

Az SI-mértékrendszer alapelvei és alkalmazása az agrokémiában és a talajtanban

Egyes tárgyak, jelenségek számszerű jellemzése csak az ezek megnyilvánulását kifejező tulajdonságok mérésén keresztül történhet. A méréskor az ezeket jellemző mennyiségfajtákat alkalmasan megválasztott mértékegységekkel hasonlítjuk össze. Az így kapott szűnértékek (mérőszámok) mutatják, hogy az adott mennyiség hány-szorosa a mértékegységnek. Nyilvánvaló, hogy a jelenségek megfigyelése, a köztük levő törvényszerűségek felderítése nem történhet szabatosan és pontosan meghatározott mértékegységek alkalmazása nélkül. Az egységek közül egyesek egymástól függetlenek, mások leszármaztatottak és nagyságuk az alapegységektől függ, ezekből kiszámítható. Az alap- és leszármaztatott egységek együttese alkotja a mérték-egységrendszert.

Tudománytörténetünk első ilyen átfogó rendszere a méter- (metrikus) rendszer volt. Ennek alapjául a francia nemzetgyűlés 1791-ben fogadta el a Föld délkele 40-milliomod részeként meghatározott hosszúságegységet, a métert. Ebből határozták meg a tömeg (illetőleg a súly) egységét, a kilogrammot. A mértékegységek többszöröseit/törtrészeit a tízes számrendszer helyértékei szerint szabták meg.

A tudomány, a technika és a kereskedelem fejlődésével egyre nagyobb szükség lett széles körben, nemzetközileg elfogadott, áttekinthető mértékegység-rendszerre. 1875-ben Párizsban 18 állam részvételével megalakult a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Bizottság (CIPM), majd létrejött a mérésügy folyamatos fejlesztésén munkálkodó nemzetközi hivatal. A csaknem százéves előrehaladás eredményeként 1960-ban a CIPM tizenegyedik általános konferenciáján fogadták el a nagy pontosságú alapegységekből kiinduló, a tudomány, technika és minden egyéb emberi tevékenység területén egyöntetűen alkalmazható, áttekinthető, összehangolt, szabatos mértékegység-rendszert, az SI-t (Système International des Unités). Az SI ma már világszerte elfogadott rendszer. Erre térnek rá a legutóbbi időkgig nem metrikus rendszerű angolszász államok, ezt fogadták el a KGST országok is közös mér-

tékegységrendszerüknek [3] és ez a kötelező 1980. január 1. óta hazánkban is [4].

Az alábbiakban röviden áttekintem az SI sajátosságait, majd lehetőleg az agrokémia és a talajtan fontosabb mennyiségeinek példáján bemutatom, milyen változásokkal jár ez a vizsgálatok eredményeinek a közlésében.

Az SI alapegységei

Az alapegységek megválasztásában arra törekedtek, hogy

- a már általánosan megszokott egységeket lehetőleg ne változtassák,
- az egységeket minél pontosabban reprodukálhassák,
- nem nagy számú, de a mennyiségek egészét átfogó, új egységek felvételével biztosítsák a rendszer egycetemességét.

E megfontolások alapján hét alapegységet vettek fel (I. táblázat).

Az alapegységek közül csak a tömeg kapcsolódik egy adott tárgyhoz (etalonhoz), a többi nagy pontosságú fizikai vizs-

I. táblázat

Az SI mértékegység-rendszer alap- és kiegészítő egységei

A mennyiség		Az egység jele
neve	egysége	
Alapegységek		
Hosszúság	méter	m
Tömeg	kilogramm	kg
Idő	másodperc	s
Elektromos áram-erősség	amper	A
Hőmérséklet	kelvin	K
Fényerősség	kandela	cd
Anyagmennyiség	mól	mol
Kiegészítő egységek		
Síkszög	radián	rad
Térszög	szteradian	sr

2. táblázat

Külön elnevezett származtatott SI-egységek

A származtatott mennyiség		Az egység	
neve	egysége	jele	meghatározása
Frekvencia	hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
Erő	newton	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
Nyomás és mechanikai feszültség	pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
Energia, munka, hőmennyiség	joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
Teljesítmény	watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
Elektromos töltés	coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$
Elektromos feszültség (potenciálkülönbség)	volt	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$
Elektromos kapacitás	farad	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$
Elektromos ellenállás (rezisztencia)	ohm	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
Elektromos vezetés (konduktancia)	siemens	S	$1 \text{ S} = 1 \text{ A/V}$
Mágneses fluxus	weber	Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}$
Mágneses indukció	tesla	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2$
Induktivitás	henry	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A}$
Fényáram	lumen	lm	$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$
Megvilágítás	lux	lx	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$
Elyelt sugárdózis	gray	Gy	$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$
Radioaktív sugárforrás aktivitása	becquerel	Bq	$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$

gálatokkal bárhol és bármikor ellenőrizhető. A mól annak a rendszernek az anyagmennyisége, amely annyi elemi egységet (ez atom, molekula, ion, elektron, vagy ezeknek meghatározott csoportja lehet) tartalmaz, mint ahány atom van 0,012 kg tiszta szén-12-ben. Az elemi egység minőségét meg kell adni.

Az SI származtatott egységei

A természettudományokban az egyes mennyiségfajtákat dimenziójukkal értelmezik. Ezek mutatják meg fogalmi kapcsolatukat az alapegységekkel. Ugyanígy az egyes mértékegységek az alapegységekből az egységgyenlettel számíthatók ki. Az SI-ben a származtatott egységek képzésekor nincs szükség átszámítási tényezőkre. Ez teszi a rendszert összehangolttá (koherenssé). Minden egyes mennyiséghez csak egyetlen, szabatosan és következetesen kialakított mértékegység rendelhető. Az egyes egységeket az alapegység-jelek hatványainak a szorzatai/hányadosai jellemzik. A jobb áttekinthetőség érdekében azonban 17 származtatott egységnek külön nevet (és jelet) is adtak (2. táblázat).

Az SI rendszerben egyes mennyiségek egységei azonos alapegységek hányadosai, ezek a dimenzió nélküli mennyiségek, mellettük természetesen az alapegységek összefüggését nem tüntetjük fel, illetve a mértékegységet 1-nek vesszük.

A mértékegységek többszörösei/törtrészei (prefixumok)

Mennyiségenként csak egyetlen egy SI-mértékegység van meghatározva. Mivel kívánatos, hogy a mérőszámok 0,1 és 1000 közé essenek, ezeket a mértékegységeknek a 10 meghatározott pozitív, vagy

3. táblázat

Az SI-egységekhez kapcsolható prefixumok

A prefixum		Szorzó, amellyel a mértékegységet meg kell szorozni
neve	jele	
exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
hekto	h	10^2
deka	da	10^1
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

4. táblázat

Korlátozás nélkül alkalmazható nem SI-egységek

Mennyiség neve	Nem SI-egység		SI-ben kifejezve
	neve	jele	
Térfogat (űrtartalom)	liter	l	$10^{-3}m^3$
Síkszög	fok	°	$1,745 \cdot 10^{-2}$ rad
	(ív) perc	'	$2,909 \cdot 10^{-4}$ rad
	(ív) másodperc	"	$4,848 \cdot 10^{-6}$ rad
Tömeg	tonna	t	10^3 kg
Idő	perc	min	60 s
	óra	h	3600 s
	nap	d	86 400 s
Sebesség	km/óra	km/h	$1/3,6$ m · s ⁻¹
Munka (energia)	wattóra	Wh	3600 J
Hőmérséklet	Celsius-fok	°C	K — 273,15

5. táblázat

Kizárólag meghatározott szakterületen használható nem SI-egységek

Mennyiség neve	Nem SI-egység			
	neve	jele	SI-ben kifejezve	alkalmazhatósági köre
Terület	hektár	ha	10^4 m ²	földterületmérés
Nyomás	bar	bar	10^5 Pa	folyadékok és gázok nyomásának mérése
Energia	elektronvolt	eV	$1,602 \cdot 10^{-19}$ J	atom-, magfizikában
Teljesítmény	voltamper	VA	1 W	elektrotechnikában

negatív egész számú kitevőjű hatványával megszorított értékéhez kell rendelni. Célszerűen e hatványkitevők hármassával növekednek, vagy esőkennek. A decimális szorzókat a 3. táblázat szerinti előtaggal (prefixummal) helyettesíthetjük.

A prefixumot az egység jelével össze kell írni és ekkor ez egyetlen jelnek tekintendő. Pl.:

$$mm = 10^{-3} m$$

$$mm^2 = 10^{-3} \cdot 10^{-3} m^2 = 10^{-6} m^2$$

Egy-egy alapegység jeléhez csak egy prefixum írható.

A hekto, a deka, a deci és a centi csak méter, liter és gramm jele mellett használható (dag helyett dkg).

A prefixum nem SI-egységek jeléhez is kapcsolható, de nem minden esetben. Nem alkalmazható a nem tizedes számrendszeren alapuló egységek (pl. hőmérséklet-, síkszög-, időmértékegységek) és a hektár esetében.

Tudományos mérések esetében több decimális nagyságrendű értéktartomány áttekintésére néha az értékeknek a 10-es

alapú negatív logaritmusát szokás közölni. Így pl. 10^{-3} mol-os H⁺-ionkoncentráció helyett pH 3 írlandó.

Az SI-n kívüli, hivatalosan elfogadott mértékegységek

Ezek használatát a MT rendelet [4] néhány nagyon beidegzett és az SI alapelveivel lényegében nem ellenkező egység esetében továbbra is engedélyezi. Egy részük külön névvel jelöli az SI prefixumos egységeit, más részük az SI-be nem tartozó és csak meghatározott szakterületen alkalmazható mértékegység (4. és 5. táblázat).

A Magyar Szabványügyi Hivatal és az Országos Mérésügyi Hivatal Útmutatója [6] értelmében a fenti nem SI-egységeket lehetőleg ne használjuk tudományos vagy műszaki szövegekben, és főképpen a számításokban. Természetesen sajátos munkaterületeken — így a tudományos kutatásokban is — a rendelet nem tiltja célszerűen kialakított és beidegződött mértékegységek igénybevételét sem. Azonban az

SI-előnyeiről, beleértve a nemzetközi összevethetőséget, csak igen indokolt esetekben ésszerű lemondani.

Az SI-egységek írásmódja

Az SI bevezetésével egyidejűleg jelentős előrehaladás történt az egyes mennyiség-fajták fogalmi tisztázásában és félre nem érthető jelzőmódja rögzítésében. A legszélesebb körű változásokat a tömeg és a súly értelmezésének az elkülönítése, illetőleg az energia mértékegységének az általánosítása hozta magával.

Az írásmód főbb szabályai az alábbiak:

a) A mértékegységek jele nemzetközi, így szigorúan ügyelni kell írásmódjuk pontosságára. Valamennyi egység nevét kis kezdőbetűvel kell írni, a tulajdonnevekre utalókat is (pl. newton, pascal stb.), de az utóbbiak jele mindig nagy betű (pl. N, Pa stb.).

A többszám, a tárgveset jelét vagy más betűt, vagy jelet nem szabad az egység jelével egybeírni, hanem kötőjellel kell hozzá kapcsolni.

A számérték és az egység jele között hagyjunk ki egy betűhelyet. Az egység és prefixum jele után ne tegyünk pontot, csak a mondat végén.

A mértékegységek jelét álló betűkkel írjuk, zárójel nélkül. A mennyiségek jelét dőlt (kurzív) betűkkel kell nyomtatni, illetve gépírásban alá kell húzni, pl. t (idő), m (tömeg). A kelvin alapegység jele K, nem pedig °K. A 3 K-t ezért úgy olvassuk, hogy 3 kelvin. A °C egységet „celziuszfok”-nak olvassuk.

b) Az egységek jele között a szorzást fél betű magasságban elhelyezett ponttal (vagy betűkihagyással) kell jelölni. Az osztás jele vízszintes vagy dőlt törtvonal, esetleg negatív hatványkitevő. Ha dőlt törtvonal után a nevezőben egynél több egység következik, akkor zárójelet kell használni (pl. $W/(m^2 \cdot K)$).

c) A tízedestörtöt vesszővel jelöljük. Pontot sem a számjegyek nagyságrendje, sem az egységrovíditések jelzésére nem alkalmazunk. A hatnál többjegyű számokat a tízedesvesszőtől jobbra és balra hármas csoportokra tagoljuk. A csoportok között egy-egy betűhely kimarad.

Pl.: 123 528,279 6

A mértékegységrendszerek értékeinek átszámítása

Mindenekelőtt az alapegységekkel kifejezett meghatározást (egységegyenletet) kell tekintetbe venni. Itt a decimális szorzókat 10 hatványaival írjuk be. Ezután a

korábbi alapegységeket a megfelelő átszámítási tényezőkkel besorozva átalakítjuk az SI-egységekre. A tényezők összevonásával (egyszerűsítésekkel) kapjuk meg a korábbi egység SI-egyenértékét. A számításokat ne végezzük az eredeti értéknél nagyobb pontossággal.

Pl.: az agyag fajlagos hőkapacitása $0,22 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$. Ez SI-egységre átszámítva:
 $0,22 \cdot 4,19 \text{ J}/(10^{-3} \cdot \text{kg} \cdot \text{K}) =$
 $= 0,22 \cdot 4,19 \cdot 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}) =$
 $= 0,92 \cdot 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

Alkalmazás

A Nemzetközi Szabványosítási Szervezet (ISO) az érdekelt szakmai (fizikai, kémiai és elektrotechnikai) szervekkel egyetértésben kidolgozta az SI alkalmazásának a szabályait. Ezek alapján a Magyar Szabványügyi Hivatal is rögzítette a fizikai mennyiségek nevét, jelét és mértékegységét [5]. Ebből az anyagból mutatok be az alábbiakban néhány fontosabb, és az agrokémiában illetve a talajtanban is érdekes példát. A részletek, főképpen a hagyományos hazai, valamint külföldi egységek átszámítási tényezői magyar nyelven is megjelentek már [1, 2, 5, 6].

Természetesen nem minden esetben lehet a szabványokat mereven alkalmazni. Az agrokémiában és a talajtanban is néha sajátos — nem SI — mértékegységek használata a célszerű.

1. A tér és az idő mennyiségei és mértékegységei

Ezeknél az SI a korábbi metrikus rendszerhez képest jelentős változást nem hozott.

1.11. Hosszúság (l) SI-egysége: méter (m)

Az SI alapelveinek megfelelően megszünt néhány decimális többszörös önálló elnevezése, így az angström ($\text{Å} = 10^{-10} \text{ m}$ azaz $0,1 \text{ nm}$), a mikron ($\mu = 10^{-6} \text{ m}$ azaz $1 \mu\text{m}$). Tehát az SI-ben pl. az agyagúsványok rétegrácsának az alaptávolsága $1 - 10 \text{ nm}$ ($10 - 100 \text{ Å}$), a látható fény hullámhossza $400 - 850 \text{ nm}$ ($4000 - 8500 \text{ Å}$), a talaj agyagfrakciójába a $2 \mu\text{m}$ (2μ) átmérőjűnél kisebb részecskék tartoznak stb. Szakszövegekben a dm, cm használatát kerüljük.

1.12. Terület, felület (A) SI-egysége: négyzetméter (m^2)

A korábbi önálló nevű többszörösei közül csak a hektár — kizárólag földterületek esetében — használható ezentúl.

1.13. *Térfogat, köbtartalom, űrtartalom (V)* SI-egysége: köbméter (m³)

Az SI-egységeken kívül a mindennapi gyakorlatban a liter (l = 10⁻³ m³) és decimális többszörösei (hl, dl, cl, ml és µl) is megengedettek, de szakszövegben kerülendőek. Tehát abban ml helyett cm³-t, µl helyett mm³-t írjunk.

A talajra jutó csapadék (öntözővíz) mennyiségének a térfogatát általában, mint eddig is, mm-ben adják meg. 1 mm vastagságú vízréteg 1 m² felületre 1 l-t, 1 ha felületre 10 m³-t jelent.

1.2. *Idő (t)* SI-egysége: másodperc (s)

A prefixumos s-egységeken (ks, ms, µs) kívül a perc (min), óra (h), nap (d), hónap és év is használható.

2. *Az általános mechanika mennyiségei és mértékegységei*

Az SI bevezetésével egyértelműen szétvált a tömeg és az erő fogalma és a mechanikai energia egysége (J) a természettudományokban általános érvényű lett. A nyomás eddigi – metrikus rendszeren kívüli – egységeit (atmoszféra, higanyoszlop-mm, vízoszlop-cm) a gyakorlat számára túlságosan kicsi SI-egység, a pascal váltotta fel.

2.1. *Tömeg (m)* SI-egysége: kilogramm (kg)

A korábbi önálló nevű decimális többszörösei közül a tonna (t = 10³ kg) továbbra is használható, de a mázsa (q = = 10² kg = 10⁻¹ t) illetve a gamma (γ = 10⁻⁶ g = µg) nem.

A kémiában és a fizikában, így az agrokémiában és a talajtanban is a gramm (az SI-alapegység ezredrésze) használatos általában.

2.2. *Sűrűség (ρ)* SI-egysége: kg/m³

Az egységnyi térfogatban levő tömeget korábban fajsúlynak nevezték. A természettudományokban használatos egysége a g/cm³ (10⁻³ kg/m³) volt.

Az egységnyi térfogatú természetes szerkezetű talaj száraz anyagának a tömegét térfogattömegnek nevezzük az eddigi térfogatsúly helyett.

A sűrűség reciproka a fajlagos tömeg. A fajlagos szóval általában az egységnyi tömegről vonatkoztatott mennyiséget jelöljük. A „faj” szót (pl. fajhő) ilyen értelemben ne alkalmazzuk.

2.3. *Erő (F)* SI-egysége: newton (N) = = m · kg · s⁻²

Így az erő SI-egysége független a Föld helyéről-helyére változó nehézségi gyorsulásától (a korábbi egység 1 kilopond = = 9,81 N) és nem használható tovább a fizikában a dyn-egység (= 10⁻⁵ N) sem.

2.4. *Nyomás (p)* SI-egysége: pascal (Pa) = = N/m² = m⁻¹ · kg · s⁻²

Mivel a mérésekben előforduló nyomások egy Pa-nál több nagyságrenddel nagyobbak, a folyadékok és a gázok nyomásának meghatározásakor megengedett és célszerű a bar (bar = 10⁵ Pa) használata.

A korábbi nyomásegységek Pa-ban kifejezve:

1 technikai atmoszféra (at) =

= 98 066,5 Pa,

1 normál (fizikai) atmoszféra (atm) =

= 101 325 Pa

1 torr (Torr) azaz 1 mmHg =

= 133,322 Pa

1 cmH₂O (4 °C-ú) vízoszlop nyomása =

= 98,0665 Pa

A talajtanban a nedvességállapot fontos jellemzője a tenzió (szívófeszültség), illetve a vele azonos jellegű nedvességpotenciál. Ezt hagyományosan egyensúlyban levő vízoszlop cm-ben megadott magasságával, illetve annak tízesalapú logaritmusával, a pF-értékkel szokták megadni. Így egy pF 3 szívófeszültségű talaj nedvességpotenciálja $\Psi = 10^3 \text{ cmH}_2\text{O} = = 9,806 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 0,9806 \text{ bar}$.

2.5. *Energia (E)* SI-egysége: joule (J) = = N · m = m² · kg · s⁻²

A joule valamennyi energiaforma – mechanikai, kémiai, hő- és villamosenergia – mértékegysége. A korábbi mechanikai energiaegységek J-ban kifejezve:

1 erg = 10⁻⁷ J

1 méterkilopond (m · kp) = 9,805 J

2.6. *Teljesítmény (P)* SI-egysége: watt (W) = J/s = m² · kg · s⁻³

A korábbi teljesítményegység W-ban kifejezve:

1 lóerő (Le) = 735,499 W

3. *A hőtan mennyiségei és mértékegységei*

Az SI a loggyökeresebb változást a hőtan területén hozta. Mivel a hő az energia egyik formája, nem indokolt e fizikai mennyiség számára önálló mértékegység használata. Így minden régebbi, kalóriaegységekre alapozott értéket át kell számítani az energia általános egységére, a joule-ra.

3.1. *Hőmérséklet (T), csetleg (Θ)* SI-egysége: kelvin (K)

Mivel a Kelvin-skála léptéke azonos a Celsius-skáláéval, a hőmérséklet-különbségek számértéke a két egységben azonos. Továbbra is °C-ban adják meg az egyes anyagjellemzők (olvadási pont, forráspont stb.) értékét. Ugyancsak a °C-skála a mértékadó az anyagok úgynevezett normál állapotának a jellemzőjeként, mivel a mérés-

6. táblázat

Néhány korábbi elektromos mennyiség újabb elnevezése az SI-ben

Régebbi elnevezés	Újabb elnevezés	SI-egység jele
dielektromos állandó	permittivitás	F/m
egyenáramú ellenállás	elektromos ellenállás, rezisztencia	Ω
egyenáramú vezetés	elektromos vezetés, konduktancia	S
elektromotoros erő	elektromos (forrás-) feszültség, potenciálkülönbség	V

technikában a korábban meghatározott összehasonlítási alapokat nem célszerű változtatni.

3.2. *Hőmennyiség (Q)* SI-egysége: joule (J) = N · m = m² · kg · s⁻²

A hőmennyiség korábbi egységei joule-ban kifejezve:

$$1 \text{ kalória (cal)} = 4,187 \text{ J}$$

$$1 \text{ kilokalória (kcal)} = 4,187 \text{ kJ}$$

3.3. *Hőkapacitás (C)* SI-egysége: J/K = m² · kg · s⁻² · K⁻¹

A hőkapacitás korábbi egységei J/K-ben kifejezve:

$$\text{erg}/^\circ\text{C} = 10^{-7} \text{ J/K}$$

$$\text{kcal}/^\circ\text{C} = 4,1868 \cdot 10^3 \text{ J/K}$$

E kifejezésekben K és °C egyaránt használható, mivel az 1° különbséget előidéző hőmennyiség azonos.

3.4. *Fajlagos hőkapacitás (c)* SI-egysége: J/(kg · K)

A korábbi fajlagos hőkapacitásegységek SI-ben kifejezve:

$$\text{erg}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) = 10^{-4} \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$$

$$\text{cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) = 4,187 \cdot 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$$

$$\text{kcal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) = 4,187 \cdot 10^3 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$$

Ugyanígy joule-ból származtatott egységekkel méri a talajok hőgazdálkodásának az értékeit. Ezek:

a sugárzási intenzitás:

$$\text{J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} = \text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$$

a hővezetés:

$$\text{J} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

A hőmérséklet-vezetőképesség (cm² · s⁻¹) esetében a hőérték nem szerepel. A fenti SI-értékeket 1/4,187 = 0,239-del szorozva a korábbi kalóriára megadott mennyiségeket kapjuk meg.

4. A villamosságtan mennyiségei és mértékegységei

Az SI a villamosságtan terén a korábbi, az elektrotechnika igényeinek megfelelően felépített, négy alapegységű (méter, kilo-

gramm, másodperc és amper) rendszerhez képest nem hozott lényegesebb változást. A fogalmak tisztázásával néhány mennyiségfajta elnevezése és meghatározása azonban módosult (6. táblázat).

Az agrokémiában és a talajtanban is a korábbiakhoz képest változatlan az elektromos mérési eredmények közlése. Csupán az elektromos vezetési értékének (pl. a talajok sóforgalma jellemzésekor) az egysége változatlan mérőszámmal siemens (S illetve mS) mho (mmho) helyett.

5. A sugárzások (radioaktivitástan) mennyiségei és mértékegységei

Az SI-ben e téren is a mechanika egységei az érvényesek. Megszűntek a radioaktivitás különlegesen meghatározott — pl. a rádium sugárkibocsátásához kapcsolt — egységei és ezen a szakterületen is az általános mozgásokat, energiaáramlásokat leíró mértékegységek váltak kizárólagosakká. Így néhány, az agrokémiában és a talajtanban, illetőleg az izotópos technikában is szereplő mennyiségfajta esetében az SI-egységek az alábbiak:

5.1. Radioaktív sugárforrás aktivitása

(A) SI-egysége: becquerel (Bq) = 1 · s⁻¹

azaz olyan aktivitás, amelyben másodpercenként egy bomlás következik be.

Korábbi egység SI-ben kifejezve: curie (Ci) = 3,7 · 10¹⁰ Bq

5.2. Elnyelt sugárdózis (D) SI-egysége:

gray (Gy) = 1 J/kg = m² · s⁻²

azaz ennyit nyel el 1 kg tömegű anyag, ha vele állandó intenzitású ionizálás útján 1 joule energiát közlünk.

A korábbi egység SI-ben kifejezve: 1 rad (rd) = 10⁻² Gy

5.3. Besugárzási dózis (D_b) SI-egysége:

coulomb per kilogramm (C/kg) =

$$= \text{A} \cdot \text{s} \cdot \text{kg}^{-1}$$

azaz olyan állandó intenzitású ionizáló sugárzás besugárzási dózisa, amely 1 kg

7. táblázat

Néhány fiziko-kémiai mennyiség SI egysége

A mennyiség		SI-egysége		Megjegyzés
neve	jele	jele	decimális többszörösei	
Relatív atomtömeg	A_r	1		korábbi neve : atom súly korábbi neve : molekulásúly $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ a korábbi gramm-molekulasúly $\cdot 10^3$
Relatív molekulatömeg	M_r	1		
Avogadro-állandó	N_A	1/mol		
Moláris tömeg	M	kg/mol	g/mol	
Moláris térfogat (mól-térfogat)	V_m	m ³ /mol	m ³ /kmol	B részecskék száma egységnyi térfogatban
Molekulakonzentráció (B anyagé)	C_B	1/m ³		
Tömegkoncentráció (B anyagé)	ρ_B	kg/m ³	Mg/m ³	szokásos egységei : g/l, mg/l

tömegű levegőben összesen 1 C töltésű azonos jelű iont hoz létre.

A korábbi egység SI-egységben kifejezve:

$$\text{röntgen (R)} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$$

A talajtani vizsgálatokban, főként a hógazdálkodási mérésekben, a sugárzott energia jellemzői a fontosak. Ezekre az általános energia-mértékegységek (J, W) használatosak.

6. A fizikai kémia és a molekuláris kémia mennyiségei és mértékegységei

6.1. SI-egységek:

Az SI bevezetésével új alapegységet vettek fel a testek korpuszkuláris összetételének a számbavételére. Ez az anyagmennyiséget méri.

A testek tulajdonságai egyrészt folytonosak, a korpuszkulák összhatását tükrözik (ide tartozó mennyiségek: a tömeg, a hő, az elektromos töltés, mágnesesség), másrészt diszkrét, azaz az anyagok szerkezete és elemi tagoltsága szerint elkülönülnek. E két mennyiségcsoport közötti kapcsolatokat jellemzik az anyagokként eltérő, úgynevezett moláris (1 mólra vonatkoztatott) állandók. Nyilvánvalóan az anyagmennyiségtől függőek mindazok a folyamatok, amelyekben az elemi részecskék szerepelnek. Ez a helyzet az anyag szerkezet, az oldatok fizikai-kémiai tulajdonságai, a határfelületi jelenségek esetében és az anyagok minőségi változásainál. A mól-on alapuló nevezéktan jól tükrözi

az egyes mennyiségfajták összefüggését és mérésük elemeit.

6.1.1. *Anyagmennyiség (n)* SI-egysége: mól
jele: mol

A mól annak a rendszernek az anyagmennyisége, amely annyi elemi egységet tartalmaz, mint ahány atom van 0,012 kg szén-12-ben. Az elemi egység fajtáját (atom, molekula, ion stb.), vagy ilyeneknek meghatározott csoportját meg kell adni.

Ajánlott decimális többszöröse: kmol, mmol, μmol .

6.1.2. *Anyagmennyiség-konzentráció (C)*
SI-egysége: mol/m³

Olyan homogén elegy egy összetevőjének anyagmennyiség-konzentrációja, amelynek 1 köbméterében az összetevő anyagmennyisége 1 mol.

Ajánlott decimális többszöröse: kmol/m³ = mol/l

6.1.3. *Molaritás (M)* SI-egysége: mol/kg

Olyan oldat egy összetevőjének koncentrációja, amelynek 1 kilogramm tömegű oldószerében az összetevő anyagmennyisége 1 mol.

Ajánlott decimális többszöröse: mmol/kg

Néhány további fizikai-kémiai mennyiséget a 7. táblázatban tüntetnek fel.

6.2. *Nem SI-egységek*

Az SI-ben nem szerepel a vegyérték. Ennek az elektrolitok tulajdonságainak és a kémiai reakcióknak a leírásában alapvető mennyiségnek elhagyása annak tulajdonítható, hogy az elemi részek töltése és reakcióképessége a körülményektől függő

8. táblázat

Néhány talajtani és agrokémiai mennyiség általános használatra javasolt mértékegysége

Mennyiség 1.	Mértékegység		Átszámítási faktor (f) [f · (2.2) = (2.1)]
	használandó 2.1.	korábbi 2.2	
Terméshozam	t	q	$1 \cdot 10^{-1}$
		cwt (UK)	$5,080 \cdot 10^{-2}$
		lb, lbm	$4,534 \cdot 10^{-4}$
		tn (USA)	1,016
		bu (USA)	$2,722 \cdot 10^{-2}$ búza, burgonya, szója
			$2,540 \cdot 10^{-2}$ kukorica, rozs
Termésátlag	t/ha	q/kh	$1,737 \cdot 10^{-1}$
		q/ha	$1 \cdot 10^{-1}$
		cwt (UK)/acre	$1,255 \cdot 10^{-1}$
		lb/acre	$1,120 \cdot 10^{-1}$
		tn (USA)/acre	2,511
		bu (USA)/acre	növényenként a terméshozamnál megadott tényező · 2,471 pl. búzára $6,726 \cdot 10^{-2}$
Táp- (ható-) anyag-koncentráció	tápelem vegyjele* % vagy ‰ vagy ppm	tápelem vagy oxidja* % vagy ‰ vagy mg/100 g	1 (mérőszám 0,1–999 között)
			10 · elemi tényező
Szitaméret	Lyukbősség, mm	Csomószám** mesh	

* = a régebben használatos oxidalakok átszámítása elemi alakokra, az elemi tényezőkkel szorozva történik: oxid · elemi tényező = elem, pl. $\text{CaO} \cdot 0,7147 = \text{Ca}$; $\text{K}_2\text{O} \cdot 0,8302 = \text{K}$; $\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 0,4364 = \text{P}$.

**mesh Tyler-féle megjelölés	10	20	35	60	100	200	325
Ø mm	1,68	0,841	0,420	0,25	0,149	0,074	0,044

en többféle. Természetesen egy-egy adott folyamatban a vegyérték meghatározott és így egy-egy tudományágon belül ez mint anyagállandó jól használható.

Eppen ezért a kémiában és fizikai kémiában, tehát az agrokémiában és a talajtani is a vegyérték (jele: val, mint viszonyszám dimenzió nélküli, mértékegysége: l) ezután is alapvető mennyiségfajta marad. Segítségével az SI több mennyiséggel bővíthető. Ezek jelölését és mértékegységét, bár szabványosítva nincsenek, az SI-ben szokásosan célszerű megadni.

Így az alábbi mennyiségfajták határozhatók meg:

6.2.1. *Anyagegyenérték (ekv)*. Egysége: egyenérték, jele: e.

$e = \text{mol/val}$, $me = 10^{-3} e$

Tehát egy anyag egyenértékeinek a számát megkapjuk, ha mólban kifejezett mennyiségét a vizsgált folyamatban érvényes vegyértékével elosztjuk. Az azonos egyenértékszámú anyagokban tehát az egymással reagáló részecskék száma egyenlő.

6.2.2. *Egyenértéktömeg (B anyagra)*. Egysége: $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{val}^{-1}$; jele: $M_{\text{ekv}, B}$. Korábbi neve: gramm-egyenérték-súly.

9. táblázat
Az agrokémiában és a talajtanban használatos mértékegységek összefoglalása

Sorszám	Mennyiség (féle)	SI-egység		A használatú és elavult (újít befordul szedve) nem SI-egységek
		jele (neve)	alapegységekkel kifejezve	
1. Tér és idő mennyiségei				
1.11.	Hosszúság, távolság (l)	m (méter)	m	angström (Å) = $1 \cdot 10^{-10}$ m mikron (μ) = $1 \cdot 10^{-6}$ m yard (yd) = 0,914 m (1 yd = 3 ft = 36 in)
1.12.	Terület, felület (A)	m ²	m ²	hektár (ha) = $1 \cdot 10^4$ m ² kat. hold (kha) = 0,575 ha acre = 0,405 ha
1.13.	Térfogat, köbtartalom, úrtartalom, (V)	m ³	m ³	liter (l) = $1 \cdot 10^{-3}$ m ³ és decimális többszörösök (hl, dl, cl, ml) gallon (gal UK) = $4,546 \cdot 10^{-3}$ m ³ bushel (bu) = $3,524 \cdot 10^{-2}$ m ³ barrel (bbl) = $1,590 \cdot 10^{-1}$ m ³ cubic yard (cu yd) = $7,646 \cdot 10^{-1}$ m ³ mm csapadék = $1 \cdot 10$ m ³ /ha
1.2.	Idő, időtartam (t)	s (másodperc)	s	perc (min) = 60 s óra (h) = 3600 s nap (d); hét, hónap, év
2. Általános mechanika mennyiségei				
2.1.	Tömeg (m)	kg (kilogramm)	kg	tonna (t) = $1 \cdot 10^3$ kg métermáza (g) = $1 \cdot 10^2$ kg gamma (γ) = $1 \cdot 10^{-9}$ kg pound (lb) = 0,454 kg
2.2.	Sűrűség, térfogat tömeg (ρ, ρ _m)	kg/m ³	m ⁻³ kg	t/m ³ = $1 \cdot 10^3$ kg/m ³ kg/l = $1 \cdot 10^3$ kg/m ³ g/cm ³ = g/ml = $1 \cdot 10^{-3}$ kg/m ³
2.3.	Eró (F)	N (newton)	m · kg · s ⁻²	dyn = $1 \cdot 10^{-5}$ N kilopond (kp) = 9,807 N pound-weight (lbf) = 4,448 N

9. táblázat folytatása

Sorszám	Mennyiség (jelle)	SI-egység		és elavult (dől betűvel szelvére) nem SI-egységek
		jelle (neve)	alapegységekkel kifejezve	
2.4.	Nyomás (p)	Pa (pascal)	$N/m^2 = m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$	bar (bar) = $1 \cdot 10^5 Pa$ cmH ₂ O = 98,066 Pa atmoszfóra (technikai at.) = 98066 Pa torr (Torr) = 133,3 Pa
2.5.	Energia, munka (E, W)	J (joule)	$N \cdot m = m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$	watt · óra (W · h) = $3,6 \cdot 10^3 J$ erg (erg) = $1 \cdot 10^{-7} J$ mácterkilopond (mkp) = 9,806 J lóerő (LE) = 735 W
2.6.	Teljesítmény (P)	W (watt)	$J/s = m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$	
3. Hőtan mennyiségei				
3.1.	Hőmérséklet (T vagy Θ)	K (kelvín)	K	Celsius fok ($^{\circ}C$) = K - 273,15 Celsius fok ($^{\circ}C$) = $5/9^{\circ}F$ - 17,78 Fahrenheit fok ($^{\circ}F$) = $1,8 \cdot K$ - 459,67 kalória (cal) = 4,187 J British thermal unit (BTU) = $1,055 \cdot 10^3 J$
3.2.	Hő, hőmennyiség (Q)	J (joule)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$	
3.3.	Hőkapacitás (C)	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$	
3.4.	Fajlagos hőkapacitás (c)	J/(kg · K)	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$	
3.5.	Hőáram (q)	W (watt)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$	
3.6.	Sugárzási intenzitás (M_e)	W/m ²	$kg \cdot s^{-3}$	$W/cm^2 = 1 \cdot 10^4 W/m^2$
3.7.	Hővezetés (G)	W/(K · m)	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$	$W/K \cdot cm = 1 \cdot 10^2 W/(K \cdot m)$
3.8.	Hőmérséklet-vezetőképesség (σ)	$m^2 \cdot s^{-1}$	$m^2 \cdot s^{-1}$	$cm^2 \cdot s^{-1} = 1 \cdot 10^{-4} \cdot m^2 \cdot s^{-1}$
4. Villamosság tan mennyiségei				
4.1.	Áramerősség (I)	A (amper)	A	
4.2.	Elektronos töltés (Q)	C (coulomb)	$s \cdot A$	amper · óra (A · h) = $3,6 \cdot 10^3 C$

4.3.	Elektromos feszültség, potenciálkülönbség (<i>U</i>)	V (volt)	$W/A = m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
4.4.	Elektromos ellenállás, rezisztencia (<i>R</i>)	Ω (ohm)	$V/A = m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
4.5.	Elektromos vezetéc, konduktancia (<i>G</i>)	S (siemens)	$1/\Omega = m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$

S korábbi neve : mho

5. Sugárzások, radioaktivitás mennyiségei

5.1.	Radioaktív sugárforrás aktivitása (<i>A</i>)	Bq (becquerel)	$1 \cdot s^{-1}$	curie (Ci) = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq
5.2.	Elnyelt sugárdózis (<i>D</i>)	Gy (gray)	$J/kg = m^2 \cdot s^{-2}$	rad (rd) = $1 \cdot 10^{-2}$ Gy
5.3.	Besugárzási dózis (<i>D₀</i>)	C/kg	$A \cdot s \cdot kg^{-1}$	röntgen (R) = $2,58 \cdot 10^{-4}$ C/kg

6. Fizikai kémia és molekuláris kémia mennyiségei

6.1.	Anyagmennyiség (<i>n</i>)	mol (mól)	mol	egyenérték (e) = mol/val mól-nyi egy vegyértékű részecskék mennyisége, ill. a velük maradéktalanul vegyülő anyagmennyiség
6.2.	Anyagmennyiség-koncentráció (<i>C</i>)	mol/m ³	$m^{-3} \cdot mol$	mol/l = $10^3 \cdot mol/m^3$ e/l neve normalitás
6.3.	Moláris tömeg (<i>M</i>)	kg/mol	$kg \cdot mol^{-1}$	relatív molekulatömeg (korábban molekulatömeg) súly = $10^{-3} \cdot kg/mol$
6.4.	Tömegkoncentráció (B-anyagé) (ρ_B)	kg/m ³	$m^{-3} \cdot kg$	kg/l = $10^3 \cdot kg/m^3$ g/l = kg/m^3
6.5.	Tömeg- ill. térfogattört (B-anyagé) (W_B ill. φ_B)	I	I	B-anyag részaránya valamely elegendő oldatban

A törtértékek nagyságrendjének (10^{-n}) jelölése

n	2	3	6	8	9
jelölés	%	‰	ppm	pphm	pppb

B anyag egyenértéktömege egyenlő a relatív molekulatömeg és a vegyértékszám hányadosával.

A talajok kationadszorbeáló képességét egyenértékben adjuk meg. Így 100 g talajban meghatározott 0,60 g kicserélhető $\text{Ca}^{2+} = 0,60/40/2 = 0,03$ e/100 g, vagy 30 me/100 g.

6.2.3. Az anyagkoncentrációk nem SI-egységei.

A már említetteken kívül a kémiában még az alábbiak használatosak:

6.2.3.1. Egyenérték-koncentráció (B anyag- ra). Egysége: e · l⁻¹; jele: $c_{ekv,B}$.

Gyakorlati célokra többnyire a 10³ · me · l⁻¹ dimenzióban adjuk meg a talaj-oldat ionjainak töménységét.

A kémiai térfogatos elemzésben ezt a mennyiségfajtát normalitásnak nevezzük. A normál (N) oldat egy litere B anyagból 1 egyenértéktömeget tartalmaz.

Az 1 N oldat 1 cm³-re C anyag 1 me_C mennyiségével reagál.

6.2.3.2. Arányszámok (ppm, pphm, ppb)

A koncentráció természetesen arányszámokkal, így százalékban, vagy ezrelékben is megadható, 0,1 – 1000 számértékek között nagyon híg elegyek töménységére a milliomod (ppm), százmilliomod (pphm) és ezredmilliomod (ppb) megjelölések használatosak. Így 1 kg elegyben B anyagból 1 mg 1 ppm-es, 10 µg 1 pphm-es és 1 µg 1 ppb-es töménységet jelent.

Vizes oldatok esetében az oldat mennyiségét térfogatban szokás megadni. A tömeget térfogattal helyettesítve nagyon híg oldatok esetében a koncentráció változása nem számottevő.

A talajok tápanyagtartalmát ppm-ben és elemi formában célszerű megadni. Így egy talaj 20 mg AL-oldható P₂O₅/100 g tartalma helyett $20 \cdot 10 \cdot 62/142 = 97,2$ ppm (mg/1000 g) AL-oldható P-tartalom-

ról beszélünk. A korábban szokásos tápanyagkoncentrációkat a 8. táblázatban közölt módon számítjuk át.

Összefoglalás

Az SI az agrokémiai és talajtani mennyiségek mértékegységeit is világviszonylatban egységesítette. E rendszer bizonyos mértékű, ugyancsak nemzetközi érvényességű bővítése is indokoltnak látszik. A további általános használatra javasolt egységeket a 9. táblázat foglalja össze; ugyanott az idevágó fontosabb, régebben használatos egységek az SI-re történő átszámításának tényezőit is közlöm.

Irodalom

- [1] CSENGERI PINTÉR, P.: SI, mennyiségek, mértékegységek, számok. Műszaki Kiadó, Budapest, 1981.
- [2] Fizikai mennyiségek neve, jele és mértékegysége. MSz 4900/1–10. 1978. 1979.
- [3] Metrológia, fizikai mennyiségek mértékegységei. KGST-SzT 1052. 1978.
- [4] Minisztertanács 8/1976 (IV. 27.) számú rendelete a mérésügyről. Magyar Közlöny. (34) 1976.
- [5] SI-mértékegységek, előírások (a mértékegység használatot szabályozó előírások). Szabványosítási Szakkönyvtár (28). Magyar Szabványügyi Hivatal és Országos Mérésügyi Hivatal, Budapest, 1981.
- [6] Útmutató az SI-egységek alkalmazásához. I. Szabványosítási Szakkönyvtár (17). Magyar Szabványügyi Hivatal és Országos Mérésügyi Hivatal, Budapest, 1981.

KRÁMER MIHÁLY

MTA Talajtani és Agrokémiai
Kutató Intézete, Budapest

Érkezett: 1982. január 22.