

talajban szénhydrogén-gázt fejlesztenek e következő kísérletem is: a már említett 50 kilónyi beszennyezett talajból szintén aspiráltam levegőt rézoxgydon keresztül; ekkor 1000 térfogatra 1.06 térf. szénsavat kaptam, tehát valamivel többet, mint a talajból; ugyanezen talajbeli levegő 100 részben 20.8105 oxygént, 2.6042 szénsavat (együtt tehát 23.4147-et) tartalmazott, s így igen megközelítette a 4 méteres talajlég ez irányban való összetételét is.

És így bizonyosnak vehetjük, hogy a szennyes talajban szénhydrogén-gázok is fellépnek, s ez által a szervi anyagnak bomlásban létét elárulják; mindazáltal ez a vizsgálódási mód is használhatatlan a talajbeli rohadás ellenőrzésére.

Az eddig leírtakon kívül kétségtelenül még sok *más gáznemű*, vagy legalább is *illó anyag* fejlődhetik a talajban, a bomlási folyamat közepette, ezeket egyrészt nem is vizsgálta eddig senki elég behatóan, másrészt kutatásuk nem is kínálgózik gyakorlati sikerrel, s így azokat mellőzhetjük.

Fejtegetéseim végeredményben oda mennek ki, hogy a talajban csakis a *szénsav* az, a mely míg *egyrészt a szervi anyagok bomlásának terménye*, s így *egyszersmind ennek mutatója*, *másrészt elég pontosan és kényelmesen vizsgálható* is. És így kutatásainknál, a melyekkel a talajbeli bomlási folyamatnak intenzitását s annak ingadozásait kívánjuk megismerni, első sorban erre kell figyelemmel lennünk, a midőn egyszersmind a fentebb kifejtettek alapján föltehetjük, hogy a *szénsav fejlődése a bomlás intenzitásával nő*, s annak csökkenésével fogy; föltehetjük, hogy a *növekvő szénsavtermelés inkább enged a rohadásra következtetni a talajban*, mint az alacsony szénsavtartalom.

A talajlég szénsava Budapesten.

a) A vizsgálataimnál követett módszer.

A talajban foglalt levegő szénsavtartalmát a fentebb megemlített mind a négy állomáson vizsgáltam 1876 őszétől fogva maig, még pedig 1, 2 és 4 (illetőleg az Újépület-kaszárnyában 3) méter mélységekben. 1877-ben mind a négy állomáson naponta elemeztem a talajlégét, az 1 méter mélységből, — míg a 2 és 4 méterből csupán minden 10-ik napon. 1878-tól kezdve minden mélységben egyformán 5—5 naponként kémleltem a szénsavtartalmat, 1880-ban pedig 10—10 naponként. A tél kemény hidege sok elemzést meggátolt, nevezetesen 1879/80-ki télen. Egyébkor a megfigyelések szakadatlanul végeztek a kijelölt határ napokon.

A levegő fölszívására szűk ólomcsöveket használtam, a melyeket a földfúróval készített lyukba a szükséges mélységig lebocsátottam. Az ólomcsövek a fennebb már leírt szekrények belsejében voltak elhelyezve, a melynek a hátsó falához bőr darabokkal odaszegeztek. Mindegyik cső kautsukcső segédelmével *Pettenkofer-féle* szénsav-elnyelő csőhöz szolgált, a melyet megint üveg aspirátorral kötöttem egybe. Ezek a készülékek, úgyszintén egy hőmérő s egy vizet lemérő üveg, minden szekrénynek állandó felszerelését képezték.

Az elemzések napjain a laboratóriumban külön e célra szolgáló, kautsuk dugócskákkal zárt üvegekbe 100—100 (illetőleg a 4 méterből szítt talajlég-próbák számára 200) kcm. erős barytvíz öntetett. Ezt a vizet az állomáson a megfelelő absorbáló csövekbe ürítettük, s a levegő aspirációját megkezdettük. Ennek végeztével a *Pettenkofer*-csőből az addig zárva állott kis üvegecskébe ürítettett vissza a baryt-víz, a mely azután a laboratóriumban hosszabb állás s ülepedés után elemeztetett.

Egynémely körülményre kiváló figyelemmel voltam munka közben. Így arra törekedtem, hogy az aspiráció lehetőleg lassan történjék, óránként legfőlebb 0.5—1 liter levegő

szívassék föl, nehogy a talajlég máshonnet s nem az ólomcső szájának közvetlen környezetéből áramoljon oda. Az aspiráció továbbá mindig s mind a négy állomáson megközelítőleg egyenlő gyorsasággal történt; úgyszintén az aspirált levegő mennyisége is mindig s mindenütt megközelítőleg egyenlő volt, és pedig legfőlebb 5 liter, s legalább 2 vagy 3.

Mindezekre súlyt kell fektetnünk, különben a nyert adatok alig lesznek egymással összehasonlíthatók; azt tapasztalhatni ugyanis, hogy minél több az aspirált levegő, s minél gyorsabban szívatik ki a talajból, annál kevesebb benne a szénsav. E tapasztalásnak okait, úgy hiszem, nem is kell fejtegetnem.¹

β) A talajbeli szabadszénsav mennyisége.

A szénsav mennyisége igen különböző volt a különböző megfigyelési állomásokon, úgyszintén a különböző mélységekben, valamint különböző időben.

Vizsgáljuk először e viszonyokat a hely szerint. Egybeállítva a különböző állomások szénsavának közepes értékét 1877—8—9-ben, e következőt tapasztalhatjuk: 1000 térfogat talajbeli levegőben volt szénsav:

Üllői kaszárnya	---	1 méterben	4.8;	2 m.-ben	6.6;	4 m.-ben	28.7.
Újépület-kaszárnya	"	"	13.7;	"	"	14.8;	3 " 20.1.
Károly-kaszárnya	"	"	18.1; ²	"	"	28.4;	4 " 36.5.

Szembeéltő a fokozatosan emelkedő szénsavgazdagság eme három talajban.

Mi az oka az egyenlőtlen szénsav tartalomnak? Kettőre gondolunk az eddigi vizsgálódások eredményei folytán: először a talaj szennyezettségére, azután a permeabilitásra.

Ha visszalapozunk oda, a hol ez állomások talajának

¹ A barytvíz titrálására, eltartására stb. vonatkozó tudnivalókat e munka első részében már elmondottam. Csak azt kívánom még megjegyezni, hogy a használt barytvíz koncentrációja rendszeren olyan volt, hogy egy kbem. barytvíz 1—1½ kbem. szénsavat volt képes megkötni.

² Csak két esztendőből vont átlag.

chemiai vizsgálatát leírtam (173. lapon), könnyen szemközt állíthatjuk egymással e talajok szennyezettségét és szénsavtartalmát. Összehasonlításra fölhasználhatjuk a szén vagy a nitrogén, avagy mindkettőnek együttes mennyiségét. Leghelyesebb azonban, ha a szervi nitrogént vesszük irányadóul, mert végső fölbomlásánál szénsavat is ad s mert a valóságos talajszennyezettség kinyomataul szolgálhat, míg a talajbeli C gyakran nem egyéb, mint hamuval a talajba jutott, rohadásnak alá sem vetett szén.

Hogyan viszonylik tehát a szervi nitrogén a szénsavhoz? A legszennyesebb talaj — a Károly-kaszárnya talaja — adta a legtöbb szénsavat, a legtisztább talaj — az Üllői-kaszárnyáé — mutatta a legkevesebbet s a középen álló talaj — az Újépület-kaszárnyáé — szénsav szempontjából is középen állott.

Ezekben az egyforma alkotású s meglehetősen egyforma tömörségű talajokban a talaj szénsava tehát félreismerhetetlenül egyenes arányban állott a szennyezettséggel. Nem kések e tapasztalás alapján kimondani, hogy a szénsav mennyisége a talajban a talaj szennyezettségével kapcsolatban áll.

A vérmes hygienikus most azt következteti — mint már többen gondolták — hogy elégséges valamely talajban a levegő szénsavát meghatározni, hogy ezzel együtt a talaj szennyezettségi foka fölött is tisztában lehessünk, s egyik talajt a másikkal, — a münchenit a drezdaival, a budapestit a kolozsvárral — összehasonlíthassuk. De ez nem megy. Még egy ható erőt kell itt figyelembe vennünk: a permeabilitást. Kolozsvári vizsgálataim alkalmával figyelmeztettem utóbbi körülményre. Előadtam akkor, hogy a Karolina-kórház talaja, a mely a legszennyesebb volt, kevesebb szénsavat tartalmazott levegőjében, mint egy hegyoldalon vizsgált talaj, a mely pedig chemiai vizsgálatnál a legtisztábbnak bizonyult be. Magyarázatul kimutattam, hogy a talaj ott igen laza, levegő számára igen jól átjárható volt, míg itt tömött márgából állott, a melynek permeabilitása fölötté csekély volt.

Ez a tapasztalás, s az annak alapján tett amaz állítás,

hogy a talajlég szénsava kiválólag függ a talaj permeabilitásától, oly természetes volt, hogy alig gondoltam volna, hogy megtámadtathassék. Mindazáltal Smolensky kétségbe vonta a permeabilitásnak a jelentőségét a talajlég szénsavtartalma szempontjából, s hogy a fennebbi példának bizonyító erejét csökkentse, megakadt azon a kifejezésemen, hogy a talaj chemiai vizsgálására a talajpróba az aspiráló csövek «mellett» («anstossend») ásatott föl, s nem éppen a csövek alól, s úgy vélekedett, hogy néhány centiméterrel odább, közvetlenül a csövek alatt, talán mégis másféle szennyezettséggel bírt a talaj, s talán ott volt szennyesebb, a hol több volt a szénsav.

Ez a kifogás okadatolatlan. A fölásás tényleg oly közel történt a vizsgáló csövekhez, hogy alig gondolható el, hogy az az egyforma külsejű talaj, tág udvar, kert stb. közepén éppen azon a ponton, a hol a vascső a talaj belsejében a nyílással bírt, valami abnormis szennyezettséggel, valami szénsavfejlesztő góczezal bírt volna, vagy ellenkezőleg valami ismeretlen erő ott a szennyes talajban kifejlődött szénsavat elnyelte volna. De fölösleges is ez a kifogás, mert én és mások is, nem csupán abból az egy vizsgálatból következtettem a permeabilitás befolyását a talajlég szénsavára, de egyéb okokból is, a melyek oly világosak, s úgy megfelelnek a természeti törvényeknek, hogy ez egész vitatkozás a permeabilitás jelentősége fölött meddő. Mégis, hogy szemmel láthatóvá tegyem a permeabilitásnak ezt a befolyását a talajlég szénsavtartalmára, egy igen egyszerű kísérlethez nyúltam. Apró szemű, kavicsstartalmú homokot megmostam, megszáritottam s azután megszitáltam. A finom szemcséjű részletet egy, s a szitán maradt öregebb szemű homokot más, nyitott bádoggal hengerbe tettem, a melyek alul nyílással bírtak. Mindkét talajpróba mintegy 10—10 kilónyi tét ki. Átnedvesítettem a talajokat vízzel, a melyben 5% cukor, s 1% húganyag volt föloldva. A talajpróbákat most több napon át állni hagytam, azután lassú és egyforma áramban elkezdtem belőlök levegőt szívni s ebben a szénsavat meghatározni. Legelőbb azonban megközelítő próbát tettem a permeabilitásra nézve. Egyenlő manometer nyomás mellett, egy üveg-
ből kifolyó víz segédelmével levegőt szívtam a két talajon

keresztül. Ugyanazon idő alatt (1 perc alatt) a kavicsos homokon mintegy 450 kcm. levegőt szívhattam keresztül, míg az apró szemű homokon alig 80-at. Amannak permeabilitása tehát $5\frac{1}{2}$ -szer akkora volt, mint emezé. Az ezután, lassú áramban keresztülszított talajlégnek szénsavtartalma pedig volt 2.5 és $3.2\frac{0}{00}$ a kavicsos homokban, és 9.6 és $12.5\frac{0}{00}$ az apró szemű homokban; tehát utóbbiban majdnem 4-szerre több, mint a permeabilisabb talajban.

Nem kételkedhetünk tehát a fölött, hogy (ceteris paribus) az átjárhatóság növekedésével fogy a talajlég szénsava, ámbár nem egészen oly gyors arányban.

És így két vagy több hely talajszennyezettségének összehasonlítására és megítélésére semmi esetre sem elégséges criterium a talajlég szénsava.

De hisz fentebb láttuk, hogy a szennyesebb talajnak magasabb volt a szénsavtartalma; a szénsav tehát igen jól mutatta a szennyezettséget? Igen; egyenlő vagy egymáshoz igen hasonló tömörségű talajoknál, a melyek tehát legalább nagyjában egyforma átjárhatósággal bírnak, a talaj levegőjének szénsava valóban indikálhatja a szennyezettség fokát és mértékét is; azonban az oly talajoknál, a melyeknek permeabilitása nem egyenlő, vagy éppen nem is ismeretes, a talajlég szénsava nem szolgálhat eszközül arra, hogy általa a talajok szennyezettségének fokát is megítélhessük.

A talajréteg mélységével a szénsav mindenütt növekedett. Ismeretes már, hogy ennek oka első sorban az éppen megbeszélte permeabilitás csökkenése a növekedő mélységgel. Hogy ez hatalmasabbá válhat, mint a szennyezettségnek magának a befolyása, bizonyíthatja az a körülmény, hogy az Üllői-kaszárnya talajában 4 méter mélységben sokkal több volt a szénsav, holott ugyanitt mind a szervi szén, mind a nitrogén sokkal kevesebb volt, mint a 2 méternyi mélységben.

γ) A szénsavnak időbeli ingadozása. Az évi s évszaki ingadozás.

A legtöbb jelentőséggel azonban a talajlég szénsavánál ennek időbeli ingadozása bír. Ha az V-ik tábla 2. rajzán a talaj szénsavainak ingadozását tekintjük, a minőnek ez

mindannyi észlelő állomásból nyert adatok nyomán átlagban mutatkozott, észrevehetjük, hogy nagyjában minő szabályszerű hullámban növekedik ez a szénsav a nyári időszakban, s miként süllyed megint alá a melegség elmúltával.

Érdekkel tekinthetünk azonban azokra a görbékre is, a melyek mind a négy állomásról külön mutatják a talajbeli szénsav ingadozását hónapról-hónapra 1877—79-ben. (L. a II. táblán; a rajzok magyarázatát l. jelen munka végén.) Ezeknek egybeazonosításából az derül ki, hogy a szénsavnak évszaki, téli, nyári ingadozása meglehetősen egyforma a különböző állomásokon. Különösen az 1 méter mélységben tapasztalt szénsav-ingadozás mind a négy helyen, négy esztendőn keresztül, majdnem mindig egybevágó volt. A legnagyobb eltérést ez irányban még az 1878-iki ingadozás mutatja, a mely esztendőben pl. az Üllői-kaszárnya talajának szénsava (az 1. rajzon az I. sz. görbe) jóval korábban érte el tető pontját, mint a többi állomásokon.

A mélyebb rétegekben a szénsav ingadozása főbb vonásaiban szintén megegyező a különböző állomásokon. (L. a II., III. és IV. sz. görbéket.)

Ez a hasonlóság a különböző állomások szénsavának ingadozásában bizonyoságául szolgál annak, hogy azonos természeti erő befolyása alatt állottak a vizsgált talajok azon egész területen, a melyen az észlelések folytak. Ebből pedig azt a következtetést kívánom vonni, hogy az az átlag, a melyet mindannyi állomásnak értékeiből számítottam, megfelel valóban a talajbeli szénsavfejlődés közepes kinyomatának mind a négy állomásról; sőt mondhatni, hogy megfelel az az egész város talajában a szénsav ingadozásának, minthogy, mint már fejtegettem, ama négy állomás a város négy egymástól távol eső pontján létezett, s azoknak megegyezéséből jogosan lehet következtetni, hogy a város talajában egybeült is hasonló volt a talajlég szénsavának ingadozása.

Éppen így érdekes képet nyújt az is, ha a különböző állomásokon a különböző mélységek szénsavának ingadozását egymással hasonlítjuk össze. Azt tapasztalhatjuk, hogy a szénsav ingadozása a különböző mélységekben egymással bizonyos összefüggést, párhuzamosságot mutatott.

Jól kivehetjük ezt a párhuzamosságot, ha a II. táblán az állomások görbéit egymással szemközt állítjuk. Úgy hiszem fölsőlegesen egyenként felsorolni a megegyező adatokat.

Teljes párhuzamosságról a különböző mélységek szénsavának ingadozásában természetesen szó sem lehet.

A talajlég chemiai alkatának ez a párhuzamossága a különböző mélységekben, igen természetes, azok alapján, a mit a talaj permeabilitásáról tudunk. Világos, hogy a jól átjárható talajban — a minő többé-kevésbé a pesti homoktalaj — nem igen fordulhat az elő, hogy a talaj egyik vagy másik rétegében túlságosan szaporodjon a szénsav, a nélkül, hogy utóbbi a többi rétegek levegőjével is ne közlekednék, s ne emelné ezek százalékos tartalmát is.

Még leginkább megeshetik az egyenetlen szaporodás a a felsőbb rétegekben, a melyek tavaszkor erős melegnek kitéve, gyorsan bomlásnak indulnak s sok szénsavat fejlesztenek, a mely szénsav a mélyebb rétegek felé — a hidegség miatt úgyszólván mozdulatlanul fekvő talajlégbe — nem hatol le. Valóban, úgy mint már *Pettenkofer* és *Fleck*, magam is ismételve tapasztaltam, hogy tavaszkor az 1 méterből szítt talajlég rövidebb-hosszabb időn keresztül jelentékenyen több szénsavat tartalmazott, mint a 2 méterből vett talajlég. Őszkor ellenben gyorsabban süllyed a felületes réteg szénsava, mint a mély rétegé: ilyenkor vannak egymástól legtávolabbra az egyes mélységek szénsavát jelölő görbék. A talaj rétegeinek fokozatos átmelegedéséből s lehüléséből, s így a bomlásnak egyre mélyebb rétegekben előhatolásából, valamint annak ismét fokozatos csökkenéséből van az is, hogy a szénsav-maximumok s minimumok ideje a különböző mélységekben nem esik egybe. Két méter mélységben, s még inkább négy méterben jóval később mutatkoznak ama állások (kiváltképen a minimum), mint 1 méter mélyben.

A talajlég szénsavának ezt évszaki viszonyát igen világosan föltűntetik következő, 1877—8—9-ből vont közepes értékek is: ¹

¹ Az 1879-ki nov. és december hónapok értékei kiszámítás útján helyettesítették, s úgy vétettek föl az átlag kiszámításába. Az 1 méter

	1 méter	2 m.	4 m.
Január ---	6.5	12.6	25.0
Február ---	6.8	12.2	24.8
Márczius ---	7.0	11.8	24.7
Április ---	9.9	14.9	25.2
Május ---	11.5	16.1	27.2
Június ---	14.5	21.5	29.2
Július ---	15.8	22.8	35.9
Augusztus	12.8	20.7	32.6
Szeptember	10.9	19.3	31.4
Október ---	9.8	15.0	29.4
November	8.4	13.8	26.5
Deczember	8.1	12.6	25.8

δ) A szénsav évi és évszaki ingadozásának okai.

Habár a talajbeli szabad szénsav minden évben a melegebb évszakban emelkedett s a hidegben lesülyedett, mégis az egyes esztendők igen eltérnek egymástól úgy a hullámmzás nagysága, mint a legmagasabb állásnak ideje, tartóssága stb. szempontjából. Észrevehetjük ezt az egyenetlenséget, ha az V. táblán a különböző évek szénsavvonalait egymással összehasonlítjuk. 1877-ben június és júliusban föltűnő magas volt a szénsavtartalom; nevezetesen július első heteiben mintegy explosió-szerűen magasra szökött, míg ezen a két hónapon túl — kivált a felületes rétegben — alacsony maradt. 1878-ban ellenben nem látunk a nyár elején olyan fölszökkenést, — e helyett azonban a szénsav közel 6 hónapon keresztül állandóan magas volt. 1879-ben megint erős, de rövid ideig tartó emelkedést látunk, míg 1880-ban a szénsav görbéje bukácsolva fölemelkedik, meg újra lesülyed stb.

Azt kérdezzük: mitől függ az egyes évszakokban és esztendőben a szénsavnak ez az egyenetlen mennyisége? Bizvást állíthatjuk, hogy a bomlási folyamatnak a menetétől. A mely esztendő, s az esztendőnek a mely szakasza föltűnő magas szénsavval dicsekszik, azon időben minden valószínűség sze-

átlagai ez Újépület, Üllői-kaszárnya, valamint a chemiai udvar értékei alapján számíttattak; a 2 és 4 méteré Újépület, Üllői- és Károly-kaszárnyák szénsav mennyiségei alapján.

rint jelentékenyebb a bomlás is a talaj belsejében. Azt az ellenvetést, hogy talán a talajnak változó permeabilitása a különböző esztendőkben okozná ama egyenetlenségeket, kizárhatjuk. A permeabilitás módosítása szempontjából ugyanis csakis az esővíz jöhetne tekintetbe, a mely talán az egyik évszakban és évben inkább, a másikban kevésbé akadályozná a talajnak szellőzését. Azonban látni fogjuk, hogy ha van is az esőzésnek befolyása a talaj szénsavtartalmára, ez a befolyás oly rövid ideig tart, hogy az egyes évszakoknak és esztendőknek szóban forgó nagy s huzamos időn át tartó egyenetlenségeit teljességgel képtelen volna létrehozni.

Ha így arra a meggyőződésre jövünk, hogy az egyes éveknél — úgy mint az egyes évszakoknak — eltérő szénsav ingadozását a bomlási folyamatoknak egyenetlensége, változósága okozza: eszközt is nyertünk a szénsavban arra, hogy e bomlást folytonosan kiismerjük s figyelemmel kísérhessük, és hogy azt a fertőző betegségeknek magatartásával egybeahasonlítsuk.

Éppen így bírunk mutatót a szénsavban arra nézve is, hogy a talajnak különböző időszaki változásai — melegsége, nedvessége behatnak-e és mily mértékben a talajbeli bomlásra? És így e befolyásnak tanulmányozása aránylag könnyűvé válik, ha képesek vagyunk a talajmelegségi és nedvességi viszonyokat hosszabb időn át a talajlég szénsavával szemközt állítani. Erre alkalmasak az adatok, miket a mellékelt táblákon (V. és VI. t.) lerajzoltam.

A talaj melegségének befolyása a szénsavra szembeötlő módon nyilvánul: a felületes talajmelegségi s talajszénsavvonalak (V. t. 1. és 2. rajz) határozott együttingadozással bírnak. Együtt emelkedik mindkettő a tavaszi melegnek a talajba előrehatolásával, együtt érik el a nyár derekán a maximumot, s együtt sülyednek az ősz beálltával, hogy a télen s tavasz elején legalacsonyabb állásukat elérjék. Azonban a még rövidebb időközű ingadozás is föltűnő együttartást mutat. Kivehetjük ezt, ha a görbevonalaknak kisebb mozdulatait is szembeállítjuk egymással. Így pl. 1877. márcziusról áprilire a talaj 0.5 és 1.0 méternyi rétegeinek gyors és erős átmelegedését hasonló meredekvonalú szénsavemelkedés követte; ugyan-

ilyen együttemelkedés vehető észre június elején és deczember közepén. 1878-ki márcziusról megint egyforma emelkedéssel mennek át áprilire a melegség és szénsav; hasonló egyúthullámozás látható június végén, szeptember közepén, október és november végén stb.

Igen természetes, hogy az együttingadozás legszembeötlőbb a felületi rétegekben; itt legerősebb is egyáltalán az ingadozás, s a talaj is itt legszenyesebb, úgy hogy a melegség itt okozhatja növekedésével a leghevesebb bomlást. Mindazáltal nem kerülheti el figyelmünket, hogy — legalább a főbb vonalakban — a mélyebb rétegek melegsége és szénsava is összefüggést mutatnak. Leghatározottabban föltűnteti ezt az az észlelés, hogy a szénsav is, úgy mint a melegség később, mint a felületi rétegekben, csak hetek múlva éri el a mélyebb rétegben maximumát.

Nem kevésbé jelentékeny az *esőzéseknek*, tehát a *nedvességnek* a befolyása is a talajbeli szabadszénsav ingadozására.

Ezt megint észrevehetjük, ha a szénsavgörbéket az *esőzésekkel* (VI. t. 1. rajz) egybehasonlítjuk. Így 1877. ápr. és május hónapokban bővelkedő esők mellett magas szénsavat tapasztalunk; az ekkor következő száraz idő a szénsavak csökkenésével járt. A beálló melegebb napokkal nő ugyan a talajlég szénsavtartalma, de csak akkor erősebben, a midőn június vége felé eső állott be. Még erősebben gyarapodik a szénsav július első harmadában,¹ a mint e hónap első napjaiban bőségesebb eső öntözi a földet. A most következő szárazság alatt megint lesüllyed a szénsav, s csak augusztus közepén gyarapszik megint, esők után. 1878-ban észrevehető emelkedés követi a július végén hullott bő esőt, úgyszintén a

¹ E föltűnő magasból rohamosan esett le a szénsav szokatlan mélyre. Az erős emelkedés után a gyors leesés megegyezik Möllernek fennebb idézett kísérleti adataival, a ki tapasztalta, hogy ha sokáig szárazan állott humus megnedvesítetik, rohamos szénsavproductio következik be, a melyet azonban ép oly gyorsan követ a leesés. Úgy látszik, a sokáig tétlenül hevert szénsav képező szervesetek a nedvességnél heves életműködésre ébrednek, a melyben azonban ép oly gyorsan kimerülnek.

szeptember végén, október közepén és végén járó esős időt is. 1879-ben a tavasz föltűnő nedves, ugyanekkor a szénsav is igen sok a talajlégben; ezután száraz időjárás következik s a szénsav is alászáll. Kiemelkedik a szénsavgörbe ismét augusztus végén s október elején esős napok után. 1880-ban április és május esősek, a szénsav is magas; a következő száraz napokkal utóbbi is alászáll. Május utolsóján erős esőzés állott be, követte a szénsav emelkedése. Megint száraz időt nyertünk, tovább egy hónapnál, ezalatt csökkent ama gáz is. Az augusztusi bőséges esők alatt alacsony maradt a szénsav, azonban utánok csakhamar magasra hág föl, s a szeptemberi esők után ez évben legmagasabb állását éri el stb.

A talajt átnedvesítő esők tehát úgy, mint a növekvő melegség, előmozdítják a szénsavnak fölszaporodását a talaj lyukacsait kitöltő levegőben, és így azok kétségén kívül kormánozzák a talajbeli rohadást.

e) A talajlég szénsavának naponta való ingadozása.

Az eddig vázolt általános, nagyobb időközű ingadozáson kívül a talajlég szénsava még más rövidebb szabású hullámozást is föltűntet: ez a szénsav ugyanis egyik napról a másikra is folytonosan változik, még pedig néha elég jelentékenyen.

Ezen — hogy úgy nevezzem — *napi* ingadozásra, a mely tehát megkülönböztetendő volna a különböző esztendőknél évi, s a tél és nyárnak, őszi és tavaszának *évszaki* ingadozásától — már kolozsvári kutatásaim alkalmával fölhívtam a figyelmet. Azóta, Budapesten, terjedelmes vizsgálatot végeztem ez irányban. Mind a négy észlelő állomáson 1877-ben áprilistől novemberig — úgyszintén 1878-ban a chemiai udvari állomáson — naponta elemeztem a talajlég szénsavát 1 méter mélységben, valamint a chemiai udvarban a talaj felületén nyugvó légréteg szénsavát is, hogy ama *napi* ingadozásokat s az őket föltételező természeti erőket kiismerhessem.

Nem szándékozom ez elemzéseket mind részletes tár-

gyalás alá venni; megleégszem, ha az egyes kérdések megvilágíthatására belőlök átlagokat vonhatok le, a melyek bizonyító ereje annál nagyobb lesz, minthogy igen tömeges észlelés eredményét mutatják. Úgyszintén az egyes állomások adatait nem is rajzoltam le külön.

Hogy erről a *napi ingadozásról* példát mutassak föl, elégségesnek tartottam arra a rajzra utalni, a mely munkám első részében, az I. tábla 3. görbéjében látható, s a mely a chemiai udvar talajának szabad szénsavát mutatja, napról-napra, 1 méternyi mélységben.

Ha e görbevonalon végig tekintünk, meggyőződhetünk, hogy a szénsav valóban egyik napról a másikra folytonos ingadozásnak volt alávetve. Az ingadozás nem egyenletes az egész esztendőn keresztül. Sőt észrevehetjük, hogy például 1877-ben május, június, július, augusztus hónapokban a szénsav erősen változik, szeptemberben sokkal kevésbé, még kevésbé az esztendő utolsó hónapjaiban. 1878 elején föltűnően nyugodalmas volt a szénsav, — kivált február és május hónapokban, ezeken kívül azonban egyre föl-alá hullámzott.

§) A szénsav napi hullámzásának okai.

Azt kérdezzük ezek után: minő természeti erők által föltételeztetik a szénsavnak ez a folytonos változósága? Arra nem is gondolhatunk, hogy ezt az ingadozást is a bomlási folyamatnak szünetlen módosulása okozná. A bomlás ugyanis — mint láttuk — csak lassan kifejlődő s aránylag még lassabban eltűnő folyamat, a mely egyik napról a másikra jelentékeny változást nem szenvedhet — még hozzá valami föltűnő természeti behatás impulsusa nélkül. Olyan körülmények közreműködésére kell tehát gondolni a napontai hullámzás megfejtésénél, a melyek valóban képesek rövid idő alatt jelentékenyen módosítani a szénsavtartalmat, s a melyeknek behatása épp oly gyorsan megint elenyészik. Kolozsvári vizsgálataim alkalmával kiemeltem mint olyan tényezőket, a melyek a napontai hullámzást létrehozni képesek: a *szeleket*, az *esőt*, a *lég súlyának ingadozását*, valamint

a talajlégnek ugyanez és egyéb okok alapján beálló *áramlásait*.

Kifejtettem ugyanakkor, hogy ezek a ható erők oly komplikáltak, annyira kiegészítik, majd ismét keresztezik egymást, hogy éppenséggel nem csodálatos, ha a talajbeli szabad szénsav ingadozása is oly egyenetlen, oly szeszélyes.

Jelen kutatásaim sokkal terjedelmesebb anyagot nyújtanak e kérdésnek tisztázására; ezek alapján is azonban ugyanazon eredményre jövünk, a melyet az imént már körvonaloztam.

Lássuk az egyes ható erők működését külön-külön.

Először az *esőzéseknek* a befolyására kívánom az olvasó figyelmét fölhívni.

Van az esőzéseknek az előbb leírt rohadást gerjesztő hatásukon kívül még más befolyásuk is a talajlégre s annak szénsavára. Az esővíz, a mint a földre hull, még mielőtt ebben a szervi anyagok bomlását előmozdithatta volna, eltömi már a felületes rétegnek apró lyukacsait, s így akadályozza a talajnak szellőzését. Világos, hogy ez akadálnak az a következése, hogy a talaj belsejében a szénsav fölszaporodik, míg a tovaszüremkedő víz ama lyukacsokat ismét szabaddá nem teszi. Igen tanulságosan illusztrálja az esőnek ezt a szerepét e következő összeállítás: egybehasonlítottam a talajlég szénsavát, egy méternyi mélységben, 165 oly megfigyelésből, a melyek esős napon ejtettek meg ugyanannyi, az esőt megelőző napon nyert elemzéssel, s azt tapasztaltam, hogy az esős napokon 97 esetben szaporodott a szénsav, és csak 53 esetben fogyott meg; 15 esetben a szénsav állandó maradt.

A-lehulló esővel tehát a legtöbb esetben még aznap a talajbeli szabadszénsavnak fölszökése fog együtt járni; az eső tehát befoly a szénsav gyors, napi ingadozására.

Van azonban az esőnek még egy harmadik szerepe a szénsavval szemközt. Ha az utóbbinak, valamint az esőnek graphikus rajzait összehasonlítjuk, rájövünk arra is, hogy az esőt követő napokon a szénsav rendszeren csökkenni szokott, s csak ezután áll be megint, a bomlási folyamat előrehaladása következtében, a szénsavszaporodás.

Ilyenmű megfogását a szénsavnak, közvetlenül esők

utáni napokon *Fleck* is tapasztalta, s okául azt hozta föl, hogy a talajt frissen átnedvesítő eső sok szénsavat köt meg a talaj levegőjéből. Ezt a magyarázatot, minthogy természet-szerűnek találom, elfogadom, de csak azzal a módosítással, hogy a szénsav megkötését nem annyira az esővíznek, mint inkább az átnedvesedett talajnak tulajdonítom. Hogy az átnedvesedett talaj igen jelentékeny mértékben képes a szabadszénsavat magához ragadni, azt jelen munkám I-ső részében (l. 204. lap) kísérletek alapján fejtegettem s kimutattam.

Kitűnik az előadottakból, hogy az esőnek voltaképen háromféle hatása van a talajlég szénsavára: az esőzés napján a víz eltölti a talaj finom lyukacsait, s ez által a szénsavnak gyors fölszökését okozhatja; — a következő időben a víz leszűremkedik, s átítatja a föld ásványi alkotó részeit, a melyek mohón megragadják a szabadszénsavat, s így ennek apadását okozzák a talajlégben; ez a nedvesség azonban újabb és elevebb életre gerjeszti a föld belsejében tenyésző szervezeteket, előmozdítja a szervi anyagok bomlását, s ezzel együtt fokozatosan szaporodik megint a szénsav, a míg a beálló kiszáradás, valamint az alsó szervezeteknek már említett kimerülése megint alább nem szállítja a talajbeli bomlást, s evvel együtt a szénsavnak mennyiségét.

Már az esőben megismerkedtünk egy oly ható erővel, a mely a szénsavnak rövid idő alatt, egyik napról a másikra való ingadozását képes létrehozni. Vannak kivüle mások is.

Fordítsuk figyelmünket a *szél* hatására. Én egybe-hasonlítottam 111 szénsavmegfigyelést, erős szél beállása napján, a megelőző szélesendes napok szénsav adatával; az eredmény az, hogy a szeles napon a szénsav növekedett 44 esetben, míg fogyott 67 esetben. Nem kételkedhetünk tehát a fölött, hogy a *szél*, a midőn a talaj fölött elszáguld, ennek lyukacsait kiszellőzteti, bennök a *szénsavat* *apasztja*. *Pettenkofer* már 1871-ben ugyanezt következtette saját megfigyeléseiből.

A szélnek befolyása a szénsavra csak rövid ideig tart; elmúltával csakhamar helyreáll megint az előbbi szénsavarány.

Úgy hiszem, nem szükséges azt részletesen fejtegetnem, hogy nem minden szélnek lesz mindig ugyanaz a hatása, nevezetesen pedig ugyanaz a szél más és más helyen nem hoz létre azonos ingadozást. Az a szél, a mely szemközt találja valamely épület homlokzatát vagy magas tűzfalát, a fal előtt másképen hat a talaj szellőzésére, mint a falon túl eső talajára. Ez irányban fenntartom ama fejtegetéseket, miket a kolozsvári észleléseim alkalmával többször idézett munkámban előadtam.

A *lég súly-ingadozás* befolyását szintén ez átlagos értékeknek egybehasonlítása által igyekeztem kiismerni. Kijegyeztem e végből 1877-ben azokat a napokat, a melyeken a levegő nyomása, az előbbi nappal szemközt jelentékenyen csökkent, valamint azokat is, a melyeken a barométer oszlopa fölhágott, s összehasonlítottam az e napokon észlelt szénsav mennyiségeket a talaj 1 méter mély rétegében, a megelőző nap szénsav adatával. Az összesen 463 elemzésből vont átlag azt mutatta, hogy a *kénese sülyedésénél a négy vizsgálati állomás közül három növekedést mutatott, s csak egy sülyedést*.

Ez a tapasztalás megerősíti ismét azt, a mit *Vogt* fennebb idézett munkájában állított, hogy t. i. a lég súlyának csökkenésénél a talajlég kitágul, s ez által a mélységből fölfelé áramlik; a felületesebb (1 méteres) talajrétegben a szénsavnak szaporodása ugyanis éppen bizonyítja, hogy a mélyebben fekvő szénsavdúsabb talajlég a magasabb talajrétegbe jutott. Ki kell azonban emelnem, hogy a szénsavnak ez a szaporodása a barométer esésénél csakis a tömeges észlelésből vehető ki. Ha ellenben egyes esetekben vizsgáljuk a barométer ingadozását s a talajbeli szabadszénsav magatartását, elég gyakran nélkülözni fogjuk a kettő között az összefüggést.

A lég súlyának emelkedésénél valami határozott tendenzia a szénsavnak szaporodására vagy fogyására nem volt észrevehető; a légnyomás növekedésénél — ugyanis — éppen annyi esetben tapasztaltam növekedést, a mennyiben fogyást. A *barométer ingadozás egyáltalán csak igen másodrendű befolyással bír a talajlég szénsavára, és így a talajlégnek áramlására is*.

Az eddig megbeszélt természeti ható erőkn kívül mások is befolyhatnak a talajbeli szabadszénsav ingadozására. Ilyen erő a *melegségnek folytonos változása a légkörben*, s ennek befolyása a *talajlég áramlásaira*.

A talajlég áramlásai.

Mindenki jól tudja, hogy a talaj nem követi a levegő melegségének ingadozásait, — ezektől elmarad. Fölötte ritka eset az, ha a légkör s a talaj melegsége csak rövid időn keresztül is egymással teljesen megegyeznek. Rendesen majd a körlég hidegebb, majd a talaj, s ezzel együtt a benne foglalt levegő. Nem is kell sokat bizonyítanom, hogy e hő-egyenlőtlenségnek az a természetes következménye, hogy a talajlég soha sem maradhat nyugodt, mozdulatlan, hanem folytonos áramlásokra kényszerítettetik. Ezek az áramlások pedig egyik legfontosabb tényezői a talajbeli szénsav gyors ingadozásának, a mennyiben áramlás közben majd a mélyebb talajrétegnek szénsavdúsabb levegője emelkedik föl a magasabbakba, s ezeknek szénsavát növeli, majd ellenkezőleg a felületesebb, szénsavban szegényebb légrétegek töltik el a talajt nagyobb mélységekre, sőt ez áramlás közben a talaj egyik helyéről a másikra is elszállíttatik a szénsavban gazdagabb vagy szegényebb talajlég.

Physikai törvények alapján ez áramlásokat bizonyos rendszerbe is foglalhatjuk. Általán véve a talajlég arra fog áramolni, a hol csekélyebb nyomásnak van kitéve. A körülmények különbözősége szerint egész serege a különböző légáramlásoknak jöhet létre ennek alapján. Vegyünk közülök néhány fontosabb áramlást szemügyre.

A legjelentékenyebb s legáltalánosabb áramlást azon évszak fogja létrehozni, az az idő, a mikor a talaj s a légkör közötti hőkülönbség legnagyobb: az ősz és a tavasz. Ősz idején és télen is a talaj meleg; a benne foglalt meleg és gőztelt levegő igen könnyű, míg vele szemközt a lehűlő szabad levegő súlyos. Utóbbi be fog nyomulni tehát a talajba, míg ennek a levegője másutt föl fog szállani a szabadba. Fölötte komplikált áramlások jönnek így módon létre. Valamely

szabad, hűvös helyen benyomúl a levegő a talajba, míg a talajlég innét a legközelebbi védett és melegebb helyen föl száll; fölszáll pl. a melegebb épület belsejébe; fölszáll az épület déli, melegebb talajú oldalán, míg az éjszaki oldalon a tiszta levegő a mélységbe süllyed. Ily módon jöhet létre a háznak talajléggel eltöltése őszi, s más időben is, — ily módon jöhet létre az, hogy valamely délnak fekvő udvar eltelik őszi talajléggel, míg az éjszaki fekvő nem.

Ugyanez úton őszi és télen az emelkedettebb helyek felé áramlik a talajbeli levegő, míg a mély fekvésűeknél a mélységbe nyomul a hideg körlég.

Más mozgást fogunk tapasztalni tavaszkor, úgyszintén nyár elején, s nyáron is, a mikor a talajlég hidegebb, súlyosabb, mint a szabadlevegő. Ez a súlyosabb levegő igen kevésbé lesz hajlandó fölfelé áramolni a szabadlevegő közé, inkább arrafelé fog süllyedni súlyánál fogva, a hol mélyebb helyet foglalhat el. Eltölti a mély fekvésű helyeket, míg a magasabbak óva maradnak előle; beáramlik a mélyen fekvő pinczékbe, míg a magasán fekvő mentve marad. Hasonló, csak hogy szűkebb körű áramlásokat fog létrehozni az éjjelnek s nappalnak egyenlőtlen melegsége, valamint az az ingadozás, a mi a különböző napoknak melegségében észlelhető.

Az éjjeli hűvös levegő kicsinyben ugyanazt a levegőmozgást segíti elő, a melyet az őszi időjárás nagyban létrehoz. Éjjel a szabadlevegő ott, a hol a talaj szabad s lehül, a földbe benyomul, — míg helyette a melegebb talajlég a födött, melegebb helyeken fölemelkedik. Nappal a talaj hűvösebb; ilyenkor kevésbé hajlandó a benne foglalt levegő a kiáramlásra; a mélyebben fekvő helyek felé süllyed inkább a talajlég ilyenkor, s ezeket kitölti.

Lehet mondani, hogy partialis áramlások jönnek létre a talajban majd minden lépten-nyomon. Itt egy fa árnyékolja a talajt, mellette a kőkerítés délfele néző homlokával fölmelegíti azt: ott a mélybe sülyed a hűvösebb levegő, itt fölfele áramlik a talajlég; de maga az a fal ellentétes áramlásoknak támasztói: éjszakai oldalán lefele sülyed a levegő, míg a délin fölfele száll, stb.