

La teoria de la trofobiosi relaciona patologies i plagues de les plantes amb el seu equilibri fisiològic¹. Al número 24 d'Agro-cultura vam fer una introducció a aquest tema i al número 25 vam parlar de com el material vegetal triat afecta aquest equilibri. Hi ha molts altres factors... Un dels més complexos i importants és la fertilització... Com és un tema molt extens partim l'article en dues parts; en la primera parlarem de la relació entre l'estructura del sòl, la textura, la matèria orgànica i la sensibilitat de les plagues i malalties., en la segona part (proper número d'Agro-cultura) farem alguna reflexió sobre l'efecte de determinats elements, com el N, el K i el Ca respecte a l'estat sanitari de les plantes.

Fertilitat del sòl i fertilització

Hem volgut diferenciar entre fertilitat i fertilització perquè és important que es tingui clar que una cosa és l'origen i evolució històrica que ha tingut un sòl (ens definirà la seva fertilitat inicial) i una altra cosa es el tipus d'aportacions i de gestió del sòl que nosaltres fem (fertilització). Sens dubte, aquesta fertilització ens condicionarà la fertilitat futura del nostre sòl.

Normalment entenem com a fertilització els aportats de productes, minerals o orgànics, que fem al sòl, però la fertilització en un sentit ampli és qualsevol actuació que fem al sòl i que afecta la seva fertilitat; per exemple el treball del sòl.

El nivell de fertilitat d'un sòl depèn de la seva estructura, la seva porositat, la seva textura, el seu nivell de matèria orgànica, el seu contingut en nutrients minerals...

Una bona estructura dóna porositat al terreny. La porositat –espais buits dins el sòl – permet un contingut adequat d'aigua i d'oxigen a nivell radicular. La presència d'humitat i, sobretot, d'oxigen afavoreix la proliferació d'organismes i de microorganismes en el sòl i, més en concret, dóna condicions òptimes per als processos d'intercanvi de substàncies solubles en la rizosfera (zona entorn les arrels on viuen microorganismes en simbiosis amb les plantes). Tinguem en compte que "...una deficiència en l'aireació de les arrels incrementa el nivell d'aminoàcids i les seves proporcions en els teixits de les plantes" *Labananskas et al., 1972* (recordeu que al primer article comentàvem que l'acumulació d'aminoàcids en el teixit no és un fet positiu per a la salut de les plantes). L'oxigenació dels sòls estimula els processos de biosíntesis. Per altra banda, també cal tenir en compte que els processos d'asfíxia radicular afavoreixen la presència de fongs fitopatògens com *Phytophthora sp.* (mal de coll). Aquesta malaltia acostuma a ser un problema greu en plantacions joves quan es tracta de sòls amb deficiències en el drenatge.

L'estructura del sòl ve condicionada, bàsicament, per la textura (percentatge d'argila, llim i arenas), per la quantitat i qualitat de la matèria orgànica que

¹ Cal recordar que entenem per "equilibri fisiològic" l'estat en què en el metabolisme de la planta domina la síntesi de proteïna per sobre de la lisi. L'estat on, tenint una producció qualitativa i productiva alta, no hi ha una acumulació de molècules senzilles (aminoàcids lliures, poliamines, sucres...) en el teixit vegetal.

conté el sòl, pel tipus de treball que hi realitzem, i, sobre tot, per les arrels, els organismes i microorganismes que hi viuen.

Parlem d'aquests condicionants:

La textura és el concepte que més ens sona. Quan fem una anàlisi de sòls ens dóna la textura: argilosa, llimosa, franca, arenosa i les seves proporcions. La franca és la més equilibrada, -erò que sigui franca no ens garanteix una bona estructura. Si partim d'una bona textura serà més fàcil una bona estructura però no és suficient; cal tenir en compte els altres condicionants. Si és argilosa o llimosa dóna tendència a problemes de drenatge i si és arenosa tendeix a problemes per massa rentat. Però ja hem dit que no són condicionants exclusius.

La matèria orgànica és la gran oblidada en l'agronomia convencional. Simplement es parla d'ella com a esmena orgànica en el cas que un terra en sigui realment pobre però no se la té en compte com a font d'elements nutritius per a les plantes i els organismes del sòl. En una agricultura ecològica cal dominar l'"art" del maneig de la matèria orgànica.

Hi ha molts tipus de matèria orgànica i això ens la fa difícil de conèixer i de manejar. Una mena de matèria orgànica és l'humus; una matèria orgànica estable² i d'estructura complexa. Bàsicament se'l pot descriure com aquella substància fosca, amb aroma de bolet que hi ha sota la fullaraca dels boscos. En més o menys quantitat n'hi ha en tots els sòls. Convé que n'hi hagi una quantitat suficient perquè és el principal responsable d'una bona estructura del sòl. Té la capacitat d'unir-se amb les argiles per formar el que coneixem com a "complex argilo-húmic" i construeix d'aquesta manera l'edifici del sòl; la seva estructura. L'humus participa en l'estructura del sòl i, quan es descomposa en els seus components minerals, alimenta les arrels de les plantes. Per això és molt important reposar l'humus dels sòls, perquè sense humus l'estructura del sòl és molt, molt inestable i la fertilitat del sòl cau en picat. Hem de tenir en compte que les nostres condicions climàtiques (clima càlid i amb humitat suficient) la descomposició de l'humus és molt afavorida, sobretot si, a més, treballem el sòl.

Ja hem començat a parlar del treball que fem al sòl. Hem de tenir en compte que el treball que nosaltres fem al sòl mai no crea estructura. **Els qui creen l'estructura del sòl, partint d'una textura i d'un nivell de matèria orgànica, són els cucs de terra, els artròpodes i els microorganismes que viuen al sòl, juntament amb les arrels de les plantes** –les cultivades i les que creixen lliurement-. El treball que fem al sòl serveix per a esmicolar-lo i preparar-lo per a la sembra, o bé per al control de les herbes o bé per a calçar alguns cultius, o bé per obrir un terreny compactat amb l'ajuda d'un subsolador, etc. Però no serveix per a crear estructura. De fet, el que fem és trencar estructura i, en airejar el terreny, provocar mineralització de la matèria orgànica (per tant, descomposició d'humus). Així, cal fer el treball del sòl que calgui, però no més.

² L'estabilitat és un concepte relatiu. Anomenem una matèria orgànica estable perquè ho és més que d'altres que es degraden molt ràpidament. Evidentment no és una estabilitat permanent o a llarg termini. L'humus també es degrada però més lentament que altres matèries orgàniques.

Així doncs, veiem que en realitat, els responsables finals d'una bona fertilitat del sòl són els éssers vius que hi ha. Anem a veure les conseqüències de tenir o no tenir en compte tot això:

Paper dels microorganismes

Els compostos orgànics (polisacàrids) produïts pels microorganismes del sòl afavoreixen l'estructura del sòl, estableixen els agregats i afavoreixen els processos anteriorment explicats. El paper dels microorganismes no solament és beneficiós com estructurant sinó també per la funció d'intercanvi de substàncies orgàniques i minerals. És important anotar que "intervenen a través de les seves secrecions, amb la seva capacitat de quelatació i amb la seva influència sobre el comportament dels oligoelements del sòl" (Chaboussou, 1976).

Sòls supressors de malalties

Segons Bello "un gram d'argila correspon a uns 500 a 800 metres de superfície, amb el que això suposa per a la retenció d'antagonistes que són importants en el control de les plagues i malalties del sòl, donant lloc als anomenats "sòls supressors", on determinades malalties no es desenvolupen en les plantes" (Bello et al., 1995 en Llácer et al., 1996).

"Els sòls supressius representen un equilibri de la flora microbiana, regulat per la interacció de molts microorganismes heterogenis i és, sens dubte, un dels casos més espectaculars de l'efecte de factors de la natura viva sobre la inhibició de malalties. La supressivitat d'un sol va lligada generalment a la fungistasi, definida com la inhibició de la germinació d'espores d'un fong, determinat per la presència d'organismes en el sòl, així com per la competència microbiana per nutrients disponibles per al creixement fúngic en el sòl" (Blanco, 1995 en Llácer et al., 1996).

Efecte sobre la fisiologia vegetal i sobre la sensibilitat a plagues i malalties

Aquest equilibri de microorganismes vindrà afavorit per la matèria orgànica del sòl. La matèria orgànica té un efecte també en el sòl. A més, com millora l'estructura, ajuda a tenir major retenció de l'aigua. També produeix un increment de la capacitat d'intercanvi catiónic (CIC)... Si obviem aquest fet i empobrim els nostres sòls de matèria orgànica i aportem, com a substitut, adobs minerals, estem afavorint una absorció de nutrients superior a les que necessiten les plantes. Aquest excés de minerals solubles en la solució de la planta porta sempre problemes associats. Sabem que insectes i fongs necessiten importants quantitats de nitrogen per a formar les seves estructures i per al funcionament del seu metabolisme; una sobre-fertilització afavorirà la relació parasitària.

Exemples al Baix Llobregat

El sòl sense humus, sense microorganismes i aplicant adobs minerals de forma continuada i per sobre de les necessitats, no alimenta la planta d'una forma equilibrada. Són moltes les parcel·les que hem analitzat al Baix Llobregat amb

continguts de matèria orgànica inferiors al 1'5 % i algunes inferiors al 0'5 %. Aquestes parcel·les (quasi sempre per la dificultat d'aplicació de la matèria orgànica) utilitzen adobs minerals des de fa més de 30 anys quasi de forma exclusiva. Moltes treuen les restes de poda i les cremen (exportació de matèria orgànica) i tenen els sòls nus (afavoreixen la mineralització). En aquestes parcel·les les morts de fruiters, quasi sempre per sequera, patògens tipus armillaria (*Armillaria sp.*) o rosellinia (*Dematophora necratix*), són molt normals. Els atacs de barrinadors com el cap gros (*Capnodis tenebrionis*) o el cossus (*Cossus cossus*) també són molt habituals. Moltes vegades aquests atacs són simultanis: un arbre dèbil (predomini de la proteolisi) normalment és el primer atacat per capnodis adults, fongs del sòl ... Com diu el pagès Albert Presas: "La misèria crida misèria".

Altres efectes beneficiosos de l'aport de matèria orgànica

En principi acceptem que, en les nostres condicions, un contingut de matèria orgànica més o menys alt afavoreix l'equilibri de la planta. Per arribar a aquest contingut és imprescindible realitzar una correcta fertilització orgànica. Les aplicacions de fems, a part d'incrementar el nivell de matèria orgànica del sòl, enriqueixen el sòl de macro i micronutrients essencials; aquests micronutrients (ferro, zinc, manganès, bor...) afavoreixen el creixement i la resistència de la planta. "La major part dels fems presenten l'efecte àcid indolacètic, procedent del triptòfan per acció dels fongs i dels bacteris del sòl, i probablement també dels enzims de les plantes" (Chaboussou, 1976): sabem que el triptòfan és un aminoàcid precursor de la auxina AIA (hormona de la planta) i, per tant, la seva presència afavorirà la presència d'auxines i, aquestes, estimularan el creixement de la planta. Així, no només parlem dels efectes beneficiosos de la matèria orgànica per a l'estructura del sòl i l'increment de micro i macro organismes, sinó també pel seu efecte estimulador del creixement. Aquest efecte estimulador es deu, a part del triptòfan, a diferents compostos orgànics (fenols, àcids, substàncies húmiques) amb repercussions directes o indirectes en el metabolisme de la planta.

(*)

Final primera part de l'article. La segona part la trobarem en el pròxim número de l'Eina.

Seguim l'article del passat número. Recordem que parlàvem de la teoria de la trofobiosi, en concret de la fertilització, els seus efectes en les plantes i com això pot afectar la incidència de plagues i malalties. En la primera part vam veure els efectes de l'estructura del sòl, la textura i la matèria orgànica i, a continuació, veurem els efectes de diferents elements en la sanitat de la planta.

Efecte dels adobats excessius

En agricultura convencional, les elevades dosis d'adobats minerals que es realitzen en moltes finques tendeixen a provocar desequilibris en els conreus. En agricultura ecològica també es pot fer una sobrefertilització amb aport excessius o repetits d'una determinada matèria orgànica, rica en algun

element. Un adobat excessiu o desequilibrat (més proporció d'un nutrient que de la resta) afecta la resistència de la planta

El cas del nitrogen

L'ús excessiu d'adobats nitrogenats porta a una producció exagerada d'aminoàcids. Com exemple: els enciams en conreu convencional al Baix Llobregat reben aportacions de nitrosulfat amònic del 26 %, sulfat amònic del 21 % i/o nitrat amònic del 33.5% de forma abundant. Aquest cultiu té el problema del pugó (sobretot el pugó rosat, *Nausonovia ribisnigri*), de l'eruga i de patògens com el míldiu. Es sap que el pugó necessita grans quantitats de nitrogen per a poder desenvolupar-se i incrementar les seves poblacions. Els pagesos coneixen aquest fet, però davant de la demanda del mercat (enciams grans a baix cost) els surt més rendible realitzar tractaments setmanals per al control del pugó... (realment és més rendible? caldria veure que entenem per rendibilitat). El mateix podríem anar dient per a diferents conreus com el cas de fruiters, on les dosis altes de nitrogen a nivell radicular provoquen desequilibris vegetatius que sempre van associats a la presència d'insectes xucladors com les psil·les, pugons i cicadèlides.

Hem posat un exemple de l'agricultura convencional. No és difícil imaginar que en agricultura ecològica intensiva on s'apliqui matèria orgànica rica en N pot arribar a patir els mateixos desequilibris que veiem en aquesta agricultura química.

El paper del potassi

Per un altre costat, també el potassi ha estat senyalat com a nutrient que juga un paper molt important en la sanitat de la planta. Llegint Perrenoud (1977) podem trobar molta informació sobre diferents experiments que han demostrat els efectes del potassi en la interacció planta-paràsit. Aquests efectes poden ser tant positius com negatius (dependrà del metabolisme de l'insecte i el patògen), però remarca que en el 88% dels casos dels sòls pobres en potassi, l'efecte de l'aportació de potassi és positiu. És interessant l'estudi exhaustiu realitzat per Perrenoud per trobar les relacions entre els continguts de potassi i els problemes de plagues i patògens.

Sobre el potassi ens podem plantejar diverses qüestions:

El potassi estimula la síntesi de proteïnes. Partint d'aquesta premisa, ¿les parcel·les amb nivells baixos poden contenir més aminoàcids en formes lliures? ¿les plantes seran, en aquest cas, més susceptibles de ser atacades pels insectes?... Semblaria que sí, no?

El potassi incrementa la pressió osmòtica dels sucs cel·lulars. Llavors les plantes que es troben en parcel·les amb nivells baixos d'aquest element poden tenir més aigua en forma lliure i, per tant, ser de més fàcil aprofitament per part dels fongs.

L'estat de la membrana cel·lular determina la facilitat d'entrada de patògens a la cèl·lula. . Probablement els excessos de potassi i les deficiències de calci, que es poden trobar en moltes anàlisis de fruits, estan provocant la destrucció de les membranes cel·lulars a causa d'un increment del potencial osmòtic del potassi i de la pèrdua de resistència de la paret cel·lular per la falta de calci.

També em de tenir en compte que “El nivell i el transport del nitrogen soluble s'incrementen per una deficiència en potassi que accelera l'envelliment de la fulla i, com a conseqüència es desencadena la hidròlisi de les proteïnes; condicions que afavoreixen la sensibilitat als pugons” (Van Emden y Wearing, 1967 en Chaboussou, 1973).

Sembla que tant els excessos com les deficiències en potassi, que ens hem trobat en diferents parcel·les, provoquen desequilibris en el metabolisme normal de la planta. Hem pogut observar que tant les parcel·les amb baixos continguts de potassi com les que en tenen excessos tenen molts més problemes sanitaris.

En diferents explotacions hem vist una relació entre atacs de determinades plagues i la fertilitat del sòl. En terrenys pobres en matèria orgànica (inferior a l'1%) i amb contingut nutricional baixos (sobretot amb el potassi per sota dels 80 ppm) els atacs de pugó en presseguer, cirerer i albercoquer han estat més importants. En terrenys amb nivells de potassi en el sòl molt alts (per exemple més de 300 ppm de potassi) i fertilitzats amb aportacions addicionals de potassi el nivell d'atac també ha estat important.

Per altra banda, els excessos de potassi ens poden portar a una mala conservació de la fruita. Anàlisis realitzades en diverses explotacions de pomes del Baix Llobregat, recol·lectades durant els anys 2003-2006, mostren que les pomes amb una qualitat de conservació més baixa presentaven desequilibris en la relació potassi i calci.

I el calci?

Tomàquets, préssecs i pomes analitzats durant el 2006 han mostrat nivells baixos de calci (aquests nivells sempre estan associats a problemes com el “mal del cul” en tomàquet, podridures, “plara” en poma...). Sembla estrany que en sòls calcaris (amb alt contingut en calci) com els nostres hi hagi problemes en l'absorció del calci. Aquests problemes són deguts a la competència amb altres cations que s'absorbeixen amb més facilitat (nitrogen amoniacal, potassi, magnesi...), a estressos hídrics i, en general, a qualsevol alteració que pugui afectar el desenvolupament del sistema radicular. Cal tenir en compte que el calci s'absorbeix per les parts més fines de les arrels i, qualsevol estrès de la planta, afecta el creixement radicular i, per tant, directament, l'absorció del calci. Per això, per a solucionar aquests problemes, pensem que cal regular les aportacions de nitrogen amoniacal, potassi i magnesi, regularitzar el reg i afavorir el creixement radicular (poda d'arrels, millorar estructura del sòl, vigilar fenòmens d'asfíxia...).

El famós NPK

Sempre que es parla de fertilització es tendeix a simplificar la nutrició a la relació de N P K (nitrogen, fòsfor i potassi). Podríem trobar gran nombre d'articles que mostren la importància d'altres macro i micro nutrients en el metabolisme de les plantes i, per tant, en la resistència davant els paràsits. “Fent augmentar a la vegada la proteosíntesis i la respiració, els oligoelements com el coure, el manganès, el cobalt o el bor, intensifiquen tots els processos fisiològics. Mentre que el miceli es desenvolupa perfectament en els testimonis,

les plantes tractades resisteixen l'atac del fong. A la vegada, es constata que sota l'acció d'aquests oligoelements, en les fulles hi ha una disminució dels sucres reductors. Per tant, no disposant ja de suficients sucres en les cèl·lules, el fong retarda el seu desenvolupament... a més, els oligoelements afavoreixen una secreció més abundant de substàncies protectores d'origen fenòlic que s'acumulen en els llocs on hi ha lesions" (Poljakov, 1971 en Chaboussou, 1973).

Els virus, bacteris i fitoplasmes i els seus vectors

No només els fongs i els insectes es veuen beneficiats d'una mala gestió de la fertilització. També la podríem associar com una de les causes de la creixent proliferació de virus en horta i fruiters. "Es sap que, efectivament, els virus depenen per a la seva multiplicació de les formes senzilles de nitrogen, no podent utilitzar les proteïnes normals de la planta" (Chaboussou, 1973). No cal oblidar també, que, a part de la incidència que pugui tenir la presència de substàncies solubles per virus, bacteris i fitoplasmes, és important que tinguem en compte l'efecte dels contingut nutricionals en les plantes també tenen efecte sobre els vectors d'aquests patògens (pugons, trips, cicadèlides...).

Bé, podríem anomenar més casos de relacions entre fertilització i plagues i/o malalties. Pensem però, que ja ha quedat prou clar la importància de conèixer quina fertilitat del sòl tenim i saber com afecten els adobats que fem a les nostres parcel·les. Un cop més, us convidem a participar en qualsevol observació que pugueu fer al respecte: calpruna@yahoo.es.

Andreu Vila

Núria Cuch

Tècnics de l'ADV de Fruita del Baix Llobregat

Ayres, P.G. 1984. "The interaction between environmental stress injury and biotic disease physiology". Annual Review of Phytopathology 22: 53-75.

Beevers, L. 1976. "Nitrogen metabolism in plants". London: Edward Arnold Ltd.

Brodbeck, B. V. *et al.* 1999. Effects of total dietary nitrogen and nitrogen form on the development of xylophagous leafhoppers. Archives of insect biochemistry and physiology 42: 37-50.

Chaboussou, F. 1969. "La trophobiose et la protection de la plante". Revue des Questions Scientifiques. T. 143 pp.27-47 et 175-208. Bruxelles.

Dufrenoy, J. 1938. "Facteurs de croissance et liaisons actives des molecules". Annual Agronomiques, l.d.:631.547.2 7p.

Hodkinson y Hughes (Liverpool Polytechnic) "La fitofagia en los insectos". Oikos-tau. Barcelona, 1993 (traducció de "Insect herbivory" Liverpool).

Labananska, C. K. *et al.* 1972. "Protein and no protein aminoacids in Citrus leaves as effected by *Phytophthora sp.* root. Infestation and soil oxygen content". Journal American Society Horticulture Science 97:4: 433-436.

Llácer, G. et al. "Patología Vegetal: Tomo I y Tomo II". Ed. Phytoma y Mundi-Prensa. Madrid, 1996.

Mattson, W.J. 1980. "Herbivory in relation to plant nitrogen content". Annual Review Ecology System 11: 119-161.

Nasholm, T. and Ericsson, A. 1990. "Seasonal changes in amino acids, protein and total nitrogen in needles of fertilized Scots pine trees". Tree Physiology 6: 267-281.

Perrenoud, S. "Potassium and Plant Health". Internacional Potash Institute. Bern/Switzerland, 1977.

Riemer, J. (Copenhagen), Whittaker, J.B. (Lancaster) "Insect-plant interactions". Florida (EEUU), 1989.

Snoeiijers, S.S. *et al.* 2000. "The effect of nitrogen on disease development and gene expression in bacterial and fungal plant pathogens". European Journal of Plant Pathology. 106: 6: 493-506.

Storms, J.J.H. 1969. "Observations on the relationship between mineral nutrition of apple rootstocks in gravel culture and the reproduction rate of *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). Entomologia Experimentalis et Applicata:12:3: 297-311.

Tytti, S. and Seppo, K. 2002. "Potassium nutrition and free polyamines of *Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh". Plant and Soil 238:1: 141-149.

White, T.C.R. 1984. "The abundance of invertebrate herbivores in relation to the availability of nitrogen in stressed food plants". Oecologia 63:1: 90-105.

Wilkinson, T.L. and Ishikawa, H. "The assimilation and allocation of nutrients by symbiotic and aposymbiotic pea aphids, *Acyrtosiphon pisum*". A.A.V.V. "Proceeding of the 10th Internacional Symposium on insect-plant relationships". Kluwer Academia Publishers. Londres, 1998.