



Estat actual del problema dels fertilitzants (*)

per M. VIDAL DE CARCER i A. ORIOL I ANGUERA

I.—De roca mare a solució electrolítica

Dos mots d'història

LA crosta superficial de la terra s'estudiava abans, com si fos un suport de la planta que al mateix temps li proporcionava els elements fèrtils indispensables per al seu desenvolupament. Tal era l'estudi de l'Agrologia.

Totes les energies dels tècnics en Agronomia es concentraven amb el fi de teoritzar sobre les substàncies fèrtils en el sentit agrícola.

Així veiem escórrer totes les planes de les «Geòrgiques» de Virgili (1), parlant principalment del que ell anomena «principis de la fertilitat».

Una herència d'aquesta cultura són les teories alimentàries de Bernard de Palissy (2), que en el segle XVI referma la forta significació que tenen els agents minerals o inorgànics considerats com a agents de nutrició vegetal.

Cató i Columella (3), defensant una tesi completament oposada, deien que els principis de la fertilitat agrícola es trobaven en la matèria orgànica. I ja tenim els dos fronts de combat que serveixen per a escriu-dassar-se i forjar teories.

El segle XVII, fortament influenciat per Olivier de Serres (4), hereu de B. de Palissy, creu sobretot en la matèria mineral.

En el segle XVIII no s'avança gaire com no sigui revaloritzant el paper que a la matèria orgànica atribuïen les publicacions de Varró,

(*) Per posar al dia el problema de la «fertilitat del sòl» estudiarem en dos números successius els dos apartats més fermes d'aquest problema. Vegi's el núm. 3 d'aquests «Arxius».

Cató i Columella. Però, a partir de Fabroni, l'any 1870 (5), és quan es dirigeixen les teories cap a un sentit definitiu, i és el d'atribuir a l'humus un paper exclusiu com a proveïdor dels elements fertilitzants de les plantes.

Els descobriments de Priestley (6) i Lavoisier (7), recolzen les experiències de Liebig (8), el qual ressuscita la teoria de la fertilitat mineral i, amb demostracions contundents, enderroca la teoria de l'humus per entronitzar amb el mateix exclusivisme els elements inorgànics considerats com els veritables agents de la fertilitat agrícola.

Liebig va aconseguir el que es proposava: Enderrocar la teoria de l'humus que s'havia entronitzat amb certa arrogància. Vegem en la forma que exposa el seu punt de vista en «La Chimie dans ses rapports avec l'Agriculture et la Physiologie».

«Totes les plantes es nodreixen d'aliments inorgànics o minerals. El vegetal viu d'àcid carbònic, d'aigua, d'amoniac, de nitrats, d'àcid fosfòric, d'àcid sulfúric, d'àcid salicílic, de calç, de magnèsia, de potassa, de ferro; algunes plantes exigeixen sal.»

«Els fems, els excrements dels homes i dels animals no actuen directament sobre els vegetals pels elements orgànics que contenen, sinó indirectament pels productes de llur descomposició i putrefacció, és a dir, després d'haver transformat el seu carbó en àcid carbònic, el seu nitrogen en amoniac i àcid nítric. Així, doncs, els fems podríem substituir-los per una combinació mineral semblant a la que resulta de les transformacions que s'esdevenen en el sòl.»

Seria injust de no dir que aquesta situació claríssima de Liebig, que tenyeix gairebé tot el segle XIX, va ésser cimentada a començaments de l'esmentat segle per Th. Saussure (9), i més endavant per Lampadius (10). Això, però no treu ni mica d'importància a l'obra formidable i definitiva que l'any 1810 predicava el deixeble predilecte del baró de Thenord, Just de Liebig.

Veiem, doncs, que tota l'activitat dels agròlegs, fins ben entrat el segle XIX, és dedicada a precisar si té més importància, en la noció de la fertilitat de la crosta superficial de la terra, la matèria inorgànica o bé l'humus. Al costat d'un temps en què es considerava el vegetal proveït d'aparells específics capaços d'arrencar del sòl les matèries útils al seu creixement, en veiem sortir un altre en què hom defineix l'humus com a element primordial per al desenvolupament de les plantes fixades al sòl; més endavant torna a renéixer l'entusiasme per la matèria mineral en desprestigi de la matèria orgànica i és Liebig l'encarregat de fer trontollar tota l'obra de Fabroni.

Com sempre passa, els extremistes s'aplaquen. L'efervescència de l'entusiasme fa vessar tot allò que la fantasia hi posa de més, i resta al fons la solera aprofitable. És tot el que acostuma a quedar d'una teoria, diu Turró (11); un estrat que sedimenta damunt dels anteriors i poc a poc s'enforteix per a servir de ciment o de paret que recolza la disciplina d'aquella ciència.

En ple segle XX «l'estrat sedimentat» és aquest. Tal com havia afirmat Liebig, la matèria mineral té una gran transcendència en la fertilització vegetal. Fabroni ja havia previst que l'humus juga un paper molt fort i de gran significació en aquest problema.

Elements fertilitzants

Hom descriu quatre elements considerats com a agents de primer rengle en el concepte de «fertilitat».

Nitrogen.

Calci.

Potassa.

Acid fosfòric.

Darrerament hom hi afegeix l'àcid sulfúric i alguns cations com el magnesi i el ferro.

Ahir i avui segueix en peu el mateix criteri prop de la transcendència d'aquests elements. Tots ells es troben en concentració en el residu sec de la composició centesimal dels vegetals.

Si entre les cendres resultants de la combustió d'un vegetal hi busquem la proporció de matèries fixes, trobarem que el 80 % està integrat per P_2O_5 i K_2O . En menor quantitat segueix el CaO i molt després el Mg i el S .

Entre la part combustible del vegetal s'hi troba en gran proporció el N .

Això són fets d'una constància tan absoluta que inviten a fer una afirmació categòrica sobre la transcendència de cada un d'aquests elements.

Però encara es demostra més exactament la seva transcendència si analitzem cada cas per separat.

Fòsfor.

Si fem assaigs amb medis líquids desproveïts de P , o bé de medis arenosos mancats únicament d'aquest element, veurem que, després d'esgotar-se la reserva que tenia la grana, comença la «fam de fòsfor» manifestada per la llangor de la planta que difícilment pot fer un desenrotllament rudimentari.

Si afegim la corresponent proporció d'aquest anion fosfòric, s'incrementa gairebé la meitat més (un 40 %!) el rendiment de l'experiència.

Les experiències de Lundergardh (12) aporten que les necessitats de la planta en fòsfor passen per dos màxims, un en començar el cicle vegetatiu i un altre en acabar-lo.

Així mateix, Brencheley (13) recolza aquesta afirmació amb experiències que demostren la influència del P_2O_5 en la formació del sistema radicular.

Les recerques de Lebrum i Radet (14) demostren clarament, que la presència del P_2O_5 afavoreix i escursa el període de la maduració, al revés del que s'esdevé amb el nitrogen que perllonga la fase vegetativa.

Potassi.

La forta quantitat centesimal de K_2O que contenen tots els vegetals és un exponent d'una transcendència fàcil d'endevinar.

Ynosemzew (15) ha demostrat experimentalment que el potassi té una gran transcendència biològica difícil de substituir per cap altre cation, àdhuc pel mateix sodi, amb el qual tants punts de contacte posseix.

Això fa parlar d'una *fam específica* de potassi que es manifesta fins en l'activitat foliar del tipus assimilatiu. Sense cap mena de dubte, el potassi incrementa la funció glicosintetitzadora fins al punt d'haver-se considerat com un col·laborador indispensable de les radiacions espectrals. Sembla que la presència d'aquest sensibilitza la seva funció glicosintètica i per això Russell (16) el considerava eficaç en llocs de poca insolació, i Eckstein (17) hi troba una forta compensació del tipus francament experimental.

Així mateix intervé en la formació dels pròtids i encara Combes (18) precisa la seva forta significació en els processos de migració durant el decurs de la maduració en les gramínies.

Meckenschlager (19) primer, i Ravaz (20) després, han demostrat la forta transcendència del potassi posada de relleu per la seva absència en els cultius artificials. La manca d'aquest element es deixa sentir organolèpticament per una especial pigmentació de les fulles les quals arriben a presentar un típic esgrogueïment dels caires i puntes, al compàs d'un migrat creixement i d'una fructificació rebordonada.

Calci.

Fa gairebé 20 anys que Maquenne i Demoussy (21) demostraven experimentalment la importància del calci en el desenrotllament normal del sistema radicular i en els processos de migració.

Més endavant Larson (22) demostra la seva especial influència en la formació de grops i en el creixement de les lleguminoses.

Demolon (23) fa notar el seu paper antitòxic, i és ben conegut el seu paper com a element antagònic que en totes les branques de

K

la Biologia ha obligat a fer el quocient — de forta transcendència
Ca

funcional.

Bougy (24) i el mateix Molliard (25) fan ressaltar la relació del Ca. amb la quantitat de sucre acumulat; relació inversa i de gran transcendència metabòlica.

Nitrogen.

Apuntar la transcendència d'aquest element seria gairebé inoportú. Indicar les seves funcions seria equivalent a resseguir una per una les manifestacions de la Biologia en el sentit més ampli.

Per tant, queda ben assenyalada la forta significació que tenen els elements dits «fertilitzants». Ahir i avui són considerats de primer rengle, quantitativament i qualitativament. El ressò que hom els atribueix el veiem ben justificat.

Una aportació moderna i transcendental

Amb tot i això quelcom referent als elements fertilitzants ha evolucionat considerablement, i és:

- 1.^a L'explicació de la seva presència en els sòls naturals.
- 2.^a El mecanisme fisiològic del seu desplaçament.
- 3.^a El procés íntim de la seva incorporació als vegetals.

Per esclarir tots aquests processos, que enclouen la veritable intimitat de la nutrició vegetal, cal que parlem d'una aportació recent a l'Agrologia que és l'«Edafologia», també anomenada «Pedologia» o «Ciència del sòl».

Ciència del sòl

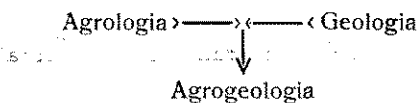
En començar aquest segle encara no s'havia formalitzat tot un cos de disciplina que ja avui és robust i fructífer. Ni menys no s'havia

iniciat. Tal és l'Edafologia. Es tracta només d'una de les branques més transcendents de la Biologia i d'aplicació utilíssima a l'Agricultura.

Abans que aquesta disciplina sentés carta de naturalesa, el sòl no interessava com a sòl, és a dir, com a element que evoluciona amb una individualitat definida, sinó que simplement es considerava com un ciment estàtic de la superfície, del qual arrenquen els vegetals. Això era tot. Per això hom es limita a estudiar la crosta més superficial del sòl. Per això hom no es formula la següent pregunta: Per què els meus avantpassats no cultivaven els mateixos vegetals que jo?, o bé: Els fills dels meus fills podran cultivar el mateix tipus de plantes que jo?

Els geòlegs, per contra, s'han situat al camp oposat dels agrònoms. Aquests, massa pragmàtics, i aquells, massa poc.

L'estudi geològic del terreny comporta l'evolució d'aquest a partir de la roca dura (*), i així els geòlegs estudien les transformacions que suporta la roca mare, com es desfà el granit dur d'un estrat rocós, com es metamorfoseja la sílice mineral d'un feldespat fins a tornar-se arena insoluble, etc. Però, per contra, als cultivadors d'aquesta disciplina mai no els ha interessat l'aspecte útil que, d'aital evolució, en pot treure l'agricultor. Els laboratoris de Geologia no obrien les portes a l'Agronomia, però aquesta tampoc no anà a demanar-li almoïna. I amb tot, l'una era el complement natural de l'altra. L'associació d'aquestes dues unitats va fer un maridatge; la filla solament podia dir-se Agrogeologia.



Per poder precisar el benefici d'aquesta associació caldrà que remarquem més l'un i l'altre progenitor.

L'agricultor pur es limita a estudiar la fertilitat del gruix del terreny on planta les llavors, és a dir, de l'horitzó més superficial dels diferents estrats d'un perfil. No li interessen les capes profundes ni la roca. Per això desconeix l'abast de «l'evolució dinàmica» del sòl, car aquesta es troba fortament lligada amb la sort dels estrats profunds.

L'agrònom distingeix el «subsòl» que no és res més que una capa teòrica de sòl on aquell admet que recolza la terra de conreu.

(*) La geologia també té un aspecte estàtic que s'anomena Geologia litològica.

Per a l'agricultor no hi ha problema d'evolució. Si un terreny és pobre en substàncies fèrtils és perquè les hi ha pres la llavor darrement sembrada. Es qüestió d'adobar en el sentit de restituir-li allò que ha perdut.

En canvi, el geòleg prou sap a bastament que el terreny es troba en constant evolució. Fins les roques més dures cedeixen poc a poc els seus elements a l'embat del vent, de l'aigua i d'altres manyagueries del medi.

Així, doncs, el geòleg sap que la composició del sòl tradueix un moment dinàmic i estàtic que només interessa al temps de fer-lo. Hom no sap com era ahir ni pot dir si demà serà igual. Es una resultat en contínua evolució. Per conèixer el seu trajecte s'han d'estudiar totes les variables.

Però al geòleg no li interessa el moment de la metamòrfosi en què el sòl serà més idoni amb l'agricultura, ni tampoc quins són els problemes d'adaptació que hi ha entre aquella i aquesta evolució.

Els agrogeòlegs, que posen una disciplina al servei de l'altra sense perdre mai de vista la significació altament agrícola que pot tenir cada moment d'aquesta evolució dels sòls, en 1909 celebren a Budapest el primer Congrés Internacional d'Agrogeologia.

A l'any cabal, es va realitzar un segon Congrés d'on va sortir la publicació «Internationale für Bodenkunde».

Va estroncar-se aquesta activitat amb la Gran Guerra per tornar a aparèixer, l'any 1922, sota la denominació actual de «Ciència del Sòl» i amb una nova organització que articulava les comissions de tècnics de cada especialitat encarregats d'informar. L'òrgan d'expressió que vivificava tota aquesta tasca va sortir des d'aleshores publicat en cinc llengües. Les sis palanques convenientment articulades en altres tantes subcomissions afectaven les especialitats següents:

- a) Estudi mecànic i físic del sòl.
- b) Estudi bacteriològic del sòl.
- c) Estudi de la fertilitat del sòl.
- d) Estudi químic del sòl.
- e) Estudi de la classificació, cartografia i nomenclatura.
- f) Estudi de l'edafologia aplicada a la tècnica agrícola.

Abast de la Ciència del Sòl

Abans de tot interessa no confondre el sòl considerat sota el punt de vista edafològic, amb el sòl que s'estudia agronòmicament. Cal

remarcar que el primer estudia el sòl natural, és a dir, sense haver estat tocat per cap afer agrícola ni industrial. Estudia el sòl verge sense haver sofert cap manifestació agrícola. En aquest sentit estudia tots els horitzons i l'evolució del conjunt. Igualment interessant és el primer nivell que el darrer. En canvi, el sòl que travessa la fase agropèdica, s'estudia des d'un altre punt d'albir. Tan sols interessa un horitzó—el més superficial—que és una mena d'artifici, barreja d'adobs i manipulacions fetes per l'home.

L'Edafologia estudia tot un perfil integrat per tots els seus horitzons.

L'Agrologia estudia un nivell transformat per activitats antropogenètiques.

Més encara; quan s'estudia una fase agropèdica del sòl s'acostuma a parlar del «sòl» i «subsòl». De cap manera no es tracta de dos horitzons. Les més de les vegades, pot ésser un sol horitzó que compregui les dues denominacions. D'altres, tot a l'inrevés; solament la capa de conreu pot tenir més d'un horitzó.

Així, doncs, l'estudi del sòl natural és el que hom embesteix en sana edafologia; l'estudi agropèdic en sentit utilitari és el que s'estudia en agrologia.

Remarquem la importància que té l'Edafologia posada al servei de l'Agricultura. Damunt un mapa que ens tingui classificats els sòls sota el punt de vista edafològic, l'Agricultura pot esdevenir altament profitosa, car aquella ens diu no sols el present del terreny, sinó les possibilitats del futur. Ens diu quin terreny hem de treballar, i «com» l'hem de treballar perquè es torni tan profitós com sigui possible. Ens diu quines possibilitats evolutives el poden tornar d'un matís o d'un altre segons les contingències a què estigui sotmès, ens diu, en fi, la naturalesa constitucional del terreny i la raó d'aquesta constitució.

Assagem de fer una metàfora per fer més entenedor el concepte. Quan el metge estudia una malaltia no fa més que analitzar una fase del malalt. Però davall d'aquell malalt hi ha una *constitució* específica, més o menys independent de la malaltia, que podrà explicar bona part dels símptomes. Es més, aquella mateixa malaltia posada en altres individus amb diferent constitució podrà donar lloc a un síndrome diferent. Els mateixos metges en diuen «terreny» d'aquesta constitució bàsica que condiciona la major part de les reaccions orgàniques, de la qual el profà en diu «naturalesa».

Segons la naturalesa que un té, evolucionen les malalties en un sentit o en un altre. Això equival a dir, segons la constitució, el tem-

perament, el terreny, etc., hi haurà una reacció simptomàtica determinada.

Heus aquí ben clara la comparació. Quan s'estudia un sòl sota el punt de vista edafològic, hom va a la recerca del temperament, de la constitució d'aquell organisme que va parir la roca mare. Quan hom estudia l'Agronomia no fa més que estudiar un accident passatger d'aquell terreny. Si no coneix el temperament, mal podrà tractar amb pertinència les necessitats agropèdiques que manifesti aquella fase utilitària del terreny.

De la mateixa manera que el metge per conèixer la constitució del seu malalt recerca els antecedents dels seus avantpassats, fins a trobar tota l'evolució genealògica, així també l'edafòleg, cerca els estrats que estan per davall dels nivells superiors fins a arribar a la matèria matriu de la roca mare. Ells ens explicaran els motius d'una determinada evolució. Ells en donaran la raó d'una eventualitat que de bell antuvi podia semblar inexplicable.

Per això cada dia s'arrapa més fort la necessitat, en un camp i a l'altre, de fer l'estudi previ d'una manera sistemàtica. Els metges d'avui dia reaccionen en pro d'aquest sentit dient: «Cal estudiar malalts i no malalties», i els agrònoms que vulguin estar en plena consciència del terreny que volen fer rendir han també de dir:

«Cal progressar en Edafologia si hom vol fer evolucionar l'Agricultura».

Dinàmica del Sòl

D'aquestes primeres dades ja n'haurà ressaltat un concepte: amb tot i això, però, el volem posar encara de més relleu. L'aspecte dinàmic del sòl.

Sabem que el sòl prové de la influència de processos atmosfèrics i tellúrics, adés inanimats, adés animats. És fàcil de comprendre que mentre existeixin aitals factors, el sòl anirà evolucionant progressivament, i si l'aigua freàtica, per exemple, per mitjà d'un procés hidrolític lent i persistent ha lograt descompondre els silicats d'una biotita, aquests silicats sota la influència de l'aigua atmosfèrica poden perdre el seu metall bàsic i substituir-lo per hidrogen, i així progressivament donar lloc a diferents elements més o menys complexos.

El sòl està, doncs, en contínua evolució. En perpetu dinamisme; per això Demolon no vacilla a individualitzar-lo en aquest sentit, fins a l'extrem de parlar del «Metabolisme» del sòl. Creu Demolon, que no resulta abusiu parlar del metabolisme intern del sòl, car així se li

dóna un caràcter més adient a la tendència del moment. I d'aquesta manera sembla més un organisme natural que forma part integrant de les Ciències Biològiques naturals.

Aquest aspecte dinàmic, justament és el que ha donat a la Ciència del Sòl una certa personalitat definida i distinta de l'Agronomia. Però, al nostre entendre, aquesta individualitat de què està revestida aquesta ciència no pot isolar-la dins una estreta autonomia purament especulativa, sinó que l'ha de transformar en una plataforma d'on han d'arrancar les més fructíferes aplicacions a la veritable Agricultura.

Així, doncs, ens serà fàcil distingir una sèrie d'etapes successives dins l'evolució del sòl i així com en les altres evolucions de tota entitat natural distingim el naixement, l'exuberància i la declinació, així també dins el cicle evolutiu del sòl podrem apreciar aquestes modalitats.

Les primeres etapes de la formació del sòl s'anomenen «premaures». Un sòl serà prematur quan considerat dins el seu cicle evolutiu encara no ha arribat a la seva plenitud. Quan arribi al seu òptim de desenvolupament o màxim evolutiu es diu «madur». A partir d'aquest moment tindrem els sòls «pòstums».

Sigui, per exemple, una roca encara viva sense terra tova al seu damunt. Llavors tenim la primera etapa dels sòls prematurs. L'etapa següent serà manifestada per un sòl on predomina la roca no transformada, i tindrem una etapa esquelètica que donarà lloc a una altra de transició encara prematura. Així poc a poc s'evoluciona cap a la plenitud evolutiva. Passada aquesta, s'inicia la involució i sota els efectes destructius que comporta el cicle, pot tornar a aparèixer una etapa esquelètica on a conseqüència de veritables decapitacions o erosions naturals, s'ha escombrat l'horitzó superior i apunta de bell nou la zona rocosa. Cal fer notar aleshores que aquella etapa esquelètica és pòstuma i no prematura, i d'aquest fet hom podrà deduir fàcilment quina serà l'etapa successiva.

Paral·lelament, els geobotànics han estudiat també una evolució natural de la vegetació del sòl, i així han distingit un període inicial, un màxim biològic i una decadència denominats successivament, període preserial, clímax i subserial.

Fem notar que no sempre coincideixen els dos cicles. Pot ésser molt bé que una etapa de vegetació subserial s'assenti en un sòl madur i és relativament freqüent en la muntanya que damunt d'un sòl prematur s'assenti una vegetació clímax.

A cada tipus de sòl i a cada moment podem definir una etapa del seu cicle evolutiu.

Endodinamòrfia i exadinamòrfia.—Seria per demés llastimós confondre l'etapa d'un sòl amb la fase d'aquest. Aquesta no té un cicle, ni és evolutiva. Depèn de la geologia (fase oropèdica al terreny muntanyós), de l'artifici humà (fase agropèdica al terreny cultivat cap a un fi utilitari), i del mateix clima.

Es ben fàcil de comprendre la influència del clima vers el tipus de sòl, car aquest es troba situat entre l'atmosfera i la litosfera i com a tal podríem dir amb Demolon que és una resultant de l'una i de l'altra.

No hi ha dubte que la personalitat del sòl depèn principalment de la base geològica d'aquest, però, cal no oblidar que tota la seva evolució està regida per factors atmosfèrics, per una banda, i tellúrics, per l'altra. Per això, segons els països, veiem predominar en les classificacions una tendència climatèrica o una tendència tellúrica. En el primer cas hom classifica els sòls de conformitat a les zones climatèriques i a les cartes metereològiques. Hom sent parlar d'un sòl sec o d'un sòl humit, com si tot el seu dinamisme, tota la seva evolució, fos conseqüència del clima. En el segon cas sembla només digna d'atenció la base geològica on recolza el sòl.

Les dues són transcendents i de llur interferència en surt aquest equilibri dinàmic que és el sòl; amb tot unes vegades predomina més un factor que l'altre i així veiem que a Rússia, per exemple, la distribució de les zones es troba talment agermanada amb el clima i la latitud, que hom podria fer una carta dels sòls sense atendre més que a l'estratigrafia d'aquest. Per això ells, en classificar, utilitzen una terminologia que fa ressò al clima: sòl àrid, tropical, sec, temperat, etc.

Però, si d'aquest punt de partida en volguéssim generalitzar una llei que digués, «a tal clima li correspon tal sòl» cauríem en un fracàs rodó, puix que toparíem amb països com el nostre, on un mateix clima comporta distintes tonalitats, perquè en el dinamisme de la seva evolució influeix predominantment la part geològica.

Sota aquest punt de vista nosaltres dividiríem els sòls en:

1.—Endodinamorfos

2.—Exodinamorfos

segons que les influències tellúriques o les atmosfèriques hi aportessin la major influència, o, si volem, el to evolutiu del sòl en qüestió.

Macrodinamisme i microdinamisme.—Acabem de veure que el sòl considerat globalment, està subjecte a una evolució, a una mena de

cicle que constitueix la seva història. A aquest dinamisme que regeix el seu camí l'anomenarem Macrodinamisme perquè afecta tot el sòl indistintament.

Al costat d'aquest en distingirem un altre que afecta la intimitat del sòl i només toca les capes o nivells en contacte directe o indirecte amb la vegetació.

Una de les principals adquisicions que ha fet l'estudi modern de l'Edafologia és la de precisar la importància dels col·loides, els quals constitueixen la part activa del sòl. Es, mercès a ells, diu Demolon (26), que el sòl, s'apropa i identifica amb els altres medis biològics.

Veurem més endavant que allò que més interessa dels elements essencials, del sòl, inclús dels anomenats de la fertilitat, no és la major o menor quantitat que en contingui el sòl, sinó la major o menor assimilabilitat d'aquests.

Veurem també que de cada element n'hi ha una quantitat total i una quantitat activa i veurem, en fi, que el que interessa no és la primera, sinó la facilitat amb què hom pugui passar de l'una a l'altra.

Aquest aspecte dinàmic que encara no havíem encetat és fàcil d'endevinar que és el que regeix l'intercanvi d'elements nutritius a nivell del vegetal, millor dit, el seu règim alimentari. I, diguem-ho d'un cop, està principalment regit per la presència d'aquests components que es troben en estat col·loidal.

Nosaltres anomenarem microdinamisme als processos que regeixen el grau de mobilitat de certs elements essencials. Això ens acaba d'acreditar el sòl com un equilibri dinàmic. D'aquest dinamisme en sortiran les principals funcions abans atribuïdes a simples valoracions quantitatives i, com a tals, estàtiques.

Dinàmica dels elements fertilitzants.—Aquí hem de precisar dos períodes diferents corresponents al mateix cicle.

El primer ens ha d'escatir el pas des de substància lapídia fins a solució molecular o electrolítica.

El segon és el pas des de solució electrolítica fins a la incorporació definitiva al vegetal.

El trajecte definitiu és així:

Roca mare → Solució electrolítica → Plasma cellular.

Avui està plenament demostrat que el plasma cellular no sap aprofitar cap element mineral ni orgànic procedent del sòl si prèviament no es troba desfet en solució molecular o electrolítica.

1) *De roca mare a solució molecular*

Per conèixer empíricament la relació estricta que hi ha entre la naturalesa de l'estat oropèdic i la major o menor riquesa d'elements fertilitzants, n'hi ha prou de fer l'anàlisi repetida dels diferents extrems de sòl i comparar-ne els resultats.

Aquests extrems seran més o menys rics en elements químics deis que cerquem, segons el coeficient d'acidesa que tingui la substància esmerçada per a fer la digestió.

Teòricament podem extreure, per exemple, tota la potassa d'un sòl, però, és evident que haurem d'esmerçar àcid clorhídric, sulfúric o algun altre anion, d'una constant de dissociació tal, que pugui arrencar tots els cations per ferma que sigui la seva llaçada. Però, és evident que en la dinàmica del sòl mai no trobarem mecanismes semblants.

Per aquesta raó es tendeix a unificar els mètodes de digestió i avui gairebé es pot dir que hom només fa :

Digestions aquoses.

Digestions clorhídriques, i

Digestions nítriques.

La quantitat de potassa o de calci que trobem en un sòl no té cap sentit si no afegim la tècnica seguida per a portar a cap l'extret líquid del sòl a analitzar.

Quan volem fer dosatge químic comencem, doncs, per fer un extret, uan digestió, en fi, una *solució* del sòl. Ni més ni menys que el que fa el sòl en la seva dinàmica natural per tal de poder donar a les rels vegetals, solucions riques en substàncies alimentàries.

Anem a veure cas per cas.

Acid fosfòric

Com tots aquests elements minerals, prové de la roca mare. Allí es troba en combinació ferma i per tal es pot dir que és inert i sense cap condició d'assimilabilitat.

A més, si pel que fa referència a la planta aquests compostos fosforats són inassimilables, respecte la química més elemental, hem d'afegir que són insolubles. Així, doncs, cal esclarir el mecanisme de transformació a l'estat soluble i això serà equivalent al seu moment assimilable, puix que ja hem dit que l'assimilabilitat condiona prèviament la dilució en solució molecular i electrolítica.

D'entre aquests compostos fosfòrics destaquen complexos de calci, magnesi, ferro i alumini, i d'entre ells a primer rengle el fosfat tricàlcic.

Aquest fòsfor té una solubilitat de 0,0007 gr. per litre d'aigua pura.

Es a dir, que per a dissoldre un gram de fosfat tricàlcic caldrien prop de 1.500 litres d'aigua i això no pot conciliar-se amb les dades agrològiques que ens diuen que una collita normal de blat pren uns 100 quilograms de P_2O_5 per hectàrea. No oblidem que la planta sols pot assimilar allò que es troba en solució; així, doncs, caldria més de 150 milions de litres d'aigua per hectàrea per suportar el fosfat que ha assimilat aquesta gramínia.

Stoklasa (27) ha demostrat que el pas des de compostos fosfòrics inerts a solubles i assimilables es feia mercès a un agent microbià mal definit.

Aquestes experiències foren fetes amb fosfats de la Florida i sembla poder-se precisar fins ara que els productes resultants d'aquesta intervenció microbiana són compostos fosfoorgànics mal definits. També sortiria un xic de fòsfor lliure, però no es coneix un sol moment de la gradació d'aquestes transformacions ni l'abast d'aquests productes en la nutrició vegetal.

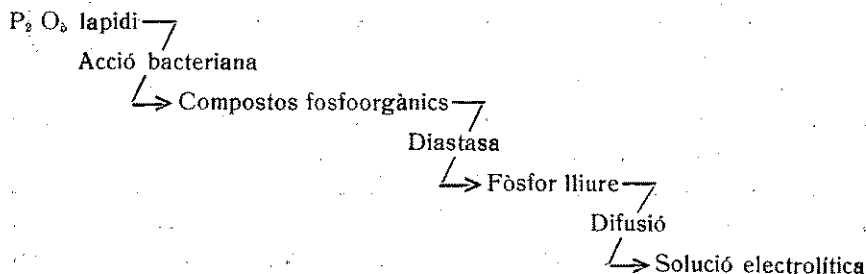
Sembla, però, que el veritablement actiu seria aquest fòsfor lliure.

Els compostos fosfoorgànics serien simplificats en virtut d'una hidròlisi portada a cap per una diastasa precisada pel mateix Stoklasa.

Aquesta degradació hidrolítica podria tornar aprofitable tot el volum de compostos fosfoorgànics alliberats per la intervenció microbiana.

En altre temps s'havia donat molta importància a la major solubilitat que ostenta l'anion P_2O_5 enfront d'una aigua carregada d'anhidrid carbònic a la pressió ordinària. Es evident que la solució passa de 0.0007 a 0.153, és a dir, que gairebé es torna mil vegades més soluble.

De totes maneres, el mateix Schloesing (28) demostra que aquest gas CO_2 no pot ésser un gran col·laborador en la dinàmica dels sòls normals atenent a la presència de bicarbonat càlcic associat al fosfat que conté el terreny.



Però, hem de reconèixer que aquesta solució electrolítica encara no respon a les necessitats de la planta. Resulta pobríssima fins a l'evidència, i així ho reconeix el mateix Stoklasa.

Veurem més endavant com té un sentit biològic l'assimilació fosfòrica si hi fem intervenir equilibris col·loïdals. El llenguatge nostre sortiria com a explicació físico-química del procés de l'assimilació, bastit damunt les experiències que portem fetes al Laboratori de Bioquímica de l'Escola Superior d'Agricultura. Però, això correspon al segon estudi d'aquest procés dinàmic; el que va des de *la solució fins al plasma cellular*.

Potassa

Es tracta d'un cation fortament alcalí perquè té una constant de dissociació elevadíssima, enganxi's amb l'anion que es vulgui.

Això li dona una fermesa extraordinària en les seves combinacions. Aquesta propietat dificulta la seva extracció a partir de la roca mare.

Es troba gairebé en totes les roques primitives i sovint en proporcions molt elevades.

Tota la potassa que absorbeixen els vegetals—que és molta—, prové de la que contenen els sòls—que és molt poca—. Així mateix, la potassa que contenen els sòls prové de la base mineral i primordialment de miques i feldespatos. Naturalment que tractem únicament dels sòls sota el punt de vista Edafològic, puix que sota el punt de vista Agropèdic l'adob és un artifici que acostuma a deixar potassa en combinacions halògenes molt més senzilles de diluir en solucions adequades. Tals són els clorurs de potassa, encara que també són utilitzats els sulfats entre els adobs potàssics d'importància.

Ara cal que precisem el camí seguit per la potassa per passar des de compost inert a solució molecular assimilable.

Gsamojlow (29) ha proposat una llei que parla de la relació que hi ha entre la velocitat amb què es desintegren i caolinitzen alguns minerals i la seva importància en la subministració de potassa assimilable.

Avui gairebé està precisada definitivament la cursa que fa la potassa per passar de compost passiu a element actiu. Sempre es faria en virtut d'una doble descomposició química que donaria lloc al carbonat com a element intermediari.

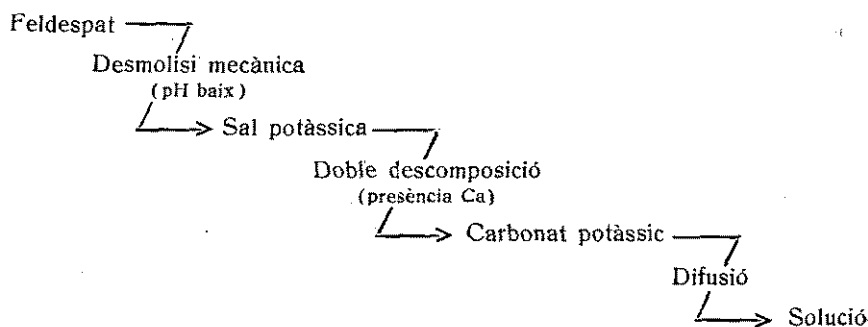
El problema de la potassa, en el que pertoca aquesta primera meitat de la seva dinàmica, és molt més clar que el del fosfòric.

Es comprèn fàcilment que la presència del calci en un terreny

facilita extraordinàriament la dinàmica de la potassa, àdhuc de la subministrada per via d'adobs. El calci, com veurem més endavant, pren la forma de carbonat càlcic que és el seu mecanisme normal d'emmagatzematge. Aquest carbonat càlcic reacciona amb la potassa i en surt el carbonat de potassa i una altra sal que té per anion el que havia subministrat amb el potasi i per cation el calci.

El carbonat potàssic constitueix l'element idoni per a la solució. D'entre tots els compostos encara és el més soluble i per això no cal que ens estranyem de trobar-lo constantment en el decurs de l'assimilació del potassi.

Per tant, la dinàmica que faria passar el potassi lapidi a soluble i assimilable, seria :



i no cal afegir que si l'anion que extreu la potassa de l'estrat rocós és l'anhidrid carbònic—cosa molt freqüent—llavors el primer esglaó ja és el carbonat potàssic, i per tant aquest cicle s'escurça una malla.

Per contra, en la potassa procedent dels compostos d'adobs això no s'esdevé mai perquè sempre s'acostuma a utilitzar nitrats, sulfats o clorurs, i totes aquestes sals hauran de sofrir la doble descomposició per tal d'alliberar l'intermediari obligat—carbonat potàssic—a partir del carbonat càlcic o d'un altre carbonat, o, en fi, del mateix carbònic sense saturació prèvia per un altre cation.

Un cop feta la dilució del carbonat, tenim la solució electrolítica que ha d'esdevenir del plasma celular. Veurem més endavant que en aquest segon esglaó del cicle, precisa també la intervenció dels col·loides com a vehicles intermediaris.

Calci

Veurem més endavant que té una forta significació en la segona meitat de la dinàmica de tots els altres fertilitzants, per intermedi dels col·loides.

La roca mare calissa el conté en grans proporcions. Pot arribar a constituir el 60 %. Aquesta proporció total, com en el cas de la potassa, és inservible com a substància alimentària, per tractar-se d'un element *inert* gairebé insoluble, i, per tant, inassimilable.

El calci inert es troba en forma de carbonat, algunes vegades sulfat i en menys proporció es troba també en roques silíciques, bàriques, i, en aquest cas, acompanyades d'altres cations.

Els dos elements primordials que intervenen en la dinàmica del calci són l'aigua i l'anhidrid carbònic.

L'aigua té una manifesta acció dissolvent sobre alguns components del calci, com el sulfat. Així veiem una ràpida transformació de l'anhidrita en gipso, per la senzilla intervenció de l'aigua. Es tracta d'una hidratació d'aquest tipus :



A mitjan segle passat Fournet (30) va demostrar experimentalment que l'aigua era molt més activa, sota aquest punt de vista, si contenia gas carbònic en dilució.

El gas carbònic arrenca de la roca mare diferents cations i d'una manera especial el calci. Llavors es forma un carbonat càlcic que és insoluble i es precipita en forma de carbonat neutre.

Amb tot, les dissolucions de sòls són força abundants en calci. Aquest carbonat neutre insoluble en aigua pura és més soluble en presència novament d'anhidrid carbònic com ho demostren les dades obtingudes per Schloesing (31).

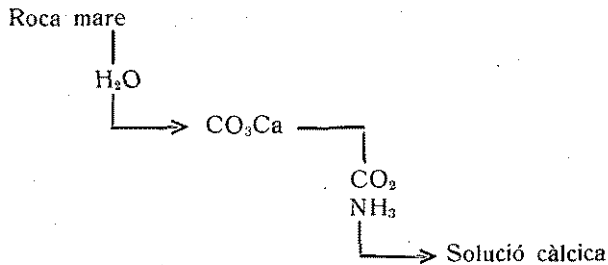
Pressió CO ₂ (ctm. Hg)	Dissolt CO ₂ Ca (En l litre d'aigua)
0.05	0.07
5.00	0.36
73.00	1.00

Potser hem estat massa rigorosos en dir que es tractava d'un compost insoluble, car sense la presència del CO₂ ja és dissol en la proporció de :

0.013 gr. per litre d'aigua a 10° C.

I encara aquesta solubilitat augmenta davant de sals amoniacals, i en canvi disminueix en presència de sals alcalines.

Per tant, el camí que segueix el calci per aquest tros de dinàmica és el següent :



La importància extraordinària que té aquest element l'estudiarem després en parlar de la seva dinàmica fins a ésser incorporat al plasma celular de la planta.

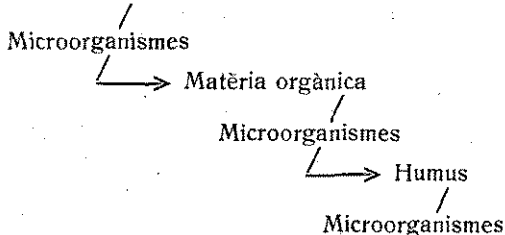
Nitrogen

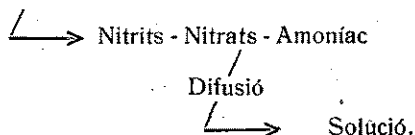
En indicar la importància d'aquest element no ens atrevirem ni a enumerar, a manera d'inventari, les seves funcions primordials. Cal dir només que és l'esquelet fonamental dels pròtids, i que els pròtids constitueixen el material on s'assenta la vida, igual en el regne vegetal que en l'animal.

Si preteníem resumir la seva dinàmica, per primera vegada, ens trobaríem que el punt de partida no és la roca mare. El nitrogen prové de la matèria orgànica. La matèria orgànica prové de la descomposició de les deixalles vegetals un cop mortés. Rels, tiges, fulles; tot plegat i en funció d'una determinada humitat, temperatura, sol, aire, pH i funcions bacterianes, sofreix una descomposició que donarà lloc a l'humus. Podríem afegir-hi encara la importació de l'àcid nítric i de l'amoniac amb l'aigua de pluja, però, en el curs de la dinàmica del nitrogen, podem dir que tot allò que s'esdevé, fins a obtenir un *compost mineral soluble* (de la solució del qual puguin nodrir-se els plasmes cellulars) està intervingut per una activitat microbiana múltiple i complexa.

Per la qual cosa una modalitat de l'expressió gràfica de la dinàmica del nitrogen seria :

Deixalles cel·lulars





També pot incorporar-se el nitrogen lliure de l'atmosfera, però, una vegada més ha d'intervenir l'acció de microorganismes. Per això ens sembla escaient un quadre sinòptic que resumeixi l'estat actual de la nitrofixació en funció d'elements vius, tal com l'entendem nosaltres, d'acord amb les darreres aportacions científiques.

Elements biològics que intervenen en la nitrofixació

De pH 12 a pH 6	B. lliures	rH alt	{ Azotobacter Chlorococum
			» Agilli
		rH mitjà	{ Ba. Asterosporos
			{ Clostridium Pasteuriaanium
		rH baix	{ Bacilus Amilobacter
	B Simbiòtiques		{ Rhizobium Leguminosorum
			{ Bacterium Radicicola
De pH 6 a pH 2	Micorrizes	Ectotrofes	{ En les espècies arbòcies.
		Endotrofes	{ En les plantes herbàcies.

Per qualsevolga d'aquests col·laboradors s'obté el nitrogen nítric, soluble i assimilable d'acord amb el mecanisme que descriurem en la segona meitat d'aquest cicle evolutiu dels elements fertilitzants.

LABORATORI BIOQUÍMICA
ESCOLA SUPERIOR D'AGRICULTURA

BIBLIOGRAFIA

- (1) Virgili, «Georgicas» B. K. I i II (a l'entorn 40 anys a. J. C.).
- (2) Bernard de Palissy, «Recepte veritable par laquelle tous les hommes de la France pouront apprendre a multiplier et augmenter leurs thresors», 1563; «Un traite de la llarue», 1580; «Discours admirables de la Nature des Eaux et Fontaines».
- (3) Columella, «De re Rustica» XIII II. «De culta hortorum» X, any 25-30. Edicions amb obres de Varró i Cató fetes a Leipzig i a París en el segle XVIII i XV respectivament.
- (4) Olivier de Serres, «Le théâtre de l'Agriculture et menage des champs», París, 1600.
- (5) Fabroni, «Reflexiones sulla l'Agricoltura», Roma, 1780.
- (6) Priestley, J., «Esperiments and observations on different kinds of air», Londres, 1775.
- (7) Lavoisier, A. J., «Ouevres de Lavoisier». Publicades pel Ministeri d'Instrucció Pública, 6 volums. París Imperial, 1862.

- (8) Liebig, «Chemistry in its application to agriculture and physiology», 1841; «Principles of Agricultural chemistry with special reference to the late researches made in England», Londres, 1855.
- (9) Th Saussure, «Recherches chimiques sur la vegetation», París, 1804.
- (10) Lampadius, «La science des Engrais minéraux», 1833, Mines de Freiberg (Saxe).
- (11) Turro, R., «La filosofia crítica», núm. 2 de la col·lecció «Enciclopèdia catalana», 1918. Barcelona. Veg. 2 lliçó, pàg. 21-29.
- (12) Lundegardh, «Environment and plant development». Traducció anglesa. Eric Ashby, 1931, Londres, pl. 250.
- (13) Brencheley, W. E., «The relation between the development, structure and fuxitoning of the nodules on Vicia Faba». Proceed Roy Coc. vol. CVIII, pàg. 373-398.
- (14) Lebrum i Radet, «Die Natrostoffaufnahme de Pflanzen», pàg. 132.
- (15) Inosemzew, «Trad. du Laboratoire du prof. Prianischuikow», vol. XV, pàgina 85, 1930.
- (16) Russel, «Ernahn de Pflansen», pàg. 258, tom I, 1928.
- (17) Eckstein, «Arbeiten unter Kalidungung», pàg. 151. vol. I, 1931.
- (18) Combes, «La vie de la cellule vegetale», pàg. 63, vol. II. Coll. Armand Collin, número 109, 1929.
- (19) Merckenschlager, «Der Kartoffelbau», núm. VIII, pàg. 24, 1929.
- (20) Ravaz, «Annals du Soc. Agron.», núm. 2, pàg. 225, 1933.
- (21) Maquenne i Demoussy, «Compt. Rend. du Acad. des Sciences», vol. CLXIV, pàgina 979, i vol. CLXV, pàg. 45, 1917.
- (22) Larson, «Science», núm. XXV, pàg. 399, 1928, i Qeitschrof-fur Pflair, volum XIII, pàg. 303, 1929.
- (23) Demolon, «Principes d'Agronomie», vol. II; «Croissance des Vegetaux», pl. 198, 1934.
- (24) Bougy, E., «Chimisme de quelques hybrides des betteraves». Tesi doctoral, pàg. 39, París, 1933.
- (25) Molliard, «Nutrition de la plante», vol. I. Col·lecció Payot, 1918.
- (26) Demolon, «Principes d'Agronomie», vol. I; La Dynamique du sol.
- (27) Stoklasa, «Handbuch der biophysikalischen und biochemischen Durchforschung», Berlin. Hi ha una traducció francesa de l'any 1929.
- (28) Schloesing, «Leçons de chimie agricole» i «Analyse des eaux contenus dans les terres arables». Comptes Rendus du Acad. des Sciences, vol. LXIII, pàg. 1.007.
- (29) Ssamojlow. Citat per André en «Proprietés générales des sols en Agriculture». Col. Armand Collin, núm. 24, pl. 79, 1923.
- (30) Fournet. Citat per André en id. id.
- (31) Schloesing, «Sur l'atmosphère conferé dans le sol». Comptes Rendus du Acad. des Sciences, vol. CIX, pàgs. 618-620 i 673-676.