabb alapanyagai.

A nitrogénműtrágyák hatóanyagának nagy része a talajban gyorsan  $\text{NO}_3^-$ -ion formába jut. Mivel a nitrátsók jól oldódnak vízben, és a negatív töltésű  $\text{NO}_3^-$ -ionok nem kötődnek a talajkolloidokhoz, így könnyen a talaj mélyebb rétegeibe mosódnak. Kikerülve a gyökérezónából, a növényben nem hasznosulnak, lejutva a talajvízbe az ivóvíz nitrátosodását növelik. Ezért ezeket a gyors hatású nitrogénműtrágyákat célszerű két vagy több részletben megosztva kijuttatni, ami magasabb művelési költséget eredményez. A másik lehetőség a lassú hatású nitrogénműtrágyák alkalmazása. Elterjedésüket magasabb árú akadályozza.

#### *Gyors hatású nitrogénműtrágyák*

**Ammóniumnitrát**, (rövid megnevezése: **AN**) N-tartalma 34%. Higroszkópos ezért és. Műanyagzsákba csomagolva hozzák forgalomba. Tűzveszélyessége miatt tároláskor csak 6 zsák helyezhető egymásra.

Ammónia és salétromsav reagáltatásával gyártják:

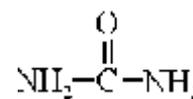


170 °C-on megolvad majd ammóniára és salétromsavra bomlik a gyártást leíró egyenlet megfordításával felírható módon. 400–500 C -on robbanászerűen nitrorénre és oxigénre bomlik. Robbanékonyága szervesanyaggal keveredve fokozódik.

**Mészammon-salétrom:** Ammóniumnitrát és mészkőpor vagy dolomitpor keveréke. Előnyei az ammóniumnitráthoz képest: robbanásveszély, higroszkóposság és a műtrágya savanyító hatása csökken. A **PÉTISÓ**-t a Péti Nitrogénművekben gyártják ammóniumnitrát és dolomitpor keverésével. N-tartalma 28%. Kedvező, hogy 2% Mg-ot is tartalmaz. Korábban mészkőpor adalékkal készítették.

**Karbamid**, más néven **urea** (rövid megnevezése: **U**). N-tartalma 46,6%.

Kissé higroszkópos, fehér granulátum. Ammóniából és széndioxidból gyártják. A talajba jutva gyorsan ammonifikálódik, majd az így keletkezett ammónia nagy része a nitrifikációs folyamat eredményeképpen nitráttá alakul.



Műanyagzsákban vagy ömlesztve hozzák forgalomba, száraz helyen tárolandó.

#### **Előnyei:**

- a legkoncentráltabb nitrogén műtrágya, így fajlagos szállítási és kiszórási költsége alacsony,
- vízben jól oldódik, permet trágyaként is alkalmazható mivel a levélen keresztül is felszívódik,
- kémiailag semleges, a kijutató berendezéseket nem korodeálja,
- növényvédő-szerekkel, öntöző vízzel is kijutatható.

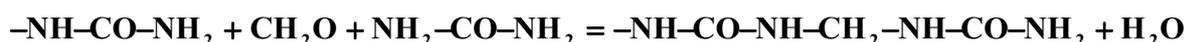
#### **Hátrányai:**

- a higroszkóposság miatt hajlamos az összetapadásra, ami akadályozza az egyenletes kiszórást,
- savanyítja a talajt.
  - a talajban gyorsan lebomlik, ekkor nagy mennyiségű ammónia keletkezik, ami csírázás gátló hatású, ezért karbamid vetés előtt legalább 2–3 héttel kijuttatandó.

#### **Lassú hatású nitrogénműtrágyák**

A lassan ható nitrogénműtrágyák hatóanyag komponense is általában karbamid. Fő típusaik: a karbamid-aldehyd kondenzátumok, a bevonatos műtrágyák, és az inhibitoros műtrágyák.

**Karbamid-aldehyd kondenzátumok** fontos képviselője az UREAFORM nevű készítmény. Ez karbamid-formaaldehyd-kondenzátum. A polikondenzáció lánchosszabbító reakciója



Rosszul oldódó rövid láncú polimer. Lassan hidrolizál, ekkor karbamid szabadul fel, a fenti reakcióegyenlet megfordításával felírható módon.

**Bevonatos nitrogénműtrágyák** úgy készülnek, hogy a granulált karbamid szemcséket bevonattal látják el. A bevonat lassítja a műtrágya oldódását, így annak hatása elnyújtható, csökken a kimosódási veszteség. A bevonat csökkenti a műtrágya összetapadási hajlamát is. Bevonószerek lehetnek kén és egyéb szerves anyagok pl. magnézium-ammónium-foszfát ami egyben rosszul oldható műtrágya komponens is. Szerves anyagokat is használnak bevonószerként például polimereket, bitument, vagy paraffint (PARAMID 41,5% N).

Az **inhibitoros nitrogénműtrágyák** esetében a lassú hatást úgy érik el, hogy a karbamid átalakulását gátolják azért, hogy lassítsák a legkönnyebben kimosódó nitrát formává alakulását. Az átalakulás mikroszervezetek közreműködésével két lépésben játszódik le:

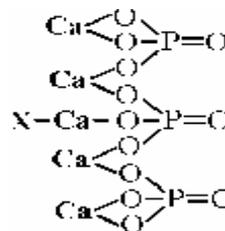


A két folyamat bármelykének gátlásával elérhető a kívánt cél. Leggyakrabban a nitrifikáció gátlását alkalmazzák, mivel a talajban az ammóniaforma jobban megőrződik –  $\text{NH}_4^+$ -ion for-

mában megkötődve – a negatív töltésű talajkolloidok felületén. Ilyen nitrifikációgátló anyag a dicián-diamid, aminek a bomlásterméke szintén karbamid.

### Foszformútrágyák

A nagyméretű, könnyen polarizálható elektronfelhőjű  $\text{PO}_4^{3-}$  ionokkal a nagy polarizálóképességű (nagy felületi töltéssűrűségű – kis méret, 2 pozitív töltés)  $\text{Ca}^{2+}$  ionok erős kötésű, kovalensbe hajló ionrácsot adnak. A vízzel való kölcsönhatás (a hidratáció) energiája kisebb, mint a rácsenergia, ezért a vízmolekulák nem képesek a rács ionjai közé férkőzni, az apatitot feloldani. ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{X}$ , ahol az X lehet: F: Fluorapatit, Cl: Klórapatit, OH: Hidroxilapatit)



Nő az oldhatóság, ha a foszfátionokhoz kapcsolódó  $\text{Ca}^{2+}$ -ionok egy részét  $\text{H}^+$  ionokra cseréljük. Az így kialakuló  $\text{HPO}_4^{2-}$ , illetve  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ -ionok kevésbé polarizálhatók, és OH-csoportjaik révén a vízzel erősebb kölcsönhatásba lépnek. Így a savanyú kalciumfoszfátok közül a  $\text{CaHPO}_4$ , (kalcium-hidrogénfoszfát) kevésbé, míg a  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  (kalcium-dihidrogénfoszfát) jól oldódik vízben. Ezt az átalakítást savakkal való feltárásnak nevezzük. A feltárást végezhetik kénsavval, foszforsavval vagy salétromsavval.

Az oldhatóságot még a  $\text{Ca}^{2+}$ -ionoknál kevésbé polarizáló alkáli-ionokkal ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) való kicseréléssel, illetve a 3 negatív töltésű ortofoszfát-ionok 1 negatív töltésű metafoszfát-ionná ( $\text{PO}_3^-$ ) alakításával növelhetjük. Ezeket hőkezelés hatására bekövetkező vízvesztéssel érhetjük el. Az így feltárt műtrágyákat termofoszfátoknak nevezzük.

A foszformútrágyák foszfortartalmát hagyományból foszfor-pentoxidra ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) számolva adják meg, ami nem jelenti azt, hogy bármelyikben is a foszfor  $\text{P}_2\text{O}_5$  alakjában van. A  $\text{P}_2\text{O}_5$  – a foszforsav anhidridje – ugyanis nagyon reakcióképes, vízzel például robbanásszerűen egyesül.

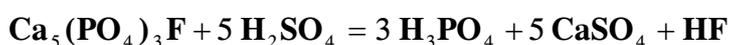
### Nyersfoszfát-műtrágyák

Foszforral jól ellátott talajokon fenntartó trágyázásra – illetve erősen savanyú talajokon, – eredményesen használhatók a nyersfoszfátok, ha felületüket finomra őrléssel jelentősen megnövelik.. Istállótrágyával együtt érlevél, részlegesen feltárodnak. Nyersfoszfát műtrágya a HIPERFOSZFÁT: Hatóanyag-tartalma 29%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Finomra őrlött.

### Savval feltárt foszforműtrágyák:

**Kénsavas feltárással** készül a szuperfoszfát.

Az alapanyag fluorapatit kénsav feltárása az alábbi reakcióegyenletekkel leírható két folyamatra bontható:



Az első folyamat mintegy 30 perc alatt lezajlik, míg a második 6–30 nap tárolás alatt – az u.n. utófeltárással – megy végbe. A feltárást savfelesleggel végzik, hogy a foszfátreverziót (az oldhatatlan formába való visszaalakulást) elkerüljék. Ezért a késztermék 2–3% szabad foszforsavat is tartalmaz. Így készül a

**SZUPERFOSZFÁT:** Cementszürke szemcsés műtrágya. Hatóanyag-tartalma: 18–20%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 2–3% szabad foszforsavat tartalmaz, a talajt kis mértékben savanyítja.  $\text{CaSO}_4$ -tartalma különösen szikes talajokon előnyös.

**Foszforsavas feltárással** készül a **TRIPLESZUPERFOSZFÁT** Hatóanyag-tartalma 45%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Hatóanyaga azonos a szuperfoszfátéval (kalcium-dihidrogén-foszfát), de gipszet nem

tartalmaz. A nyersfoszfát foszforsavas feltáráásával állítják elő a szuperfoszfát gyártásnál bemutatott második reakció szerint.



A szükséges foszforsavat külön gyártási folyamatban a szuperfoszfát gyártás első reakciója szerint az egyéb termékektől elválasztva (extrakciós foszforsav), vagy magas hőmérsékleten szénnel végzett redukcióval gyártott elemi foszforból készítik.

A nyersfoszfátok **salétromsavas feltárást** az összetett műtrágyák gyártásánál használják.

### **Termofoszfátok**

Rhenánia- a Lübeck- és a Röchling-foszfát  $\text{CaNaPO}_4$ -hatóanyaggal (18–28%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), és a kalcium-metafoszfát,  $\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$  (64%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). A nyersvas Thomas-eljárással történő finomítása során melléktermékként keletkezik a Thomas-salak (14–20%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

### **Káliműtrágyák**

A káliműtrágyák alapanyaga a tengervíz bepárlódásából származó sótelepek fedősó-rétegében található KCl, amit átkristályosítással tisztítanak meg a vele együtt előforduló más anyagoktól, főleg konyhasótól (NaCl).

**KÁLIUMKLORID (Kálisó).** Hatóanyag-tartalma a tisztítás fokától függően: 40, 50 ill. 60%  $\text{K}_2\text{O}$ -ra számítva. A  $\text{K}_2\text{O}$ % ban megadást szintén csak hagyományból használják, és a kálium a műtrágyában sohasem ebben a nagyon reakcióképes kémiai alakban van.

**KÁLIUMSZULFÁT.** Hatóanyag-tartalma 50%  $\text{K}_2\text{O}$ -ra számítva. Kloridérzékeny gyümölcs- és zöldségkultúrákban használják. KCl-ből gyártják a szintén a fedősóban előforduló magnéziumszulfát felhasználásával. A reakciót két lépésben hajtják végre. Az első reakcióban keletkező kettős-só rosszabbul oldódik, ezért szűréssel elválasztható.



Az oldatból a káliumszulfátot szűréssel választják el.

**KÁLIKAMEX.** A fenti reakció szerint előállított káliumszulfát mellett a reakcióban keletkező  $\text{MgCl}_2$  egy részét is meghagyják. Így az 50%  $\text{K}_2\text{O}$  mellett 4%  $\text{MgO}$ -ban kifejezett magnéziumtartalommal is rendelkezik.

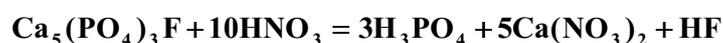
### **Összetett műtrágyák**

Több hatóanyagot tartalmazó műtrágyák. Több hatóanyagot együttesen tartalmazó vegyületek, illetve a monoműtrágyák keverésével gyárilag állítják elő. Előnyös tulajdonságuk, hogy nagy tápanyagtartalmúak, és lehetővé teszik egy menetben több hatóanyag kijuttatását. Hátrányuk viszont a magasabb árak, és a szükségletet nem teljes mértékben lefedő tápanyagarány választékuk.

Jellemző összetevőjük az ammónium-foszfátok: a monoammónium-foszfát (MAP  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  hatóanyag-tartalma: 12,2% N és 61,7%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) és a diammonium-foszfát (DAP  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  hatóanyag-tartalma: 21,2% N és 53,8%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

Nitrogént és foszfort tartalmazó keveréket nyernek a nyersfoszfátok salétromsavas feltárása utáni ammonizálás nyomán is ( $\text{CaHPO}_4$  és  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  hatóanyag-tartalommal).

A fluorapatit salétromsavas feltárása:



Kiseb hatóanyag-tartalmú, ezen belül főleg alacsony nitrogéntartamú, műtrágyák kiinduló terméke az ammonizált szuperfoszfát. A kénsavas feltárás során nyert szuperfoszfát szabad savtartalmának ammóniával való részleges semlegesítésével készül.

A nitrogén- és foszfortartalmú féltermékeket szükség szerint káliumkloriddal, karbamiddal vagy ammóniumnitráttal egészítik ki a megfelelő arány beállítása érdekében.

Az összetett műtrágyák hatóanyag-tartalmát három egymás után írt, – egymástól kötőjellel elválasztott – számmal szokták jellemezni. Az első a nitrogéntartalom N%, a második a foszfortartalom P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>%, a harmadik a káliumtartalom K<sub>2</sub>O%-ban kifejezve.

### **Oldatműtrágyák**

Az oldatok töménysége korlátozott. Elsősorban kiegészítő műtrágyázásra (pl. levéltrágyázásra) használják az oldatműtrágyákat.

**UAN-oldat:** A karbamidból (U) és az ammóniumnitrátból (AN) együtt nagyobb koncentrációjú oldat készíthető mint külön-külön feloldva. 30% N-t tartalmaz a HIDRONIT 30, 28% N-t tartalmaz a NITROSOL 28, kalciumtartalmú és 22% N-t tartalmaz a NITROSOL Ca.

**NP-oldatok:** foszforsav ammóniával való reagáltatásával készülnek. Foszforsav helyett polifoszforsavakat használva nagyobb töménységű oldatokat készíthetnek. Ezeknek az oldatoknak a nitrogéntartalma viszonylag alacsony. Ez UAN-oldat hozzáadásával növelhető. KCl-kiegészítéssel NPK-oldatok nyerhetők. Ilyen különböző NPK arányúra beállított oldatműtrágyák a TOMASOL-készítmények.

**Kelátok:** A nehézfém mikroelemek másodlagos kémiai kötések segítségével szerves komplex vegyület formájában vízben jól oldható formába vihetők. A komplexképzők a laboratóriumokban is használt EDTA (Etilén-Diamin-Tetra-Ecetsav) vegyülettől a huminsavakig nagyon sokfélék lehetnek. Gyártanak egy és több hatóanyagot tartalmazó készítményeket, esetenként makroelem-kiegészítéssel.

### **Szuszpenziós-műtrágyák**

Nagyobb hatóanyag-tartalmú (40–50%) műtrágyákat kapnak, ha az oldatban levő tápanyagon felül további mennyiségeket igen apró szilárd formában egyenletesen eloszlatva lebegő állapotba (szuszpenzióba) visznek. A szuszpenzió kiülepedését keveréssel és szuszpenzió-stabilizáló anyagokkal gátolják. Szuszpenzió-stabilizáló anyag lehet ipari melléktermék (melasz), szervestrágya-készítmény (VINASZ), agyagásvány (bentonit).

A szuszpenziós műtrágya vásárlásakor fokozott szerepe van a bizalomnak. Mivel csak korlátozott ideig tárolható, gyanú esetén nincs lehetőség az összetétel utólagos ellenőrzésére. A nagy mennyiségek miatt 1–2 százalékkal nagyobb víztartalom, vagy a drágább komponens (N) részleges olcsóbb komponenssel való helyettesítése a gyártónak óriási többlethasznot jelenthet a vásárlók kárára. Szuszpenziós műtrágyát a műtrágyagyárak és – az ország több pontján létesített – keverőtelepek állítanak elő. Előállítás után közvetlenül felhasználandó, mert a tárolása csak keverővel ellátott tartályokban lehetséges.

A nitrogén-foszfor-kálium arány széles határok között változtatható. Mivel az arányok változtatása a berendezések átállítását igényli, az előállított választék a gyakorlatban szűkebb.

A szuszpenziós műtrágyák két típusba sorolhatók attól függően, hogy a kiindulási alapoldatot UAN-oldat vagy MAP-ból készített oldat képezi.

**UAN-oldat alapú,** szuszpenziós műtrágyák esetében oldatfázisban a nitrogén és a káliumklorid egy része, míg a szuszpenziós fázisban szuperfoszfát, triplefoszfát, illetve a káliumklorid többi része található.

**MAP (Mono-Ammonium-Foszfát) alapú** a legtöbb szuszpenziós műtrágya. A foszfortartalom teljes egészében oldatban van. A szintén oldatban levő nitrogén-komponens szükség szerint UAN-nal kiegészíthető. Nagyrészt szuszpenziós fázisban van a KCl-tartalom.

### A műtrágyák legfontosabb fizikai és kémiai tulajdonságai

A műtrágyák lényeges jellemzői a hatóanyag összetételén túl a kísérő anyagok minősége és mennyisége, savanyító és ozmotikus hatása valamint a higroszkóposága.

#### A műtrágyák savanyító hatása

A legtöbb műtrágya alkalmazása a talaj savanyodását idézi elő. A **műtrágyák savanyító hatása** a savanyítás módja szerint három csoportba sorolható. Ezek a kémiai savasság, fiziológiai savasság, biológiai, vagy átalakulási savasság.

**Kémiai savasság.** A szabad savat tartalmazó vagy savasan hidrolizáló műtrágyák. Szabad savat tartalmaz a szuperfoszfát, savasan hidrolizálnak az ammóniumsók.

Az ammóniumnitrát hidrolízise: 
$$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$$

**Fiziológiai savasság.** Azon műtrágyák, amelyeknek a kation-komponensét nagyobb mértékben veszi fel a növény mint az anion-komponensét, fiziológiailag savanyító hatásúak. Példa erre a káliumklorid. Miközben a növény gyökere a  $\text{K}^+$ -ionokat felveszi, a  $\text{Cl}^-$ -ionokat pedig nem, vagy csak kisebb mértékben. A gyökér – az elektron-neutralitás fenntartása érdekében – a felvett többlet pozitív töltéssel egyenértékű  $\text{H}^+$ -iont bocsát ki. Ennek ellentéte a **fiziológiai lúgosítás**, amikor a növény a műtrágyából származó ionok közül az anionokat veszik fel nagyobb arányban. Erre példa a kalcium-dihidrogénfoszfát ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ) a szuperfoszfát és a tripleszuperfoszfát hatóanyaga. Ebben az esetben a  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ionnal felvett többlet negatív töltést  $\text{OH}^-$  vagy  $\text{HCO}_3^-$  ionok kibocsátásával egyenlíti ki a gyökér. Ez a hatás a talajsavanyúság csökkentését eredményezi.

**Biológiai, vagy átalakulási savasság.** Mikroszervezetek közreműködésével az ammónia nitrifikációja során salétromsav keletkezik. 
$$\text{NH}_3 + 2 \text{O}_2 = \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

Nemcsak az ammóniumsókra, hanem az amidnitrogén tartalmazó műtrágyákra (karbamid) is jellemző ez a savanyító hatás, hiszen ezekből is ammónia keletkezik az első lépésben..

A savanyító hatás ellensúlyozására szükséges  $\text{CaCO}_3$  mennyiségét a „mészindex” fejezi ki. A mészindex azt a kg-ban megadott  $\text{CaCO}_3$  mennyiséget jelenti, amely a műtrágya 100 kg hatóanyag tartalmára (N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ) vonatkozik. Savanyító hatású műtrágyák esetén a mészindex előjele negatív, lúgosító hatásúak esetében pedig pozitív.

#### A műtrágyák fontosabb jellemzői

Műtrágyák megnevezése	Kísérő elemek (kg/100 kg)					Mész index	Só index	KRL %	Sűrűs. t/m <sup>3</sup>
	Ca	MgO	S	Na	Cl				
Mészammon-salétrom	10–20	2–7	–	–	–	–10	75	61	1,4
Ammónium-nitrát	–	–	–	–	–	–60	61	59	1,2
Ammónium-szulfát	–	–	23,5	–	–	–100	69	79	0,6
Kalcium-nitrát	27	2,5	–	–	–	+60	53	47	0,8
Karbamid	–	–	–	–	–	–80	31	75	0,6
Szuperfoszfát	25–30	–	12–14	–	–	+20	10	94	1,1
Triplepszuperfoszfát	10	–	–	–	–	+30	–	94	1,7
Termofoszfát	30	1	–	15	2–10	+50	–	97	1,6

Műtrágyák megnevezése	Kísérő elemek (kg/100 kg)					Mész index	Só index	KRL %	Sűrűs. t/m <sup>3</sup>
	Ca	MgO	S	Na	Cl				
Kálium-klorid 40%-os	1	2	1,5	10	45	-40	46	84	1,3
50%-os	0,5	0,7	0,5	3,8	47	-40	46	84	1,3
60%-os	–	–	–	1,1	46	-40	46	84	1,3
Kálium-szulfát	–	1	17	0,5	1,5	-20	32	96	0,9
MAP	–	–	–	–	–	-40	35	92	1,2
Nitrofoszka 16–16–16	10	–	–	–	–	-30	35	50	
Ipari kevert 10–10–10	20	–	8	–	–			45	

### ***Ozmotikus hatás***

A műtrágyák vízben oldható sók lévén, befolyásolják a talaj-gyökér határfelület ozmotikus viszonyait. Ha a talajoldatban nagyobb koncentráció alakul ki mint a gyökérfelület sejtjeiben, akkor a vízáramlása megfordul. Az ellentétes irányú vízáramlás hatására a gyökér összeaszalódik, a növény kiszárad. Ennek jellemzésére az NaNO<sub>3</sub> hatásával összehasonlítható %-os mértékszámként a „**sóindexet**” vezették be. Viszonyításra azért használják a NaNO<sub>3</sub>-ot mert ez volt az első műtrágya (Chilei-salétrom).

### ***Higroszkóposság***

A műtrágyák **higroszkóposságát** azzal a levegő páratartalommal jellemzik, amelyen tárolva a műtrágya vizet vesz fel, és elfolyósodik. Ezt az értéket hívják **Kritikus Relatív Légnedvességnek**, röviden **KRL-értéknek**. A levegőben levő relatív légnedvesség általában 60–70%, de zivatarok idején elérheti a 90–100%-ot is. Az 50% alatti relatív légnedvesség elsősorban sivatagban, vagy párasítás nélküli központi fűtéses lakásban fordulhat elő. Mielőtt a műtrágya elfolyósodna a megfelelő KRL értéken először egy kevés nedvesség hatására összezsugorodik. Ez lehetetlenné teszi a műtrágya egyenletes kiszórását. A 40–60% KRL értékek erősen higroszkópos tulajdonságra utalnak. Ilyen esetben célszerű a műanyagzsákos tárolás. A 80% feletti KRL érték esetében nem tekintjük higroszkóposnak a műtrágyát. Ilyen esetben lehetséges a szabadban is a tárolás, persze csapadéktól védve, műanyag fóliával letakarva. A fontosabb műtrágyák kísérőelemei és főbb fizikai jellemzői:

### **Műtrágyakeverés**

Mivel műtrágyázáskor általában több hatóanyag kijuttatására van szükség. Ez megtehető költséges módon monoműtrágyák több menetben való kijuttatásával, vagy drágább összetett műtrágyák alkalmazásával. A költségkímélő módszer a monoműtrágyák üzemi keverése és egy menetben való kijuttatása. A műtrágya-keverésnek viszont kémiai és fizikai feltételei vannak.

#### ***A keverés kémiai feltételei:***

A foszfátreverzió elkerülése érdekében a szuperfoszfát nem keverhető kalciumtartalmú műtrágyákkal és javítóanyagokkal.

A szabad savat tartalmazó szuperfoszfát nem keverhető ammónium-nitráttal, mert nitrózusgáz képződik.

Az ammóniumsók nem keverhetők bázikus hatású műtrágyákkal, pl. Thomas-salakkal, mert ammónia képződik.

Nem keverhető a karbamid szuperfoszfáttal és ammónium-nitráttal, mivel e műtrágyák a karbamiddal nedvszívó addukt vegyületeket képeznek.

### A keverés fizikai előfeltételei:

Nem keverhetők egymással a különböző formájú és szemcseösszetételű (pl. por, kristályos anyag, apró és normál szemcsés) műtrágyák, mivel mozgatás, szállítás kiszórás közben újra szétválnak (szegregálódnak). A műtrágyaszórás egyetlen lesz.

Csak hasonló vagy közel azonos szemcseméretű komponensekből készíthető homogén műtrágyakeverék, melynek összetétele, megoszlása és tápanyagtartalma minden térfogategységben azonos.

A homogenitást kedvezőtlenül befolyásolja, ha a komponensek hatóanyag-tartalma között nagy a különbség és a kívánt hatóanyag-tartalom érdekében nagyon eltérő mennyiségeket kell összekeverni.

A keveréshez felhasznált műtrágya nem lehet nedves, tapadós, összecsomósodott. Kívánatos, hogy a szemcsék kopásállósága megfelelő legyen, a porladó szemcsékből álló műtrágya nem alkalmas a száraz keverésre.

A keverésnél figyelembe kell venni a műtrágyák higroszkóposságát is, mely adott hőmérsékleten a levegő relatív nedvességtartalmának függvénye. Kritikus relatív nedvességtartalomnak nevezzük azt a páratartalmat, melynél a műtrágya nem ad le és nem vesz fel nedvességet a levegőből.

### Műtrágyakeverési táblázat

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Kalcium-nitrát																	
Nátrium-nitrát																	
Mészammonsalétrom																	
Ammónium-szulfát-nitrát																	
Kálium-ammónium-nitrát																	
Ammónium-szulfát																	
Magnézium-ammónium-nitrát																	
Karbamid																	
Kalcium-cián-amid																	
Diammónium-foszfát																	
Szuperfoszfát																	
Triple-szuperfoszfát																	
Thomas-salak																	
Nyersfoszfát																	
Kálium-klorid																	
Kálium-szulfát																	
Kálium-magnézium-szulfát																	

### Jelölések:

üres kocka. keverhető és tárolható műtrágyakombinációk

szürke kocka: keverhető, de a keverés után 2–3 napnál tovább nem tárolható műtrágyakombinációk

fekete kocka: nem keverhető műtrágyakombinációk

### 6.3. A tápanyagutánpótlás alapelvei

A korábbiakban tárgyalt Liebig törvény kimondta, hogy a relatív minimumban levő tényező határozza meg a termés nagyságát. Annak ellenére, hogy valóban a relatív minimumban levő tényező okozza a hatás legnagyobb részét, a többi tényező hatása csak a relatív minimumban lévő tényező szélsőséges hiánya, és a többi tényező megfelelő szintje mellett hanyagolható el. Ez azért van mert az szélsőséges hiány esetén a tápanyagellátás hatását leíró görbe meredeken emelkedik. A többi tényező hatását leíró görbék kevésbé meredeken emelkednek, mivel értékük az optimum közelében található. A Liebig törvény akkor érvényes, minimumban levő tényező hatásához képest a többi tényező hatása csak elhanyagolható mértékű. Minél eredményesebben törekszünk a kiegyensúlyozott növénytaplálás megvalósítására, annál inkább szükséges a tényezők együttes hatásának figyelembe vétele.

Az tényezők együttes hatása nem tekinthető az egyes tényezők hatásainak összegződésének. Általában ha a növény más tényezők tekintetében kedvező körülmények között van, akkor az a vizsgált tényező hatását is pozitív irányban megváltoztatja. Ez a szinergizmus jelensége. Például a megfelelő vízellátás nem csak a növény kedvező vízellátását eredményezi, hanem segíti a talajban levő tápanyagok feltáródását is, így pozitív hatással van a növény tápanyagellátására is. Hasonlóképpen a megfelelő foszfor és kalciumellátás pozitív hatással van a gyökér fejlődésére, az így kialakuló nagyobb gyökérfelülete segítségével a növény a kevésbé mozgékony tápanyagokhoz könnyebben jut hozzá. Előfordul olyan eset is amikor a tényezők egymás hatását negatív irányban befolyásolják. Ez az antagonizmus jelensége. Antagonisták például a kationok, mert egymás felvételét akadályozzák. Meszes talajokban a magas Ca tartalom akadályozhatja a K vagy a Mg felvételét. Az intenzív K trágyázás a Ca vagy a Mg felvehetőségére hat kedvezőtlenül. Az alkáli-foszfátok kivételével a foszfátvegyületek többsége vízben rosszul oldódik. Sok oldható foszfátot juttatva a talajba a fémes mikroelemek foszfát csapadék formájában felvehetetlenné válnak. Jellemző példa erre a foszfor-cink antagonizmus.

A produkció növelésének vannak korlátja. Ezt a legtöbb termelési tényező esetében már régóta tudjuk. Így korlátozza a növekedést az alacsony, de a túl magas hőmérséklet is. Nemcsak a szárazság, hanem a túl nagy víztartalom is, amely a talaj levegőtlenességét okozza, csökkentheti a növényi produktót. A növény számára kis mennyiségben szükséges nehézfémek (például réz, cink, mangán) nagyobb mennyiségben mérgezőek és a csökkentik a növényi produktót. Az utóbbi évtizedek intenzív trágyázási gyakorlata megmutatta, hogy a nagyobb mennyiségben szükséges tápelemek (NPK) túlzott adagolása is okozhat termelésesökkenést.

A termelési tényezők hatásáról általában elmondhatjuk, hogy ha mértékük a szükségesnél kisebb, akkor növelésük a produkció növekedésével jár. Ez a növelő hatás ez optimális értékhez közelítve egyre csökken. Ez után egy hosszabb vagy rövidebb tolerancia szakasz következik. Az ezt meghaladó értékeknél pedig károsítás, a produkció csökkenése lép fel. Még olyan anyagok esetében is megfigyeltek hasonló lefutású hatás összefüggést, amelyeknek szükségessége a növényben nem mutatható ki. Ekkor valószínűleg a növény védekező reakciója kismértékű alkalmazás esetén stimuláló hatást eredményez (például: arzén, titán, gyomirtó szerek).

A hatásösszefüggést több kutató is megpróbálta matematikailag leírni. Mitscherlich (1909) hatásfüggvényként egy telítődési összefüggést javasolt.

#### **A tápanyagutánpótlás hatékonysága**

A termelési tényezők hatásáról általában elmondhatjuk, hogy ha mértékük a szükségesnél kisebb, akkor növelésük a produkció növekedésével jár. Ez a növelő hatás ez optimális értékhez

közelítve egyre csökken. Ez után egy hosszabb vagy rövidebb tolerancia szakasz következik. Az ezt meghaladó értékeknél pedig károsítás, a produkció csökkenése lép fel. Még olyan anyagok esetében is megfigyeltek hasonló lefutású hatás összefüggést, amelyeknek szükségessége a növényben nem mutatható ki. Ekkor valószínűleg a növény védekező reakciója kismértékű alkalmazás esetén stimuláló hatást eredményez (például: arzén, titán, gyomirtószerek).

A hatásösszefüggést több kutató is megpróbálta matematikailag leírni. Mitscherlich (1909) hatásfüggvényként egy telítődési összefüggést javasolt.

A **Mitscherlich-törvény** kimondja, hogy a termés a növekedési tényezők hatására növekszik, de a hozamnövekedés nem lineáris, hanem a termés a növekedési tényezők által meghatározott maximumhoz tart. A termés nagysága növekvő tápanyagadagok hatására a maximális termés eléréséhez hiányzó résszel arányosan növekszik.

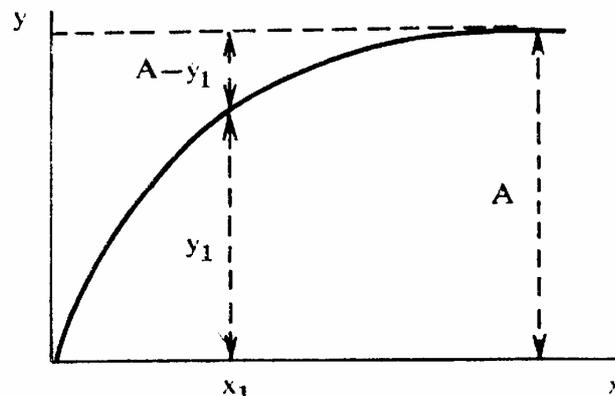
Alapfeltevése az volt, hogy a relatív minimumban lévő tényező ( $x$ ) hatására a növényi produkció növekedése ( $dy/dx$ ) az aktuális produkciónak ( $y$ ) a maximális produkciótól ( $A$ ) való távolságával ( $A-y$ ) arányos (arányossági tényező:  $k$ ).

$$\frac{dy}{dx} = k \cdot (A - y)$$

A produkció ( $y$ ) és az adott tényező ( $x$ ) közötti összefüggést a fenti differenciál-egyenlet integrálásával kapjuk meg.

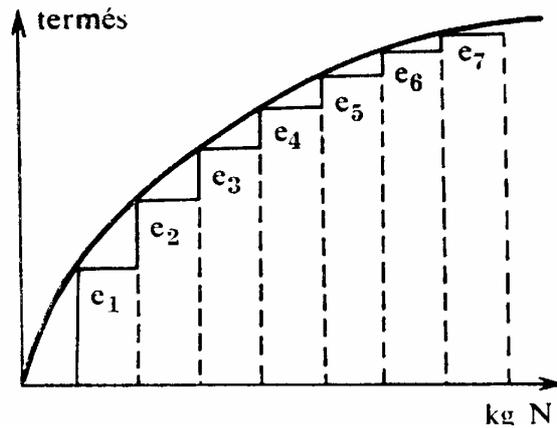
$$y = A \cdot (1 - e^{-k \cdot x})$$

Ezt az összefüggést szemlélteti a következő ábra. Látható, hogy a görbe meredeksége ( $dy/dx$ ) balról jobbra csökken annak megfelelően, ahogyan a görbe megközelíti az  $A$  értéket.



A termés növekedése egy hatástényező függvényében Mitscherlich szerint.

Mitscherlich törvénye azért is figyelemre méltó a gyakorlat szempontjából, mert rámutat arra, hogy növekvő trágyaadagok egyre kisebb hozamnövekedést eredményeznek, mint ahogyan az a következő ábrán is látható.



Növekvő N adagok hatása a terméshozamra.

Ezért nevezik Mitscherlich törvényét a **csökkenő hozamnövekedés törvényének** is.

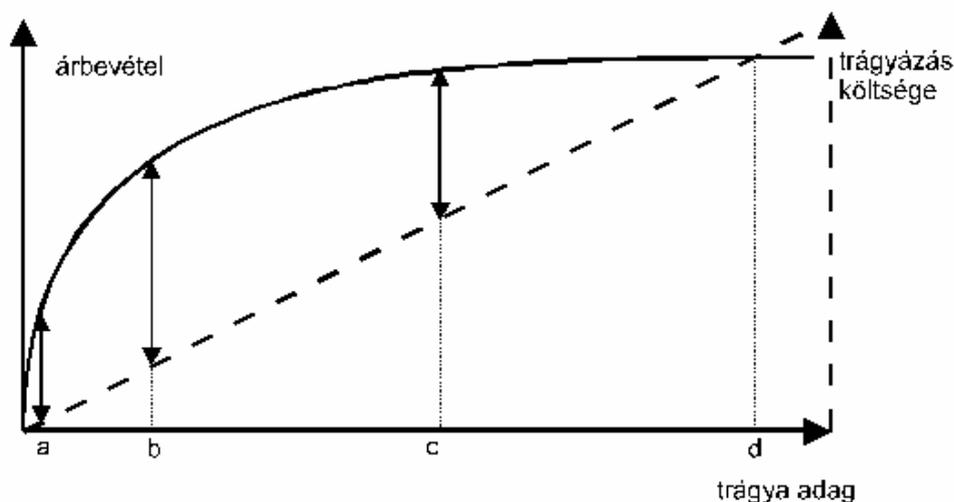
Annak ellenére, hogy valóban a relatív minimumban levő tényező okozza a hatás legnagyobb részét, a többi tényező hatása csak a relatív minimumban lévő tényező szélsőséges hiánya és a többi tényező megfelelő szintje mellett hanyagolható el. Ez azért van mert az szélsőséges hiány esetén a hatásgörbe meredeken emelkedik, míg a többi tényező hatása - amelyek optimumközeli értéken vannak csak kevésbé meredeken, - a hiányban levő tényező hatásához képest - elhanyagolható mértékben változik. Minél eredményesebben törekszünk a kiegyensúlyozott növénytaplálás megvalósítására, annál inkább szükséges a tényezők együttes hatásának figyelembe vétele.

Az tényezők együttes hatása nem tekinthető az egyes tényezők hatásainak összegződésének. Általában ha a növény más tényezők tekintetében kedvező körülmények között van akkor az a vizsgált tényező hatását is pozitív irányban megváltoztatja. Ez a **szinergizmus** jelensége. Például a megfelelő vízellátás nem csak a növény kedvező vízellátását eredményezi, hanem segíti a talajban levő tápanyagok feltáródását is, így pozitív hatással van a növény tápanyagellátására is. Hasonlóképpen a megfelelő foszfor és kalciumellátás pozitív hatással van a gyökér fejlődésére, az így kialakuló nagyobb gyökérfelülete segítségével a növény a kevésbé mozgékony tápanyagokhoz könnyebben jut hozzá. Előfordul olyan eset is amikor a tényezők egymás hatását negatív irányban befolyásolják. Ez az **antagonizmus** jelensége. Antagonisták például a kationok, mert egymás felvételét akadályozzák. Meszes talajokban a magas Ca tartalom akadályozhatja a K vagy a Mg felvételét. Az intenzív K trágyázás a Ca vagy a Mg felvehetőségére hat kedvezőtlenül. Az alkáli-foszfátok kivételével a foszfátvegyületek többsége vízben rosszul oldódik. Sok oldható foszfátot juttatva a talajba a fémes mikroelemek foszfát csapadék formájában felvehetetlenné válnak. Jellemző példa erre a foszfor-cink antagonizmus.

Azt, hogy meddig gazdaságos a trágyafelhasználás, a hatásgörbe további elemzésével szemléltethetjük.

Feltételezve, hogy a termésért kapott árbevétel arányos a termés mennyiségével a trágyázás eredményeként nyert többletermés értéke a korábban tárgyalt hatásgörbéhez hasonlóan írható le, hiszen a terméstöbbség és az abból származó árbevétel arányosak egymással. A műtrágyázás költségét is vehetjük első közelítésben arányosnak annak mennyiségével, sőt ha még a műtrágyázás állandó költségeitől (gépek, raktárak, stb.) eltekintünk, akkor azt első közelítésben a nulla ponton áthaladó egyenessel ábrázolhatjuk. A következő ábrán a többletermés értékét mutató hatásgörbét folytonos, a műtrágyázás költségét mutató egyenest szaggatott vonallal jelöltük.

Az a többletjövedelem amit a trágyázás alkalmazásával érhetünk el az árbevétel és a trágyázás költségének különbségéből adódik. Ez a különbség a műtrágyázás mennyiségétől függ. Az ábrán szemléltetett esetben a „b” pontban a legnagyobb. Ha ennél kevesebb műtrágyát adunk („a” pont) a költség kisebb, de a többlettermésből származó árbevétel nagyobb mértékben csökken, ezért a különbségük, a jövedelem is kisebb lesz. Ha viszont több műtrágyát adunk („c” pont) a költség növekszik, de a többlettermésből származó árbevétel csak kisebb mértékben növekszik, ezért a különbségük, a jövedelem ebben az esetben is kisebb lesz.



Az árbevétel, a trágyázás költségének és jövedelmezőségének alakulás a kiadott trágya mennyiségének függvényében

Sőt olyan mennyiségű műtrágyát is alkalmazhatunk („d” pont) amely esetben a költség és az árbevétel megegyezik, vagyis a többletjövedelem nulla. Ezt meghaladó műtrágya alkalmazása negatív többletjövedelmet, vagyis veszteséget okoz. Nyilvánvaló, hogy a „d” pontnak megfelelő, vagy azt meghaladó mennyiségű műtrágyaadag alkalmazása értelmetlen. Az ennél kevesebb műtrágya alkalmazása viszont különböző mértékben ugyan, de jövedelmező.

Célszerű a kiadagolandó műtrágya mennyiségét olyan értékben meghatározni, amely esetben a többletjövedelem maximális. Ezt az ábrán „b” ponttal jelöltük. A „b” pont meghatározását az a geometriai törvényszerűség teszi lehetővé, amely szerint egy egyenestől mért legtávolabbi pontjában a görbe érintője párhuzamos az egyenessel. A „b” pontot megelőző tartományban az árbevétel- (hatás-) görbe meredekebben emelkedik a költség egyenesnél, ezért a műtrágya adagjának a növelése egyben a jövedelem növekedését is eredményezi. A „b” pontot meghaladó tartományban az árbevétel- (hatás-) görbe már kevésbé meredeken emelkedik mint a költség egyenes, ezért a műtrágya adagjának a növelése egyben a jövedelem csökkenését is eredményezi.

Számítással is meghatározhatjuk a „b” pont helyzetét. Ha az árbevétel- (hatás-) görbe érintőinek meredekségét leíró derivált függvényét meghatározzuk, akkor az  $x=b$  értékét abból az egyenletből határozhatjuk meg amit a derivált függvény és az költség egyenes meredekségének ( $m$ ) egyenlővé tételével kapunk.

Hasonló módon elemezhető egyenként a különböző műtrágyák sőt a többi ható tényező hatékonysága is. Minél több tényező (tápanyagellátás, talajművelés, vízellátás) optimális szintjét vagyunk képesek biztosítani annál magasabb termést sikerül elérni, egyre jobban megközelítve azt a természetes korlátot, amit a növény ökológiai teljesítőképessége jelent. Ennek megfelelően csökken az a sáv, amin belül a termés ingadozhat a nem kontrollálható tényezők függvényében, vagyis javul a termés biztonsága is.

Szabadföldi körülmények között a nem kontrollálható tényezők az időjárással kapcsolatosak. Magyarországon azon területek legnagyobb részén, ahol szántóföldi termelést folytatnak kontinentális klíma uralkodik. Itt a legjelentősebb terméskorlátozó tényező a vízellátás. A legtöbb helyen az öntözés technikailag kivitelezhetetlen. Sőt a technikailag öntözhető területeken sem mindig öntöznek.

Az optimális közeli tápanyagellátás eredményeképpen előállt nagyobb növényi produkció eredményeképpen több szerves maradvány marad vissza a talajban. Ez növeli a talajkolloidok mennyiségét, javítva a talaj víz- és tápanyag-gazdálkodását. Ez már önmagában is kiegyenlítettebb terméseredményt, nagyobb termésbiztonságot eredményez.

A talaj száradásakor a víztartalom csökkenése elsősorban a nehezen oldható, kevésbé mozgékony tápanyagok (foszfor, mikroelemek) felvételét korlátozza. Ezen tápanyagokból az ellátottság javítása javítja a növény szárazságtűrését is. Ez is hozzájárul a nagyobb termésbiztonsághoz.

A termés minősége gyakran a nagyobb termések elérésekor romlik. Ismert egyes elemek, elsősorban a nitrogén minőségromtó hatása, párhuzamosan az erőteljes termésnövelő hatásával.

#### **6.4. A tápanyagellátás gyakorlata**

Magyarország talajainak tápanyag-ellátottságában a 70-es években következett be lényeges változás, 1961–65. év átlagában egy hektár szántó, kert, gyümölcsös szőlő területre 53 kg vegyes műtrágya hatóanyagot (N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O) használtak fel, ez a mennyiség 71–75. évek átlagában 218 kg-ra emelkedett. Az átlagosan kiszórt műtrágya mennyiség a 70-es évek közepétől már meghaladta a 250 kg-ot. A megnövelt műtrágya felhasználás a szántóföldi kultúrákban új technológiai eljárások bevezetésével párosult.

A kifejlesztett és alkalmazott új technológia és a megnövelt műtrágya felhasználás eredményezte, hogy a szántóföldi kultúrák terméseredménye jelentősen emelkedett különösen búza és a kukorica ágazatban. A búza átlagtermése 1985. évben az 1970. évnek több mint kétszeresére nőtt, a kukorica is közel hasonló mértékben emelkedett az 1970. évi 3,38 t/ha -os országos átlaggal szemben 1985. évben 6,29 t/ha takarítottak be.

Hazánkban a 80-as évek elején használtak fel legtöbb műtrágyát, a 90-es évek elején a műtrágya felhasználás a mélypontra süllyedt az 1961–65. évi átlagot sem érte el. A csekély mennyiség teszi szükségessé, hogy a műtrágya hatóanyag felhasználása csak a legkorszerűbb ismeretek felhasználásával történjék.

Ez a munka a SzIE Talajtani és Agrokémia Tanszékén is folyik. Jelenleg a táblán belüli talajfoltok hatását figyelembe vevő technológia kidolgozása folyik. A munkához a számítógépes térinformatika (GIS), a műholdas helyzet-meghatározó rendszer (GPS) és a beatkarított termést folyamatosan regisztráló kombájn felhasználásával történik. Ezekkel az eszközökkel elkészített terméstérképeken látható heterogenitás felhívja a figyelmet a táblán belüli heterogenitás figyelembevételének fontosságára.

#### **Trágyázási szaktanácsadási módszerek**

Ide tartoznak a már tárgyalt növényvizsgálatokon alapuló módszerek, ezen belül a DRIS módszer, a fontosabb talajvizsgálatokon alapuló módszereket a következőkben mutatjuk be.

A talaj nitráttartalmára alapozott tavaszi N-trágyázási szaktanácsadási módszer az ásványi N, vagy N-min módszer. Ennek lényege, hogy a talaj nitráttartalmát a gyökerekkel beszórt talajréteg vastagságában vizsgálják rétegenként. A rétegenkénti talajvizsgálat fontos információt ad.

A talajvizsgálati értékek alapján adott trágyázási szaktanácsadási módszerek filozófiájukban különböznek egymástól. Van módszer, amelyik a kation arányok alapján állapítja meg a hiányokat, más módszer a talaj tápanyagszintjének fenntartását tűzi ki célul (mérleg szerinti, fenntartó trágyázás), ismét más a talaj tápanyag szintjének minősítése (határértékek) alapján ad szaktanácsot. A hazánkban leginkább elterjedt módszer ez utóbbihoz tartozik.

A hazánkban legelterjedtebb módszert MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ publikálta „Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer” címen. Ezt a szakma „kék füzet”-nek is nevezi. A módszer alapján a növények tápanyagszükségletét alapvetően a tervezett terméssel kivonható tápanyagtartalom határozza meg, mely a termés nagyságából és az egységnyi termésmennyiség tápelem-tartalmából számítható. A tápanyagszükséglet azonban nem egyezik meg a műtrágya-szükséglettel.

A műtrágya-szükséglet függ a műtrágyák érvényesülésétől az adott talajon és a talaj tápanyag-szolgáltató képességétől is. Gyenge tápanyag-ellátottságú talajon több tápanyagot, jó ellátottságú talajon kevesebbet kell adnunk. A műtrágyák érvényesülése is változik a talajtulajdonságoktól függően, a kedvezőtlen talajtulajdonságú talajon rosszabb az érvényesülés, ezért több műtrágyát kell adni; a jó tulajdonságú talajon kedvezőbb az érvényesülés, nem kell a műtrágyát feleslegben adni.

A talaj tápanyag ellátottságának jellemzéséhez tápanyag-szolgáltatási típusok szerint a talajokat hat termőhelyi csoportba osztjuk (I.–VI.).

#### ***Termőhelyi csoport jellemzése és az adott csoportba tartozó talajtípusok***

- I. csernozjom (mezőségi) típusú talajok: mészlepedékes csernozjom, réti csernozjom, csernozjom réti (a szolonyeces kivételével), teraszcsernozjom, erdőmaradványos csernozjom, kilúgzott csernozjom, humuszkarbonát-talaj, csernozjom barna erdőtalaj, csernozjomterület lejtőhordaléka.
- II. erdőtalajok: karbonátmaradványos barna erdőtalaj, Raman-féle barna erdőtalaj, agyegbemosódásos barna erdőtalaj, savanyú barna erdőtalaj, erdőterületek lejtőhordaléka.
- III. réti típusú talajok: réti, öntés réti, réti öntés, nyers öntés humuszos öntés, vízrendezett pszeudoglejes barna erdőtalaj, csernozjom réti kötött, szolonyeces csernozjom réti, szoloncsákos réti, szolonyeces réti.
- IV. laza szerkezetű, homokos talajok: futóhomok, humuszos homok, öntés homok, réti homok, kovárványos barna erdőtalaj, rozsdabarna homok
- V. nehéz, szikes jellegű talajok: réti szolonyec, sztyeppesedő réti szolonyec, másodlagosan elszikesedett, erősen szolonyeces réti, erősen szoloncsákos réti
- VI. erodált, vékony termőrétegű talajok: köves-, sziklás-, kavicsos vázталajok, földes kopár, rendzina, fekete nyirok, podzolos barna erdőtalaj, erősen erodált erdőtalaj, a III., IV. termőhelyhez tartozó talajtípusok (amennyiben 60 cm-nél magasabban gyökérfejlődést akadályozó réteg van), mocsári és ártéri erdők talajai, pszeudoglejes barna erdőtalaj

A talaj tápelem-ellátottságát a következő ellátottsági kategóriákba sorolással határozzuk meg termőhelyenként kialakított határértékeket tartalmazó táblázatok alapján: igen gyenge, gyenge, közepes, jó, igen jó illetve túlzott.

A talaj nitrogén ellátottságát a műtrágyázási irányelvek szerint a talaj humusztartalma jellemzi, figyelembe véve az Arany-féle kötöttség (KA) értékét is.

A foszforellátottság meghatározásához a talaj AL-módszerrel meghatározott foszfortartalmát használjuk úgy, hogy figyelembe vesszük a talaj mésztartalmát, illetve savanyú talajok esetén a pH-ját is.

A káliumellátottság meghatározásához a talaj AL-módszerrel meghatározott káliumtartalmát használjuk úgy, hogy az Arany-féle kötöttség (KA) értékét is figyelembe vesszük.

A természetű növény termésének nagyságával arányos a kijuttatandó trágyahatóanyag terv szerinti értéke. Ezért ennek minél pontosabb megtervezése fontos szempont. Történt már próbálkozás arra, hogy a termőhelyi és klimatikus adottságokat figyelembe ezt mint ökológiai potenciált határozzák meg, de ez a módszer az előző 5 év terméseinek figyelembevételével kalkulál.

Az előző 5 év termései közül kiválasztva a két legjobb termést, ezek átlagát tekintjük tervezett termésnek. (A különböző növények terméseredményének összehasonlítása érdekében termésszint kategóriákat dolgoztak ki.)

A tervezett növénynek megfelelően kiválasztjuk a megfelelő fajlagos műtrágyaigény táblázatból a termőhelyi kategória és az adott elemre vonatkozó ellátottsági kategória ismeretében a fajlagos műtrágyahatóanyag-igényt meghatározva, azt a tervezett termés értékével megszorozva az 1 ha-ra kijuttatandó műtrágya-hatóanyag mennyiségeket kapjuk. Ezt további tényezők figyelembevételével korrigálni kell.

### **Az 1 ha-ra számított műtrágyahatóanyag-mennyiség korrekciója**

#### ***Elővetemény-hatás***

a – Figyelembe vesszük a pillangós növények N-igényt csökkentő hatását: A IV. és VI. termőhelyek kivételével a közepes és az annál jobb nitrogén-ellátottságú talajokon, valamint a termőhelyre jellemző közepes termésszintet meghaladó pillangós esetén a számított N-műtrágya-hatóanyagot egyéves pillangós után – első évben – 50 kg N/ha-ral csökkentjük. Lucerna után még a 2. évben is számítható 30 kg N/ha levonás.

b – Nagy tömegű szerves anyag leszántásakor, nagy szártömeget visszahagyó – tág C:N arányú – növények (pl.: kukorica, napraforgó, búza) esetén a szerves anyag káliumtartalmát a számított K-műtrágya-hatóanyagból levonjuk. A kukoricaszár esetében 5–10 kg K<sub>2</sub>O betakarított kaszattermés, őszi búza-szalma esetén – leszántás vagy tarlóégetés esetén egyforma 5–10 kg K<sub>2</sub>O/t betakarított szemtermés szerint számolva. A szerves anyag hasznos hatóanyag-tartalmát az első évben csak megfelelően aprított és időben bemunkált termék esetében szabad figyelembe venni.

– A szervesanyag időbeni lebontása céljából a IV. az V. és a VI. termőhelyen, minden 1 t szárazanyaghoz (a betakarított szemtermésnek megfelelő mennyiségből számítva) 8 kg N-t adunk, vagyis ennyivel emeljük a kiszmitott N-adagot, ha az nem éri el a 150 kg N/ha-t. Amennyiben ezt a N-szintet meghaladja, el lehet tekinteni a nitrogénkiegészítéstől. Jobb termőhelyi viszonyok között (I–II. és III termőhelyek) ilyen korrekcióval nem számolunk.

c – Az elővetemény pozitív NPK- mérlegét is figyelembe lehet venni, de ha az elővetemény termése elmarad a tervezett terméstől és a terméskiesés okozója talajtermékenységet is befolyásoló elemi kár (belvíz, talajerózió stb.), akkor az elővetemény által fel nem használt NPK műtrágya-hatóanyag nem módosító tényező. Ha viszont a terméskiesést olyan elemi kár okozta, mint pl. kártevő, betegség, részleges szárazság stb., úgy a közepesnél jobb ellátottságú talajokon a fel nem vett műtrágya-hatóanyag 50%-át figyelembe vehetjük.

Az esetleges istállótrágyázásból eredő hatóanyag mennyiséget is figyelembe kell venni.

A közepes minőségű almos trágya átlagos tápanyag szolgáltatása:

– az első évben: 15 kg/10 t N, 15kg/10 t P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és 40 kg/10 t K<sub>2</sub>O

– a második évben. 10 kg/10 t N, 10kg/10 t P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és 20 kg/10 t K<sub>2</sub>O

Öntözött termesztés esetén az I., a II. és a III. szántóföldi termőhelyek „megfelelő”-nél jobb tápanyag-ellátottságú tábláin a tervezett termés NPK hatóanyag-szükséglete 15–20%-kal csökkenthető a kedvező talaj-tápanyag-hasznosulás és műtrágya hatékonyság miatt.

A káros talajtulajdonságok jelenléte esetén, ha a talaj CaCO<sub>3</sub>-tartalma 15–20% feletti (túlzott karbonátosság), vagy savanyúsága 5 pH (KCl) alatti (túlzott savanyúság), a kiszámított P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mennyiségét (szuperfoszfát-műtrágya használata esetén) bármely talaj P-ellátottsági értéknél 15–20%-kal növelni kell.

A korrekciós tényezőkkel módosítva 1 ha-ra kiszámított hatóanyag mennyiségeket át kell számítani a rendelkezésre álló műtrágyák hatóanyagtartalma és a tábla területe figyelembevételével.

### **Trágyázási módok**

A számított műtrágya mennyiségeket nem célszerű egy adagban az őszi talajmunkák során alaptrágyaként kiszórni, hanem egy részét kiegészítő trágyaként érdemes kiadni. Mivel a nitrogén nitrát formában a téli csapadékkal a talaj termőrétegéből kimosódhat, ezért annak nagyobb részét tavasszal érdemes kiegészítő trágyaként kiadni.

A kiegészítő trágyázás lehet **fejtrágyázás**, amit a növény kelése után a növényre, vagy a talajra juttatnak. A növényre juttatott trágyát a növény levelein keresztül képes felvenni. Ezt levéltrágyázásnak nevezik. **Levéltrágyaként** karbamid oldatot, illetve mikroelem-kelátok oldatát szokták alkalmazni, ügyelve arra, hogy az oldat koncentrációja ne legyen nagyobb 1–2%-nál, mert a töményebb oldat perzselést okozhat.

Kiegészítő trágyázás a **starter- vagy sortrágyázás**. Ezt a vetéssel együtt adagolják a mag közelébe. Így kis adag foszforműtrágyával is jelentősen elő lehet segíteni a csíranövény fejlődését, mivel annak fejletlen gyökérzete még nehezen tudná felvenni az alaptrágyaként a talajba kevert és ott kevésbé mozgékony foszfort. Foszforral együtt kevés nitrogént is szoktak starterként alkalmazni.

Kötöttebb talajokon a kevésbé mozgékony foszforral illetve káliummal nem szükséges minden évben trágyázni. Elegendő két-három évenként kiadni az arra az időszakra számított adagot. Ezt **előre trágyázásnak** hívják. Nagy puffer-képességű talajon nagyon kicsi tápanyagellátás esetén feltöltő trágyázást is szoktak ajánlani, amit a feltöltés után fenntartó trágyázással folytatnak.

Általában elmondható, hogy a kiszórt műtrágyát minél előbb a talajba be kell munkálni. A nitrogén műtrágyák és a szerves-trágyák általában bomlékonyak, a naptól felhevült talajfelszínen jelentős veszteséget szenvedhetnek. Lejtős területen a felszínen levő foszforműtrágya szemcse erózióval könnyen az élővízbe sodródhat és ott eutrofizációt okoz.

### **A nitrogén utánpótlása**

A N-ellátásnál figyelembe kell venni a növények N-igényét, valamint a talaj kémhatását és pufferkapacitását. Savanyodásra hajlamos laza talajon nem szabad rendszeresen ammónium-sókkal trágyázni. Az ammóniumsók nitrifikációja és savanyú fiziológiás kémhatású – különösen laza talajon – savanyítja a talajt. Az ammóniumsókat a savanyú kémhatást kedvelő növények, így pl. a burgonya, rozs és zab meghálálják.

Magyarországon elsősorban az ammónium-nitrát használata terjedt el, amely fele részben nitrát-N-t és fele részben ammónium-N-t tartalmaz. A nitrátokat általában akkor alkalmazzuk, amikor rövid idő alatt intenzív növekedést kívánunk elérni. Így pl. tavasszal a gabonák fejtrágyázására mindig nitrátműtrágyát használunk, míg az ammóniumsókat inkább alaptrágyaként alkalmazzuk. A tiszta ammónium-nitráton kívül hazánkban széles körben alkalmazzák a mészammón-salétromot (Péti-só), amely ammónium-nitráton kívül kalcium-karbonátot is tartalmaz. A kalcium-karbonáttartalom kedvezően ellensúlyozza az ammóniumsó savanyító hatását.

Az említett műtrágyákon kívül egyre nagyobb mennyiségben használnak fel karbamidot is, amely talaj- és permetező trágyaként egyaránt felhasználható.

Fontos, hogy a növények N-ellátása folyamatos legyen, vagyis a vegetációs periódus minden szakaszában megfelelő N álljon rendelkezésre. Száraz időben sok esetben permetező trágyázással elégítik ki a növény aktuális igényét. Gabonánál a N-adagot többnyire megosztva, őszi alaptrágyaként, tavaszi fejtrágyaként és esetenként később alkalmazott kiegészítő N-trágyaként adják. Nagyobb adag N-trágya egy adagban való kijuttatása (különösen ősszel) megnöveli a nitrátkimosódást, így a tápanyag-veszteségen túl hozzájárul a talajvíz (ivóvíz) nitráttartalmának növekedéséhez.

### ***A növények foszforellátása***

Mivel a foszforműtrágyák oldható P-vegyületei a talajban sokféle úton lekötődhetnek, a P-trágyázásnál lehetőleg pótolni kell a terméssel kivont teljes P-mennyiséget. Szélsőségesen savanyú, illetve nagy karbonát-tartalmú talajon ennél többet kell adni. Egyes országokban a terméssel kivont P többszörösét adják, s ezzel kívánják elősegíteni a jó P-ellátást. A gyenge P-ellátottságú talajokon a feltöltő trágyázást alkalmazzák.

Hazánkban legelterjedtebb a szuperfoszfát használata, melyet granulált és sima (őrölt) formában hoznak forgalomba. A granulált műtrágya lassabban oldódik és így a kedvezőtlen lekötődési folyamatok lassabban játszódnak le, mint a sima szuperfoszfát esetén.

A foszforműtrágyát alaptrágyaként adjuk, a trágyaadagok megosztása általában nem szokásos. A műtrágya ésszerűbb felhasználását egyes kultúráknál (pl. gabonaféléknél) sortrágyázás jelenti. A sortrágyázás helyileg nagy tápanyag-koncentrációt hoz létre, s ezzel elősegíti a növények kezdeti fejlődését.

### ***A növények káliumellátása***

A N és P után a harmadik legfontosabb visszapótlásra szoruló tápanyag a K. A rendszeres K-trágyázás hazánkban csak a N- és P-trágyázás fokozódásával lépett előtérbe. Ez egyrészt azzal magyarázható, hogy hazai talajaink nagy része káliummal viszonylag jól ellátott, másrészt azzal, hogy a K-műtrágya teljes mennyiségét importból kell fedeznünk. Ennek ellenére a harmonikus tápanyag ellátás érdekében a rendszeres N és P-trágyázás mellett a K pótlásáról is gondoskodnunk kell. Egy-egy terméssel a talajból kivont K mennyisége viszonylag nagy. Különösen nagy a kapások és a pillangósok K-szükséglete melyet legalább részben pótolnunk kell, mivel e növények termésének minőségét is kedvezően befolyásolja a kálium. A felsorolt kultúrákon kívül igen jelentős a különböző zöldségfélék K-igénye. A zöldségfélék termésével kivont K mennyisége eléri a 350 kg K<sub>2</sub>O/ha. Ez más kultúrákhoz mérten mintegy két-háromszoros K-felhasználást jelent. A gyümölcsfélék többsége és a szőlő is sok káliumot igényel.

A K-ot rendszerint kálium-klorid és kálium-szulfát műtrágyákkal juttatják a talajba. A műtrágya megválasztásakor figyelembe kell vennünk, hogy egyes növényfajok kloridra érzékenyek és ezért trágyázásukra a kálium-szulfát használata javasolt. Kloridérzékeny növények a burgonya, a dohány, a gyümölcsfélék és a szőlő. A gabonafélék, répa, vöröshere, lucerna, továbbá rétek és legelők trágyázására kálium-klorid használható.

### ***A növények kalciumellátása***

A növények Ca-ellátása karbonátos és telített talajokon zavartalan. A terméssel évente elvont Ca mennyisége gabonaféléknél 15–30, kapásoknál 50–90, pillangósoknál 150–200 kg/ha. A terméssel elvont Ca egy részét a szuperfoszfáttal és mészammon-salétrommal pótoljuk. Fokozott Ca-utánpótlás elsősorban a kis adszorpciós kapacitású savanyú homoktalajokon szükséges, mivel e talajoknál kicsi a Ca-ion koncentráció a talajoldatban. A kis kolloid-tartalmú és gyenge pufferolóképeségű talajokon a N-műtrágyák savanyító hatása is nagyobb mértékben érvényesül, ami kalcium-karbonát-adagolást tesz szükségessé. A műtrágya-fel-

használás növekedésével hazánk egyes területein pl. Szabolcs-Szatmár megyében nagymértékű savanyodás következett be a homoktalajon.

A jelenleg használt műtrágyaadagok indokoltá teszik, hogy valamennyi karbonátmentes talajon a műtrágyák savanyító hatásának ellensúlyozására mésztrágyázást végezzenek kalcium-karbonáttal, illetve kalcium-karbonát tartalmú agyagokkal. Általában 0,5–2,0 t/ha kalcium-karbonátot adnak a talaj savanyúságától és a felhasznált műtrágyák mennyiségétől függően.

### ***A növények magnéziumellátása***

A növekvő műtrágya-felhasználás, ezen belül a nagyobb arányú K-adagolás szükségessé teszi a Mg pótlását, különösen Mg-hiányos talajokon és Mg-igényes kultúrák esetében. Ilyenek pl. a burgonya, a cukorrépa, a gyümölcsfélék, a szőlő. A rétek és legelők Mg-trágyázása is fontos, különösen az állatok Mg-szükségletének fedezése érdekében.

### **Tápelem trágyázási kísérletek**

Azt, hogy melyik tényező, és milyen mértékben hat az adott esetben a növényi produkcóra legpontosabban kísérlet alapján lehet eldönteni. Egyes tényezők értékét be tudjuk állítani, míg más tényezők értékei nem, vagy csak igen költséges módon tudunk befolyásolni. Beállítható érték például a talajba juttatott különböző növényi tápanyagok mennyisége. Ezzel ellentétben viszont a hőmérséklet, a fény, a csapadék mennyisége és időbeli eloszlása nem, vagy csak igen nagy költséggel, – vezérelhető klímájú kamrákban (fitotronokban) – szabályozható. Ez utóbbi az oka az évjáráthatásnak, vagyis annak, hogy a növénytáplálási kísérletek eredményei, de általában termelési eredmények is évenként különbözőek. Megbízható következtetést ezért általában csak sok év kísérleti eredményeinek együttes értékelésével szoktak levonni.

A kísérletek kiértékelése során elsődleges azt megállapítani, hogy az eltérő mérési eredmények a vizsgált termelési tényező hatására különböznek, vagy eltéréseik a többi nem vizsgált tényező zavaró hatásának tulajdoníthatóak. Mivel ez utóbbiak hatását nem tudjuk okozati összefüggésben számba venni, ezért hatásuk számunkra az adatok véletlenszerű szóródásában jelentkeznek. Azt, hogy az adatok közti eltérések a vizsgált tényezők hatásának tulajdoníthatók-e az adatok szóródásának vizsgálatával idegen szóval variancia analízissel lehet eldönteni. A számítás során a véletlenszerű szórást és a vizsgált tényezők hatására előált eltérésekből eredő szórást számításal elválasztjuk egymástól, majd összehasonlítjuk egymással. Minél nagyobb a vizsgált tényező hatásából eredő szórás a véletlenszerű szóráshoz képest, annál nagyobb valószínűséggel állíthatjuk, hogy az adatok eltérése a vizsgált tényező hatásának tulajdonítható.

Azt, hogy a kísérlet során kapott két adat között van-e olyan eltérés, ami a vizsgált tényező hatásának tulajdonítható, csak bizonyos valószínűséggel tudjuk megállapítani. A véletlenszerű szórás alapján megadhatunk egy olyan különbség értéket, amelynél nagyobb különbséget egy megadott valószínűséggel a vizsgált tényező hatásának tulajdoníthatunk. Ezt szignifikáns differenciának nevezzük. A szignifikáns differencia értékhez a hiba valószínűség értékét szokták megadni. Gyakran az 5% hibavalószínűséget alkalmazzák. Ez azt jelenti, hogy az ezzel számított szignifikáns differencia (SzD5%) érték az esetek 95%-ban valós különbséget jellemez. 100 vizsgált adatpár közül 5 esetben tévedhetünk, vagyis ezekben az esetekben a különbség nem a vizsgált tényező hatásának tulajdonítható. Kisebb hibavalószínűséghez nagyobb SzD-érték tartozik és előfordulhat az hogy a kísérleti eredményeink között ilyen nagy különbség nem található. Ha csak kisebb SzD értéknek megfelelő különbséget találunk, előfordulhat, hogy ehhez olyan nagy hibavalószínűség tartozik, hogy a különbség valódiságát igencsak kétségbe vonhatjuk.

Varianciaanalízis segítségével a hatás megléte igazolható, vagy elvethető. Amennyiben van hatás, annak mennyiségi vizsgálata többtényezős hatásösszefüggések és az azok meghatározására alkalmas nagyobb mennyiségű kísérleti munkával tanulmányozható.

Arról, hogy a talaj termékenységébe történő beavatkozás hatásos volt-e, arról is célszerű kísérlettel meggyőződni. Új technológia bevezetésekor ajánlatos azt kipróbálni. A tábla területén sávokat jelölünk ki. Az egyik sávot az új technológia, a másikat a régi szerint kezeljük. Azért, hogy a kísérlet minél olcsóbb legyen, célszerű a sávok szélességét a művelő, illetve betakarító gépek szélességének, vagy annak néhányszorosának megfelelőre választani. Gabona esetén ez egy-két kombájnszélesség lehet. Így az egyes sávokon termő növényeket külön betakarítva, viszonylag egyszerűen meghatározhatók a terméseredmények.

Célszerű a kezeléseket megismételni. Minél több ismétlést alkalmazunk annál nagyobb biztonsággal tudjuk értékelni a kezelések hatása közti különbséget. A terméseredmények ugyanis nem csak az általunk beállított kezelések különbözőségéből adódnak. Különbséget okozhat például, a talaj heterogenitása, a kijutás, a betakarítás és a mérés véletlen eltéréseiből eredő hiba. A túl sok ismétlés viszont a kísérlet költségeit és a kísérleti terület méretét növeli. Nagyobb területen nagyobb a valószínűsége a talaj változatosságából eredő heterogenitásnak.

A kísérlet eredményeit variancia analízissel értékeljük ki. A számítás során az ismétlések közti szóródás alapján meghatározzuk a hiba szórást és a szignifikáns differenciát. Ehhez viszonyítjuk a kezelésből eredő különbséget.

Egynél több új technológiát, vagy azok változatait is kipróbálhatjuk hasonló módon. Számukat a kísérlet túl nagy méretéből eredő hátrányok korlátozzák.

Nem valószínű, hogy a következő év más időjárási körülményei között is ugyanarra az eredményre jutunk, mint az első évben. Az évjáráthatás miatt célszerű egy kísérletet egymás után többször is megismételni.

Az üzemi kísérletezésnél fontos szempont, hogy minél egyszerűbben kivitelezhető, vagyis minél olcsóbb legyen. Ez korlátozza a vizsgálható kezelések és azok ismétléseinek a számát. Ha több tényező hatását megbízható módon szeretnénk értékelni, akkor a kísérletet csak kisebb méretben hajthatjuk végre. Az így kialakított kisebb parcellák művelése, már nem hajtható végre az üzemivel azonos körülmények között. A műveletek általában speciális kisebb gépekkel kell végrehajtani. Ezeket általában csak kutatási célból szokták végezni.

## 7. Növényvédőszer

A **peszticidek** az embert és értékeit károsító állati- és növényi szervezetek elleni védekezésre használt anyagok. Felhasználási területük szerint megkülönböztetünk: közegészségügyi, állategészségügyi, háztartási és növényvédelmi peszticideket. A növényvédelmi peszticidek a növényvédőszer.

A növényvédőszer fogalma jogilag a ( 26/1982./XII. 13.) MÉM rendelet alapján a következő: „Növényvédőszer olyan anyagot, vagy anyagok keverékét tartalmazó készítmény, amely a növények, növényi részek, vagy raktározott termények károsítóinak gyérítésére, elpusztítására, csalogatására, riasztására, vagy a növények életfolyamatainak szabályozására – beleértve a növényzet lombtalanítását és szárítását is – alkalmas. Növényvédőszernek minősülnek továbbá a készítmények hatását befolyásoló, a növényvédelmi kezelés során alkalmazott segédanyagok is.”

Csak a Magyarországon engedéllyel rendelkező szereket szabad felhasználni. Az engedélyezett készítmények neveit, rövid felhasználási útmutatóval évente közzéteszik a „Növényvédőszer és termésfokozó anyagok” című kiadványban.

A növényvédőszer a leküzdendő szervezetekre kifejtett biológiai hatásuk alapján lehetnek:

- viricid (virusölő),
- baktericid (baktériumölő),
- fungicid (gombaölő),
- herbicid (gyomirtó),
- zoocid (állati kártevőket ölő).

A zoocideken belül még megkülönböztethetünk:

- akaricid (atkaölő),
- nematocid (fonalféregirtó),
- inszekticid (rovarölő),
- molluszkicid (puhatestűeket irtó),
- rodenticid (rágcsálóirtó).

Az állati szervezetekre hatnak még a repellensek (riasztószerek) és az attraktánsok (csalogatószerek).

A növényvédőszer hatóanyagok biokémiai hatásuk jellege alapján négy csoportra oszthatók:

1. **Disszimilációs folyamatokra ható peszticidek.**
2. **Makromolekulák szintézisét befolyásoló peszticidek**
3. **Növényi életfolyamatokat befolyásoló vegyületek**
4. **Az idegrendszerre ható peszticidek**

A továbbiakban ebben a csoportosításban mutatjuk be a fontosabb növényvédőszer típusokat.

### 7.1. Disszimilációs folyamatokra ható peszticidek

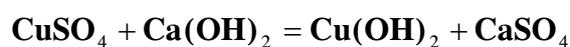
Disszimiláción (légzésen) tág értelemben a különböző szerves anyagok (szénvegyületek) elbomlását értjük. Az élőlények az életműködésükhöz szükséges energiát nyerik a folyamat során.

Azokat a peszticideket, melyek az említett folyamatokra, vagy valamelyikére hatnak, **többhatáshelyű peszticideknek** nevezzük. Ezekkel a vegyületekkel szemben nehezen, vagy egyáltalán nem is alakul ki rezisztencia. Az élőlények minden csoportjára hatnak, mert bennük közel azonos módon megy végbe a szerves vegyületek lebontása. Ezért ezek a szerek nem túlzottan szelektívek. A szelektivitás általában a szervezetbe való bejutás különbözősége alapján valósul meg.

Ezeket a peszticideket kiterjedten a gombák ellen használják. A gombák heterotróf szervezetek. Nem képesek szerves anyagokat szervesekké átalakítani, hanem kész szerves vegyületeket építenek a szervezetükbe. Szervezetük kevésbé differenciált, így nem rendelkeznek többféle működést végző sejtekből álló szövetrendszerekkel. Ezáltal ezek a peszticidek nagyobb mértékben képesek bejutni a gombák szervezetébe, ott felhalmozódva elpusztítják azokat.

A disszimilációs folyamatokban résztvevő enzimek közül többnek is fontos funkciója az SH-csoport. Növényvédőszernek olyan anyagokat használnak amelyek reagálni képesek az SH-csoporttal. Ilyenek a nehézfémek és a kén, valamint az ezeket tartalmazó szerves vegyületek.

**Réztartalmú fungicid**ek között hagyományos szer a Bordói lé, amit rézgalic (rézszulfát) és mésztej összekeverésével készítenek:

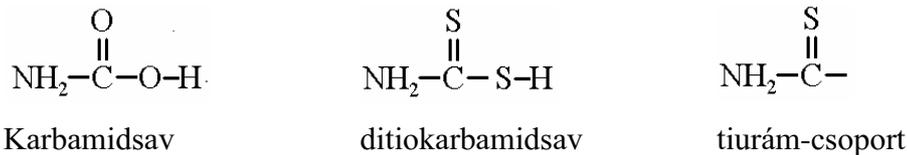


A mész közömbösíti a rézszulfát hidrolízise során keletkező savat, ami a növényre perzselő hatású, és a keletkező rézhidroxid csapadék jobban tapad a levelekre. A rézhidroxid csapadék rossz oldhatósága egyenletes, tartós, alacsony rézkoncentrációt eredményez a levelek

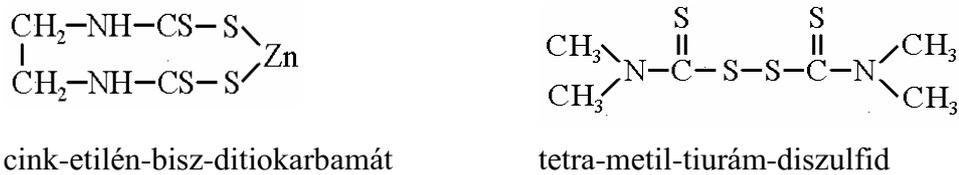
felületén. A kereskedelemben többféle réztartalmú szer is kapható, amelyek elkészítése a Bordói lénél is egyszerűbb.

A **kén** már évszázadok óta alkalmazott fungicid. Az elemi kénre elsősorban nagy lipidtartalmú gombák (pl. lisztharmat) érzékenyek. A kén a növényzetre káros is lehet, amely „perzselésben” mutatkozik meg. Az elemi kén hidrofób (lipofil) tulajdonságú, ezért feltételezhető, hogy elemi állapotban jut a gombaspórába.

A ditiokarbamátok kémiaiilag a karbamidsav ditióváltozatából származtathatók le. A rézionhoz hasonló hatásspektrummal rendelkeznek. Sóik a karbamátok, ditiokarbamátok, tiurámok.



A ditiokarbamátok, tiurámok széles hatásspektrummal rendelkeznek gombabetegségek ellen, lisztharmat kivételével. Fontos képviselőjük a Cineb (cink-etilén-bisz-ditiokarbamát):



Káros mellékhatásuk a must erjedésének gátlása, mely a várakozási idő betartásával elhárítható. A ditiokarbamátokkal dolgozóknak szigorúan tilos szeszes ital fogyasztaniuk. Ennek oka, hogy a ditiokarbamátok a vérben gátolják az alkohol oxidálódását. A csökkent aldehid-oxidáz aktivitás miatt a köztes terméként keletkező erősebben mérgező acetaldehid szint megemelkedik a szervezetükben. Az így felfokozódott mérgező hatás halálhoz vezethet.

## 7.2. Makromolekulák szintézisét befolyásoló peszticidok

Leggyakoribb képviselőik, a nukleinsavak, a fehérjék vagy a zsírszerű anyagok (lipidek) szintézisét gátolják.

**Fehérje szintézist gátló** a Glifozát foszfonsavészter-származék, mely széles hatássprektumú herbicid. Nem szelektív, gyorsan transzlokálódik a növényben. Mivel a haszonnövényt is károsíthatja, ezért annak védelmét az alkalmazás módjával lehet elérni.

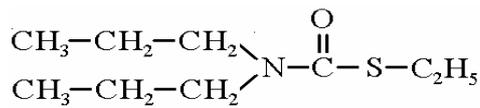


Mélyen gyökerező, egyszikű gyomok (pl.: tarack) ellen használják. Glifozát tartalmú készítmény a GLIALKA.

**Lipid-szintézist gátló** herbicidek között jelentősek a tiolkarbamátok. A tiolkarbamátok a haszonnövényt is károsíthatják. A haszonnövény védelem, illetve a szelektivitás növelése érdekében megfelelő vegyületekkel (antidótumokkal) lehet a káros hatást mérsékelni.

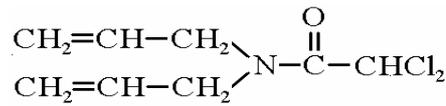
Kukorica gyomirtónak használják az Alirox 80 EC nevű készítményt, amelynek EPTC a hatóanyaga. Ez a hatóanyag önmagában a kukoricát is károsítaná, de a készítmény tartalmaz antidótumot is, ami a kukoricát megvédi.

EPTC



N,N-di-n-propil-S-etil-tiolkarbamát

Antidótuma



N,N-diallil-2,2-diklor-acetamid

### 7.3. Növényi életfolyamatokat befolyásoló vegyületek

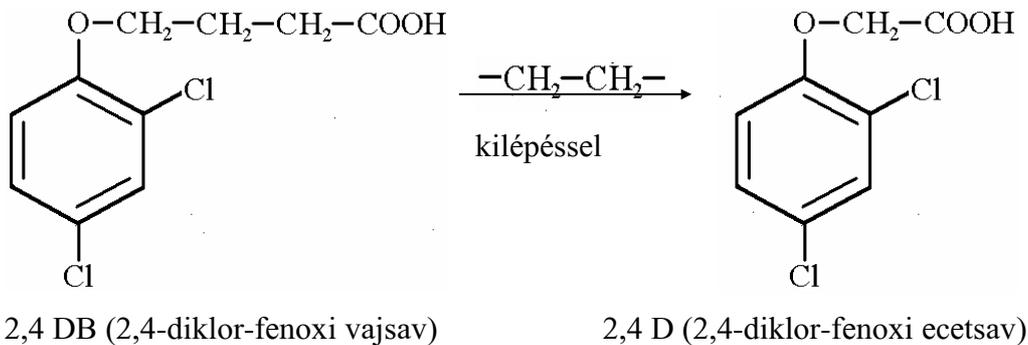
Ide tartoznak növekedés-, fejlődés-, fotoszintézis-, légzés-mechanizmusát befolyásoló szerek.

#### Növekedésszabályozó vegyületek

Az auxin természetes növényi növekedési hormon. A fenoxisav-származékok hasonló felépítésű, de torznövekedést okozó gyomirtó szerek.

A fenoxisav-származékok (pl.:2,4-D a Dikonirt hatóanyaga 2,4-diklor-fenoxi ecetsav, az alábbi két képlet közül a jobboldali) a széleslevelű kétszikű gyomnövényeket irtja, míg az egyszikűeket megkíméli. Ezért van jelentősége a gabona gyomirtásánál. A szelektivitás alapja morfológiai. Azért pusztítja a kétszikű gyomnövényeket, mert azoknál az osztódó (merisztéma) szövetek a csúcsrügyben szabadon állnak, míg az egyszikű kultúrnövényeknél védettebben helyezkednek el.

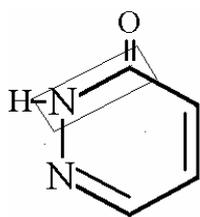
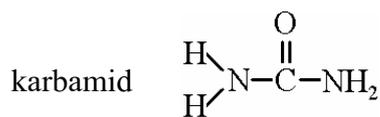
Ha hatóanyag-molekulában az ecetsavrész helyett hosszabb szénláncú karbonsav (propionsav, vajsav) van, akkor a hatás a szénlánc hosszával csökken. Vajsav esetében, már olyan mértékben, hogy már a legérzékenyebb kétszikűeket a pillangósokat sem károsítja a szer. A pillangósok kivételével a növények rendelkeznek olyan biokémiai mechanizmussal, amely során a vajsavrészből egy etilénsoportot képesek lehasítani. Így a gyomnövény a saját szervezetében állítja elő a nem mérgező fenoxivajsav-származékból (2,4-DB) a mérgező 2,4-D-t. Ezt a hatást a szuperszelektív hatásnak is nevezik. Ez a biokémiai szelektivitás jellemző példája.



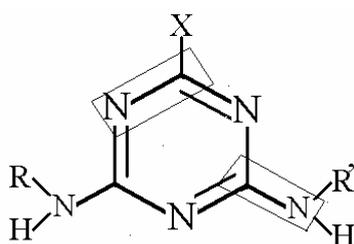
#### Fotoszintézisre ható herbicidek

A fotoszintézis biokémiai folyamatát alapvetően három ponton gátolják. A gátlás helye szerint megkülönböztetünk 1., 2. és 3. helyen gátló herbicideket.

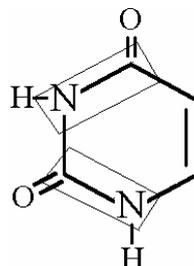
Az **1. helyen** gátlók eltérő szerkezettel rendelkeznek és mégis hasonló módon gátolnak. A közös mechanizmus azonos molekuláriszlet eredménye. Minden idetartozó herbicid vegyületben található olyan C–N kötés ahol C atomhoz kettős kötéssel kapcsolódik a N atom, vagy más atom (a képleteken bekeretezve). A fontosabb hatóanyagok kémiai szerkezetük szerint a következő típusokba sorolhatók: karbamid-, piridazinon -, triazin -, uracil-származékok.



piridazinon



sz-amino-triazin



uracil

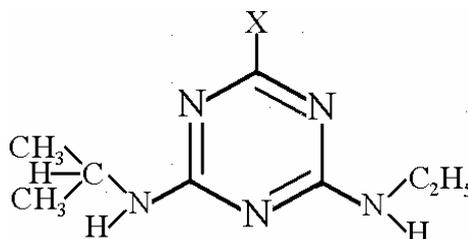
A közös molekularészleteken túli eltérések a bejutást módosítják az eltérő lipofilitás, illetve térkitöltés miatt.

**Karbamid-származék** herbicidek széles körben használatosak, általában mint talajherbicidek. Szelektivitásuk alapja, hogy gyengébb oldékonyságuk miatt nem hatolnak a mélyebben gyökerező haszonnövények gyökérszónájába.

A **triazin származékok** is élsősorban talajherbicidek. A klor-amino-triazinok (Atrazin) szuperselektivitását kukoricában egyrészt az idézi elő, hogy a kukorica csak csekély mennyiségű hatóanyagot képes felvenni, másrészt a kukorica rendelkezik egy olyan vegyülettel, mely a herbicidet oxidatív lebontja, vagyis hatástalanítja. Ez a vegyület egy glükozid. Perzisztenciájuk csak annyi hatóanyag juttatható ki amennyi egy vegetációs idő alatt elbomlik.

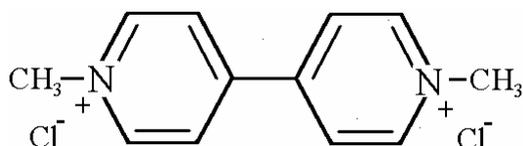
Atrazin

(2-klor-4-etilamino-6-izopropil-amino-1,2,3-s-triazin)

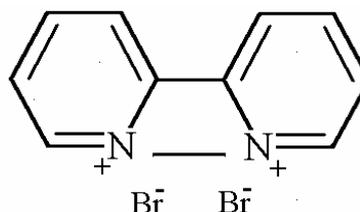


A **bipiridilium származékok** (Dikvat, Parakvat) a ferredoxin közelében gátolják a fotoszintetikus elektronáramlást. Nem szelektívek a haszonnövényt irányított permetezéssel kell védeni.

Totális gyomirtó szernek használják a Gramoxon nevű készítményt. A betakarítás megkönnyítésére a napragforgó leveleit betakarítás előtt Reglonnal szárítják le.



Gramoxone (Parakvat-diklorid  
1,1-dimetil-4,4'-dipiridilium-diklorid)

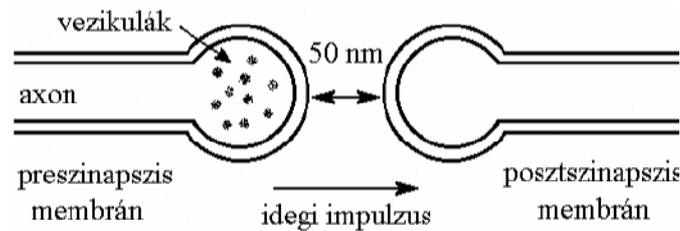


Reglone (Dikvat-diklorid  
1,1-etilén-2,2-dipiridilium-dibromid)

## 7.4. Az idegrendszerre ható peszticidek

Az idegrendszerre ható peszticidek az idegsejtek közti ingerületátadást akadályozzák. Működésük megértéséhez célszerű vázlatosan megismerni ezt a folyamatot.

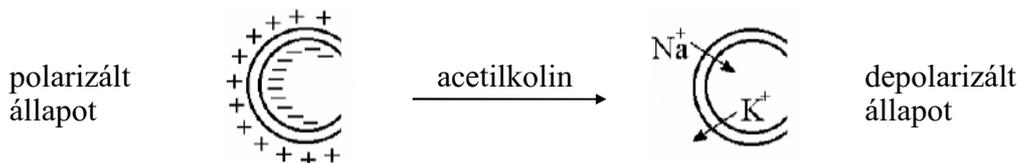
Az ingerület terjedése a neuron idegnyúlványán (axonján) belül lényegében elektromos jelenség. Az egymással kapcsolatban álló idegsejtek ingerületáttevődésének helye az idegnyúlványok végződésénél, a szinapszisoknál van. Ezek nincsenek egymással közvetlen összeköttetésben, közöttük kb. 50 nm távolság van. Az áthidalást kémiai ingerületátvivő anyagok végzik.



A szinapszis felépítésének vázlata (Elődi: Biokémia után)

A szinapszis felépítésének vázlatos ábrázolásán láthatók kis tartályok (vezikulák), melyek kémiaailag aktív vegyületeket acetilkolint tartalmaznak. Amikor egy elektromos jel érkezik az axonon, akkor ennek hatására az acetilkolin kiszabadul a kis tartályokból és a preszinapszis membránon keresztül kijut a sejtek közti térbe. Elérve a másik idegsejt végződését, a posztzinapszis membránt (továbbiakban: axon-membrán), azon olyan kémiai változást okoz, amelynek eredménye egy újabb elektromos impulzus a másik idegsejt axonján.

Az elektromos impulzus az axon-membrán külseje és belseje közötti elektromos potenciálkülönbség lökésszerű megváltozása. Ezt a membrán két oldalán levő egyenlőtlen ioneloszlás és annak hirtelen megváltozása biztosítja.



Az idegsejt nyugalmi (polarizált) állapotában, ha a külső potenciált zérusnak vesszük, a belső potenciál  $-75$  mv. Ekkor a membrán külső oldalán Na<sup>+</sup>-ionok, míg a belső oldalán K<sup>+</sup>-ionok helyezkednek el. Amikor az acetilkolin az axon-membrán fehérjereceptoraihoz kapcsolódik a membránt a Na<sup>+</sup>- és K<sup>+</sup>-ionok számára áteresztővé teszi. A befelé haladó K<sup>+</sup>-ionok nagyobb méretűek és ezért lassabban jutnak át mint a Na<sup>+</sup>-ionok, ezért időlegesen belül megnő a pozitív ionok mennyisége, kiegyenlítve az eredetileg fennálló potenciálkülönbséget. Amikor az ionáramlás befejeződik újra előáll az eredeti potenciálkülönbség. Így az ingerület a potenciálváltozások hatására képződött elektromos impulzusként haladhat tovább a másik idegsejtben.

Az eredeti, újabb ingerület fogadására alkalmas állapot visszaállításához az átjutott ionokat az eredeti helyükre kell juttatni az axon-membrán két oldalán. Ez a Na-K-ATP-áz miután a membránt megnyitó acetilkolin az acetilkolinészteráz-enzim (AChE) közreműködésével a membránról eltávozik. Az acetilkolin a vezikulákba az acetilkolin-transzmitter közreműködésével kerül vissza.

Az idegrendszerre ható peszticidek hatása ezen folyamatok alábbi pontjain bekövetkező gátlásban nyilvánul meg:

- az ionok axon-membránon áttörtető mozgásának gátlása,

- az acetilkolinnak a fehérjereceptorhoz való kapcsolódásának a gátlása,
- az acetilkolinészteráz-enzim (AChE) működésének a gátlása.

### Axonális ingervezetést gátló peszticidok

Az idegvezető vegyületek elsősorban inszekticidként, akaricidként használatosak. Kontakt idegmérgek. Az axon-membrán ionáteresztőképességét befolyásolják.

A klórozott szénhidrogének nagyhatékonyságú, széles hatásspektrumú vegyületek, hosszú hatástartammal rendelkeznek (perzisztensek). Nagyon ellenálló vegyületek, nehezen bomlanak le, ezért a természetben felhalmozódnak. A melegvérűek lipidszövetében, a májban felhalmozódnak és ezáltal kiürülésük a perzisztenciájuk miatt lassú és bizonytalan.

**Piretroidok.** Régóta ismeretes őrölt rovarpor a pirétrum, mely a *Chrysanthemum cinerariae* folium-, roseum és a canemum finomra őrölt virágfejeiből készült por.

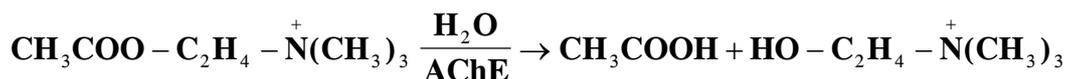
A piretrum hatóanyagai széles hatásspektrumú idegmérgek. Rovarokkal szemben azonnali tagló hatásúak. A hatóanyagok labilitása miatt rezisztencia kialakulását ritkán figyeltek meg. A labilitást a piretroidokban megtalálható ciklopropán-gyűrű molekularészlet okozza. A ciklopropán egyenlőoldalú háromszög alakú. Szénatomjai közötti kötésszög csak 60 fok a szénhidrogénekben szokásos 109 fok helyett. Ez a feszített szerkezet bomlékony, melegvérűekben a szer azonnali elbomlását okozza. Ezért ezek a szerek melegvérűekre általában nem hatnak, és háztartási rovarirtóként is használhatók (pl.: Pyrotox). Gazdasági hátrányuk, hogy drágák.

### Acetilkolin receptor kapcsolódását gátló peszticidok

Régóta ismert természetes anyag, a nikotin a receptorfehérjéhez kapcsolódik. Igen hatékony, és a környezetben lebomló anyag. Mérgezéskor adható ellenszere nincs. Erős humán mérgező hatása miatt forgalomba nem hozható mint növényvédőszer.

### Acetilkolinészteráz (AChE) működését gátló peszticidok

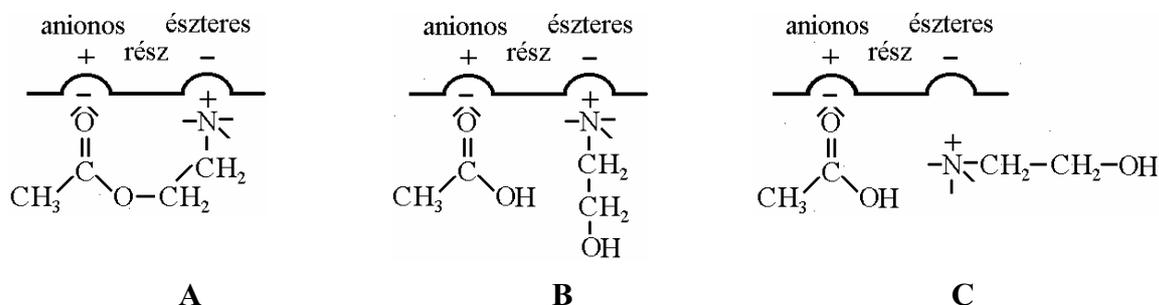
Az ingerület átvitele után az axon-membránon megkötődött acetilkolin csak akkor képes eltávozni, ha azt az acetilkolinészteráz-enzim hidrolizálja. Így a membránon nem kötődő két részre bontja.



Az acetilkolinészteráz-enzim aktív centruma két részből áll:

az un. anionos hely a kolin rész megkötésére,

az un. észteres hely az észterkötés oxo-csoportjának kapcsolódására.



Az acetilkolinészteráz-enzim működésének vázlata 3 stációban (A, B, C)

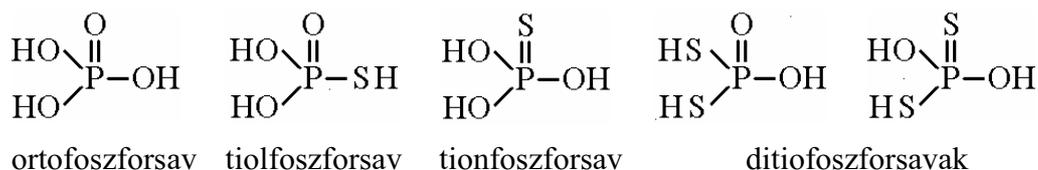
Az ábrán az enzim aktív centruma két bemélyedéssel van szemléltetve. A folyamat a következő 3 stációnak megfelelően zajlik le:

az acetilkolin a megfelelő részeinek kapcsolódásával megkötődik az enzim aktív helyein, a megkötődött acetilkolin hidrolizál kolinra és ecetsavra, a keletkező kolin és ecetsav már nem kötődik az enzimen, ezért eltávozik.

A reverzibilis (AChE)-gátlók az anionos, az irreverzibilisek az észteres csoporthoz kötődve akadályozzák meg az acetilkolin molekula kapcsolódását az aktív centrumhoz.

### **Szerves foszforsavészterek**

Légzési-, gyomor- és idegmérgek. Valamennyi foszforsavészter származék az ortofoszforsavra vezethető vissza, illetve annak tiol-, tion-, ditio-változataira.



Foszfátokról akkor beszélhetünk, ha csak a hidrogént helyettesítjük a szerves résszel, viszont foszfonátokat akkor kapunk, ha az OH-, vagy az SH-csoportot helyettesítjük a szerves atomcsoporttal.

Kémiaiailag, biológiailag kevésbé stabilak mint a klórozott szénhidrogének. A kezelt növényen gyorsabban bomlanak le és az élőszervezetben nem halmozódnak fel. Munkaegészségügyi szempontból veszélyesek az akut, heveny toxicitásuk miatt.

A szerves foszforsavészterek irreverzibilis kolinészteráz-gátlók, az észterikus helynél támadnak. Humán mérgezés esetén ellenanyagként ún. reaktivátorokat használnak, de mivel ezek nem minden esetben hatásosak és önmagukban is mérgezők, alkalmazásukkor különös gondal kell eljárni.

A **mélyhatású foszforsavészterek** széles hatásspektrummal rendelkeznek. Bejutnak a növény felszíni rétegeibe, de nem transzlokálódnak. A rágókártevőkön kívül alkalmasak szívókártevők pusztítására is szántóföldön, gyümölcsösben, szőlőben, zöldségfélékben, gyógynövény kultúrákban, erdészetben levélinszekticidként.

A **felszívódó foszforsavészterek** permetezés után gyorsan bejutnak a levelek felületéről a levélszövetekbe, majd a nedvkeringéssel szétáramlanak a növény egész szervezetében. Alifás karakterű, kisebb térkitöltésű és több rotációs lehetőséggel bírnak, ezért mozgékonyabbak a mélyhatású foszforsavésztereknél.

### **Inszekticid karbamátok**

Kémiaiailag karbaminsavészter származékok (az alapváz képletét lásd a ditiokarbamátokról szóló fejezetben). Leghatékonyabbnak az N-metil és az N,N-dimetil származékok (Pirimikarb) bizonyultak. Az N-alkil csoport C-atom számának növelésével viszont a hatások csökkent.

A karbamát inszekticidok – hasonlóan, mint a foszforsavészterek -kolinészterázgátlók, azonban a gátlás reverzibilis.

Magyarországon kizárólag toxikológiai okokból tilos karbamát-inszekticideket foszforsavészterekkel keverni, az esetleges kettős enzimgátlás végett.

A karbamát inszekticideket széles körben alkalmazzák szívó- és rágókártevők ellen levélinszekticidként, talajfertőtlenítőként, csávázószerként.

## 7.5. A növényvédőszeresek használatával kapcsolatos ismeretek

### Szerformák

A kész növényvédőszer komponensei: biológiai aktív hatóanyagok, hordozóanyagok, felület-aktív anyagok, adalékanyagok.

**Szilárd** kiszerelésű készítmények (zárójelben használatos rövidítések):

- porozószeresek (D) Dust,
- granulátumok (G),
- nedvesíthető porok (WP, W, SP),

**Folyékony** kiszerelésű készítmények (zárójelben használatos rövidítések):

- vizes koncentrátumok (WSC),
- szuszpenzió - koncentrátumok (FW).
- emulgeálható koncentrátumok (EC, C, LC, L),
- invert emulzióképző koncentrátum (IEC),

Egyéb szerforma típusok: vetőmagkezelő szeresek, vagy csávázószeresek, csalétek, aeroszol készítmények, mikrokapszulák

### Növényvédőszeresek mérgező hatása

A peszticidok káros hatása az emberre nagyon sokféleképpen érvényesülhet.

- Mérgeződik az ember környezete (talaj, víz, levegő) továbbá az itt élő hasznos szervezetek (méh, hal, vad, rovar, madár, háziállat).
- Mérgeződik maga az ember, mint aki a peszticidet alkalmazza, felhasználja.
- Mérgeződik az ember, mint fogyasztó is a növényi-, állati eredetű élelmiszerekkel való táplálkozás által.

### A mérgehatások típusai:

- koncentrációs mérgehatás, melynek előfeltétele, hogy a mérgező anyag kellő koncentrációban érintkezzen a testfelszínnel, vagy hatoljon be az élőszervezetbe. Lényegében ez a növényvédőszer heveny (akut) mérgehatása.
- kumulációs mérgehatás azáltal alakul ki, hogy a mérgező az élőszervezetbe jutva nem bomlik el (perzisztens), felhalmozódik (kumulálódik), raktározódik pl. a lipid fázisban. A takarmányban is felhalmozva a táplálékláncban át bekerül a tejbe, tojásba, emberi táplálékba. Ez a kumulációs mérgehatás látens módon a szervezet legyengülése esetén károsíthat.
- összegeződési (szummációs) mérgehatás, mely szintén perzisztens szereseknél alakulhat ki. Krónikus mérgezés esetén a mérgehatások összegeződnek és a szervezetbe rendszeresen bejuttatott mérgező látens károsítást idézhet elő.

### A gyakorlatban használt fontos toxikológiai fogalmak:

- **LD-50:** akut (heveny) toxicitás mérőszáma. Letális Dozis (halálos adag), amelytől a kísérleti állatok 50%-a elpusztul. Mértékegysége: mg/testsúly kg.
- **LC-50:** az a halálos koncentráció, amelytől a halak 50%-a elpusztul. Mértékegysége: mg/l/testsúly kg.
- **M.V.I.:** Munkaegészségügyi Várakozási Idő. Az az időtartam, amelyen belül a permetezett területre munkavégzés céljából is tilos belépni. Mértékegysége: nap.

- **É.V.I.:** Élelmezésügyi Várakozási Idő. Az az időtartam, amelyen belül a permetezett terményt tilos elfogyasztani. Mértékegysége: nap.
- **M.M.M.:** Megengedhető szerMaradék Mennyiség a fogyasztandó terményben. Mértékegysége: mg/termény kg.
- **MAK:** Megengedhető Maximális Koncentráció. Zárt terben (raktár, üvegház, gombapince) a levegőben megengedhető növényvédőszer koncentráció. Mértékegysége: mg/m<sup>3</sup>.

#### ***A növényvédőszer toxikológiai elbírálása***

Az LD-50 -érték alapján lehetnek: 5–50 mg-ig erős mérge +++ , 51–500 mg-ig mérge ++ , 501–5000 mg-ig gyenge mérge + , 5000 mg-en felül mérgejelzés nélküli. Ez a toxikológiai elbírálás még nem elegendő, mert csak az akut (heveny) mérgeghatást veszi figyelembe.

Jelenleg Magyarországon elfogadott álláspont, hogy a forgalmazott növényvédőszer az alábbi általános követelményeknek kell hogy megfeleljenek:

- ne legyenek perzisztensek, max. egy vegetációs idő alatt bomoljanak el.
- nem lehet látens mérgeghatás,
- nem lehet forgalmazni olyan készítményeket, illetve távlatilag alkalmazni (helyettesítésükről gondoskodni kell), melyek nem semmisíthetők meg és minden átalakulási termékük mérgező.
- lehetőleg melegvérűekre, emberre ne legyenek kifejezetten mérgezőek. Amennyiben e tény mégis fennáll, úgy legyen antidótumuk.

#### ***Munkaegészségügyi vonatkozások (felhasználó védelme)***

- A növényvédőszer használata az óvórendszabályban előírt védőfelszerelésekkel történhet.
- Valamennyi növényvédőszer felhasználására vonatkozik a dohányzás és a szeszes ital fogyasztásának tilalma. Az utóbbinál a tilalom a munka megkezdése előtt 8 órával lép életbe és a munka befejezése után 8. óráig tart.
- A permetezőszerek üres csomagolóburkolatát, tartályát nem szabad a munka helyén hagyni, vagy elszórni, hanem el kell ásni, égetni, vagy pedig a telephelyre visszavinni. A visszaszállított burkolatot mint veszélyes hulladékot az előírásnak megfelelően kell a továbbiakban kezelni.

#### ***Élelmezésegészségügyi vonatkozások (fogyasztó védelme)***

Nagy jelentőségű az élelmezésegészségügyi várakozási idő (É.V.I.) betartása. Ezzel biztosíthatjuk a rendeletileg szabályozott tolerancia értéket, vagyis a megengedhető maradék mennyiséget (M.M.M. :mg/termék kg).

#### ***Környezetegészségügyi vonatkozások (az ember környezetének védelme)***

- Növényvédőszer az engedélyokiratban feltüntetett koncentrációban és módon szabad felhasználni a környezet- és a természetvédelemre vonatkozó szabályok betartásával.
- A természet kultúrákban a hasznos rovar szervezeteket kímélni kell. A növényvédőszer kezelések időpontjának meghatározásakor a **hasznos szervezetek rajzásának** menetét is figyelembe kell venni.
- Az élővizek fokozott védelme érdekében **halvesélyességi** kategóriákat állapítottak meg a növényvédőszer LC-50 értéke alapján.

- A **felületaktív** nedvesítő szerek melegvérűekre gyakorlatilag nem veszélyesek, azonban halakra kifejezetten veszélyesek. A kontakt növényvédőszerből készült permetleveknél optimális a 45 din/cm felületi feszültségű permetlé. A halaknál viszont már az 50 din/cm felületi feszültségű permetlé is súlyos **kopolyúsérülést** okoz.
- A **méhek** pusztulása elkerülhető, ha a szabályokat megtartják. A hasznos rovarok védelme érdekében a gazdasági növényeket – burgonya kivételével – a virágbimbók fésülésétől a virágszirmok lehullásáig terjedő időben méhekre veszélyes növényvédőszerrel kezelni tilos. Rendelet értelmében „a termelő köteles a védekezés helyének pontos megjelölését, megkezdésének időpontját, valamint az alkalmazásra kerülő növényvédőszer megnevezését legkésőbb a védekezés megkezdését megelőző munkanap 10 órájáig a területileg illetékes polgármesteri hivatal mezőgazdasági osztályán írásban bejelenteni.”

## Vizsgakérdések

### Szóbeli vizsgakérdések

- A talaj fogalma, legfontosabb funkciói.
- Az elemek geológiai és biológiai körforgása.
- A talajképző tényezők.
- Az emberi tevékenység hatása a talajokra.
- Növényanalízis, a tápelemarányok szerepe.
- Liebig-féle minimumtörvény.
- A műtrágyázás hatása a termés minőségére (búza, kukorica, cukorrépa, burgonya, napraforgó, zöldség, gyümölcs, gyepek).
- Ásványok kőzetek, és a mállás.
- A talaj legaktívabb szervesetlen alkotórészei: a agyagásványok.
- A talaj humusztartalama.
- A humusz funkciói és ezek jelentősége
- A talaj kationcserélő képessége.
- A talaj savanyúság formái.
- A talaj nitrogén körforgalma.
- A talaj foszfor- és káliumszolgáltatása.
- Kalcium, magnézium, kén és mikroelemek a talajban.
- A talaj tápelem-szolgáltatásának folyamatai.
- A felvehető tápelemtartalom meghatározása kémiai módszerekkel.
- A tápanyagok kimosódása a talajból.
- A fizikai talajféleség fogalma.
- A talajszerkezet fogalma, jelentősége.
- Agronómiai szempontból melyik a kedvező talajszerkezet és miért?
- A talajnedvesség formái, és jellemzésük.
- A talaj vízgazdálkodási típusai.
- A genetikai és talajföldrajzi osztályozási rendszer lényege.
- Jellemezze az egyes talaj főtípusokat.
- Mi a szerepe a vízmozgásnak és a domborzatnak a különböző talajtípusok kialakulásában?
- Magyarország jellemző talajtípusainak földrajzi elhelyezkedése tájmegnevezésekkel.
- Talajértékelés.
- A talajhibák és javítási módok.
- Természetes és mesterséges kalcium és magnézium tartalmú anyagok.
- Szerves trágyák.
- Trágya érlelés, komposztálás.
- N műtrágyák. Előnyök, hátrányok.
- Lassú hatású nitrogén műtrágyák.
- A foszfor műtrágyák előállításuk és tulajdonságaik.
- Kálium műtrágyák előállításuk és tulajdonságaik.
- Összetett műtrágyák.
- A szilárd műtrágyák minőségi követelményei (mészindex, sóindex, KRL érték).
- Műtrágyák savanyító hatása (kémiai, biológiai, fiziológiai).
- Melyek a műtrágyák keverésének kémiai és fizikai feltételei?
- Folyékony műtrágyák (oldat, szuszpenziós, UAN, MAP).
- N-min módszer.
- Műtrágyázási szaktanácsadás számítása.
- Trágyázási módok (alap-, előre-, starter-, fej-, levéltrágyázás).
- A műtrágyázás környezetvédelmi vonatkozásai.

## Képletek

### Az agrokémia részről:

A különböző típusú kőzetekből álló földrajzi egységek Magyarországon (térképvázlat).

Magyarország jellemző talajtípusainak földrajzi elhelyezkedése (térképvázlat).

Magyarország éghajlati körzetei (I., II., III., IV.) (térképvázlat).

A növényi tápanyagfelvétel időbeli dinamikája.

Mitscherlich törvény (rajz + rövid magyarázat).

Mútrágyázás hatásgörbéje, és felhasználása az optimális műtrágya adag megállapításakor (rajz + rövid magyarázat)..

Az ammóniumnitrát hidrolízise (reakcióegyenlet).

Az ureaform műtrágya képződése (reakcióegyenlet).

A szuperfoszfát gyártás (reakcióegyenlet).

A triplefoszfát gyártás (reakcióegyenlet).

A fluorapatit salétromsavas feltárása (reakcióegyenlet).

A káliumszulfát előállítása (reakcióegyenlet).

A nitrifikáció (reakcióegyenlet).

Az UAN alkotóinak képlete.

### A növényvédelmi kémia részről:

Bordói lé (reakció egyenlet).

Ditiokarbamátok (váz, példa).

Nukleinsav szintézist gátlók (alpváz).

Glialka (képlet).

A növényi növekedés szabályozók (fenoxi-ecetsav képlet).

A fotoszintézisre ható 1. helyen gátló herbicidek jellemző molekula részlete (egy jellemző alpváz).

Piretroidok (jellemző molekula részlet).

Foszforsavészter alpvázak.

## Számítógépes tesztkérdések

A tápelemek (N, P, K, Ca, Mg, S, Mo, Cu, Mn, Zn, B) élettani szerepe.

Melyik tápelem növeli a cukorrépa termését, de csökkenti a cukortartalmát?

Melyik tápelem növeli a cukorrépa cukortartalmát?

Melyik tápelem növeli a burgonya keményítő- és C-vitamin tartalmát?

A burgonya nagyadagú nitrogéntrágyázása ...

Milyen hátrányos következménye lehet a gyp nagy-adagú nitrogéntrágyázásának?

Milyen hátrányos következménye lehet a zöldség-gyümölcs nagyadagú nitrogéntrágyázásának?

Ha az idős levelek színe fakó világossárga, akkor ... hiánya valószínű.

Ha a fiatal levelek színe fakó világossárga, akkor ... hiánya valószínű.

Ha a levél piszkoszöld (kékes) akkor ... hiánya valószínű.

Ha a levélen a szélétől kezdődő világoszöld foltok vannak, akkor ... hiánya valószínű.

Ha a levél a csúcsától kezdődően felkunkorodva elhal, akkor ... hiánya valószínű.

Ha a levél a csúcsától kezdődően fehéredik és összesodródik, akkor ... hiánya valószínű.

Ha az idős leveleken klorózis - sárga foltok - jelentkeznek, akkor ... hiánya valószínű.

Ha a fiatal leveleken klorózis - sárga foltok - jelentkeznek, akkor ... hiánya valószínű.

A növényanalízis előnye:

A növény megfelelő tápelem-ellátottságáról a legpontosabb információt ... segítségével kapjuk.

A növényanalízis értékelése során fontos ...

A növényanalízis során kapott tápelem-koncentrációkat összehasonlítjuk

A növényanalízis során kapott tápelemarányokat összehasonlítjuk

Magmás kőzet ...

Üledékes kőzet ...

Átalakulási, vagy metamorf kőzet ...

Melyik humuszanyagnak nagyobb az átlagos molekulatömege?

A humusz kémiaiilag ...

A felsorolt molekula részletek közül melyik a humuszanyagok kation-cserében legaktívabb része?

Melyik ásványi komponens játszik fontos szerepet a talaj pH kialakításában?

A 90

talajsavanyúság ellensúlyozására felhasználható hatóanyagok:

A talaj pH-ja 4.0. Milyen savanyúságkategóriába tartozik?

Hogyan mérjük a talaj aktuális savanyúságát?

A T érték dimenziója (mértékegysége):

A kicserélhető kationok közül általában a legnagyobb mennyiségben fordul elő az adszorpciós komplexusban.

Az agyagásvány felületén megjelenő negatív töltésfelesleg ... rácsban való helyettesítése miatt alakulhat ki.

A felsorolt folyamatok közül melyikben juthat a legtöbb nitrogén a talajba?

Jól levegőzött talajban melyik nitrogénveszteség lehet a legnagyobb mértékű?

Mikor léphet fel a pentozán hatás?

Hogyan járulhat hozzá a műtrágyázás az élővizek eutrofizációjához?

Hogyan függ a talajban levő foszfátok oldhatósága a talaj pH-jától?

Savanyú talajokban milyen formában kötődik le a talaj foszfortartalma?

Meszes talajokban milyen formában kötődik le a talaj foszfortartalma?

Hogyan függ a talajban levő mikroelemek oldhatósága a talaj pH-jától?

Melyik megállapítás igaz a megadott tápelem (N, P, K, Cu, Fe) gyökérhez jutásával kapcsolatban?

Leggyakrabban milyen oldószer segítségével vizsgálják a talaj foszfortartalmát?

A talaj fizikai tulajdonságai (fizikai féleség, szerkezet, pórustérfogat, vízgazdálkodás).

Melyik pF értékhez tartozik a holtvízkapacitás?

Milyen két pF érték közötti nedvességtartalom a diszponibilis víz?

Hogyan csoportosítja a talaj szerkezeti elemeit?

A különböző szerkezeti elemek mely talajokban fordulnak elő jellemzően?

A váztalajok fő jellemzői.

A barna erdőtalajok fő jellemzői.

A csernozjom talajok fő jellemzői.

A réti talajok fő jellemzői.

A szikes talajok fő jellemzői.

A láptalajok fő jellemzői.

A öntés és lejtőhordalék talajok fő jellemzői.

Magyarországon hol helyezkednek el a barna erdőtalajok?

Magyarországon hol helyezkednek el a csernozjom talajok?

Magyarországon hol helyezkednek el a szikes talajok?

Magyarországon hol helyezkednek el a réti talajok?

Az aranykoronán alapuló talajértékelés eredeti célja.

Mely talajok javíthatók meszezéssel és sárgaföld terítéssel?

Milyen talajok javíthatók gipszezéssel?

A homoktalajok javíthatók ... eljárással.

A savanyú talajok javíthatók ... eljárással.  
 A szikes talajok javíthatók ... eljárással.  
 Az erózió ellen hatásos eljárások:  
 Lejtős területen a tábla kijelölése ...  
 Melyik műtrágyanév mellett van helyes hatóanyag-koncentráció? (Ammónium-nitrát 34%,  
 Pétió 25%, Karbamid 46,3%, Szuperfoszfát 18–20%, Tripleszuperfoszfát 45%,  
 Káliumklorid 40%, 50%, 60%, Káliumszulfát 50%.)  
 Mi a mészammon-salétrom?  
 Az ammónium-nitrát hátrányos tulajdonságai:  
 A karbamid hátrányos tulajdonságai:  
 Melyik műtrágya alkalmazható permettrágyaként?  
 Lassan ható nitrogénműtrágyák:  
 A foszforműtrágya-gyártás lényege:  
 A szuperfoszfát készül ...  
 Mi a különbség a tripleszuperfoszfát és a szuperfoszfát összetétele között?  
 Miért tartalmaz a szuperfoszfát 2-3% szabad foszforsavat?  
 A kálisó előállítás:  
 A káliumszulfát előállítás:  
 A kálikamex ...  
 A MAP ...  
 Az UAN ...  
 A szuszpenziós műtrágyák készülhetnek:  
 A szuszpenziós műtrágyákat felhasználják:  
 Startertrágyázásra általában ... alkalmaznak.  
 A káliumklorid savanyító hatása  
 Az ammónium-nitrát savanyító hatása  
 A karbamid savanyító hatása  
 Melyik műtrágya-páros keverhető egymással?  
 Hogyan változik a KRL érték a műtrágyák keverésével?  
 Miért káros a műtrágyák higroszkóposága?  
 A termésre ható tényezők közül melyik határozza meg a termés nagyságát?  
 Mivel arányos a műtrágyaadag termésmenvelő hatása?  
 A hatásgörbe mely pontja jellemzi az optimális termés mennyiségét?  
 A foszforfelvétel a legintenzívebb ... fenofázisban.  
 A káliumfelvétel a legintenzívebb ... fenofázisban.  
 A nitrogénfelvétel a legintenzívebb ... fenofázisban.  
 Melyik a helyes termőhelyi kategória besorolás?  
 A talaj nitrogénellátottságának megítéléséhez milyen adatok szükségesek?  
 A talaj foszforellátottságának megítéléséhez milyen adatok szükségesek?  
 A talaj káliumellátottságának megítéléséhez milyen adatok szükségesek?  
 Mikor és mennyivel csökkenthető a kijuttatandó nitrogén hatóanyag mennyisége?  
 Mi a teendő szalma, vagy kukoricaszár leszántás esetén?  
 Mennyi a hatóanyag hasznosul az istállótrágyából az első évben.  
 Mi az előretrágyázás és mely tápelemeknél lehet alkalmazni?  
 Melyik műtrágya hatóanyagot szokás megosztva alkalmazni?  
 A fungicidek, herbicidek, zoocidek között egyaránt található hatóanyag típus:  
 A védendő felületen fejtik ki hatásukat a ... növényvédőszer.  
 Az érintkezés helyén a levélbe felszívódnak a ... növényvédőszer.  
 A felszívódás után transzlokálódnak a ... növényvédőszer.  
 Mi a jelentése a következő fogalmaknak: peszticid, fungicid, herbicid, akaricid, nematocid,  
 inszekticid, molluszkicid, rodenticid, repellens, attraktáns.  
 A réztartalmú fungicidek hatása.  
 A Bordói lé.

Az elemi kén hatása.  
Milyen vegyületek a rézionszállítók?  
A réz-ion hatásspektrumához hasonló hatású növényvédőszer-csoportja.  
A ditiokarbamátok jellemző csoportja.  
Mi a Cineb?  
Az óntartalmú fungicidek és akaricidek hatása.  
A nitro-alkil-fenol származékok köztük DNOC („Sárga mérge”) hatása.  
A kontakt fungicidek hatásmódja.  
A gombát fejlődésében gátolják az inkubációs idő alatt a ... szerek.  
A gombák ellen az inkubációs idő letelte után is hatásosak a ... szerek.  
A légzési folyamatokat gátló peszticideket mely kártevők ellen használják?  
Makromolekulák szintézisét és a növényi életfolyamatokat befolyásoló vegyületek.  
A nukleinsav szintézist gátló fungicidek ...  
A kloracetanilidek ...  
A Glialka ...  
Hogyan biztosítják az EPTC szelektivitását?  
Mi a gibberellinsav.  
Minek a hatásához hasonlít fenoxi-savszármazékok hatása.  
A DIKONIRT (fenoxi-ecetsavszármazék) mi ellen és miért hatásos?  
A LEGUMEX D fenoxi-vajsavszármazékot mire használják?  
Milyen származékok lehetnek fotoszintézist gátlók?  
Az 1. helyen gátló fotoszintézisre ható herbicidek lehetnek ... származékok.  
Az 2. helyen gátló fotoszintézisre ható herbicidek lehetnek ... származékok.  
Az 3. helyen gátló fotoszintézisre ható herbicidek lehetnek ... származékok.  
Az idegrendszerre ható peszticideket mely kártevők ellen használják?  
Az axonális ingervezetést gátló peszticidek ... származékok.  
A DDT, a HCH, az aldrin és a dieldrin hatása.  
Mi a piretrum.  
Miért nem használjuk a nikotint peszticidként?  
A szerves foszforsavészterek hatása.  
Az acetilkolin-észteráz mely csoportjához kötődik a foszforsavészter?  
Mikor nem alkalmazható a nukleofil reaktivátorok?  
Az inszekticid karbamátok hatása.  
Az inszekticid karbamát mérgezés esetén mi a teendő?  
Melyik felületi feszültségű permetlé nem okoz kopoltyúsérülést a halaknál?  
A halveszélyességi kategóriákat megállapítják ... alapján.  
A koncentrációs méreghatást mértéke.  
A szeszes ital fogyasztása halálos veszélyt jelent ... használatakor.  
A növényvédőszerrel dolgozó embert védő határérték.  
Melyik szerforma jellegzetessége a lebegőképesség?  
Hígítás nélkül juttatjuk a védendő felületre a ...-készítményeket.  
Mennyi a kontakthatású permetlevelek optimális felületi feszültsége?  
Mennyi az optimális vízkeménység permetlé készítéshez?

