STUDIO AGRON
DOTTORI AGRONOMI ASSOCIATI

IL FOSFORO

di Fausto Nasi
dottore agronomo libero professionista - Brescia

Il fosforo in natura e suo comportamento nel suolo

I minerali fosfatici si trovano in vasti giacimenti nel Nord Africa, in Florida, in alcuni Paesi dell'ex URSS, spesso sotto forma di $Ca_3(PO_4)_2$ e apatite; sono formati da rocce sedimentarie organogene il cui componente essenziale è il fosfato tricalcico. La preparazione industriale dei concimi fosfatici si basa sulla trasformazione del fosfato tricalcico, solubile negli acidi minerali, in fosfato monocalcico, solubile in acqua, e in fosfato bicalcico, solubile in soluzione acida da citrato ammonico.

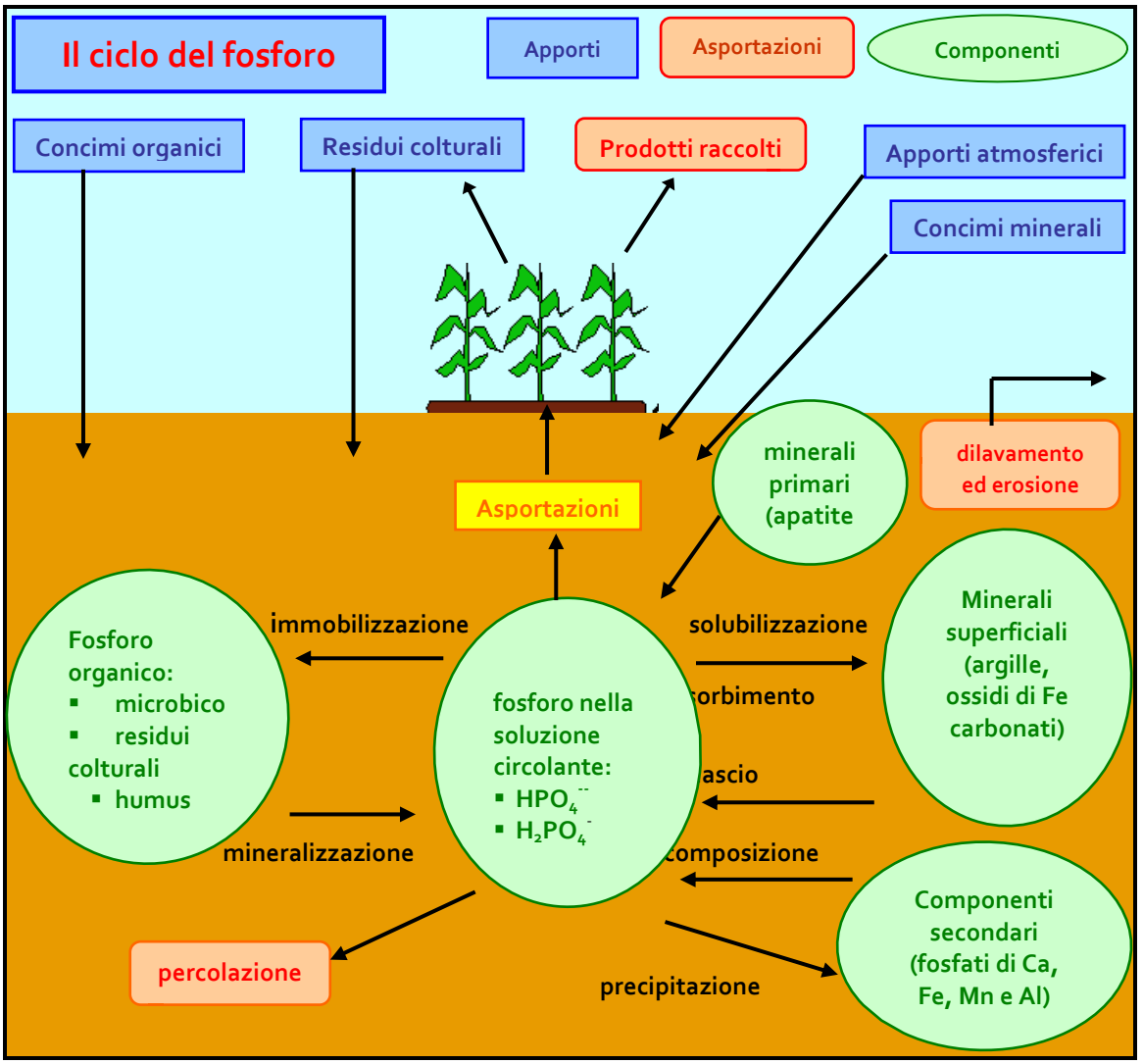

Fig. 1 – Ciclo del fosforo.

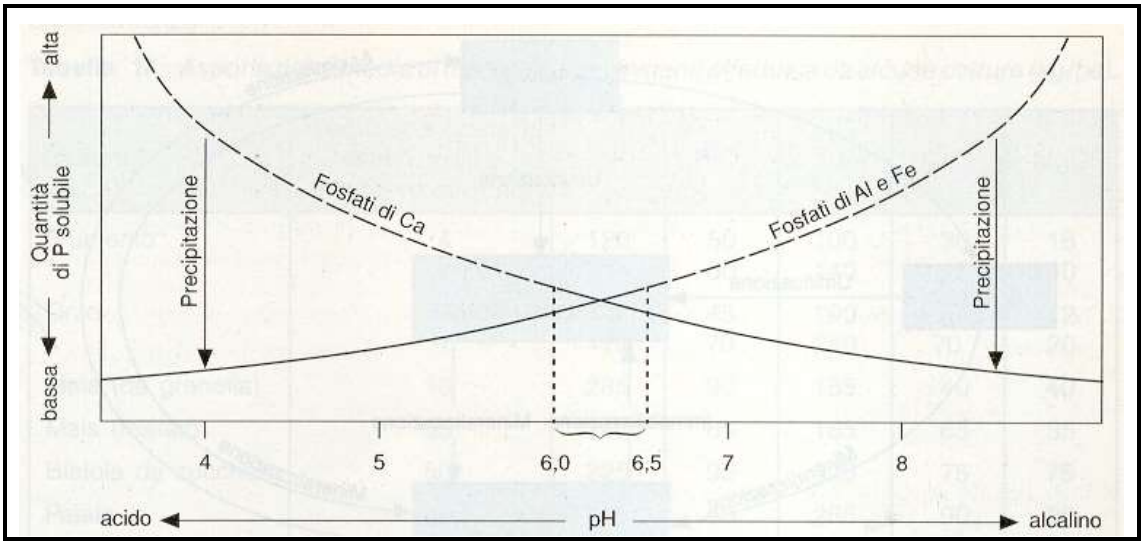

Fig. 2 - Diagramma di solubilità dei fosfati nel terreno in funzione del pH.

Il terreno, per le asportazioni operate dalle colture, subisce notevoli e continue perdite di fosforo che sono reintegrate solo in minima parte con i residui dell'azienda, compreso il letame. In alcuni casi il 50% del fosforo totale è legato in composti organici e la sua mineralizzazione è molto importante per la nutrizione delle piante (**Fig. 1**). Il bilancio del fosforo nel terreno può essere così schematizzato: le entrate sono rappresentate dai minerali costituenti il terreno, dalle sostanze organiche in decomposizione e dai concimi minerali, mentre le uscite sono costituite dalle asportazioni operate dalle piante e dalla retrogradazione.

A seconda che gli ioni idrogeno dell'H_3PO_4 siano del tutto o solo in parte sostituiti dal Ca, si può avere: fosfato monocalcico [$Ca(H_2PO_4)_2$], solubile in acqua, fosfato bicalcico ($CaHPO_4$), solubile in citrato ammonico, e fosfato tricalcico [$Ca_3(PO_4)_2$], solubile in acidi minerali. Il [$Ca(H_2PO_4)_2$] è una fonte di fosforo disponibile subito per la pianta; il $CaHPO_4$, poco solubile, può essere sciolto con facilità nel suolo dalle secrezioni acide delle radici delle piante e dai microrganismi; il [$Ca_3(PO_4)_2$], insolubile in acqua, deve essere trattato con acidi minerali per essere reso solubile come monocalcico. Fosfati facilmente solubili, posti in terreni con alta percentuale di $CaCO_3$, si trasformano facilmente in fosfati tricalcici insolubili, mentre nei terreni molto acidi formano fosfati di Fe o di Al insolubili. Al contrario, fosfati poco solubili possono essere solubilizzati dagli acidi che si originano dalla decomposizione di residui vegetali e dalla reazione subacida del terreno.

La massima disponibilità di P nella soluzione del terreno si ha in ambiente acido o neutro (**Fig. 2**). Poiché i fosfati migrano poco nel suolo, come invece succede per l'N e, in misura limitata per il K, il P va distribuito prima della semina e interrato nello strato che sarà esplorato dalle radici; il suo dilavamento, infatti, è del tutto insignificante. Ciò determina, attraverso concimazioni di fondo, un limitato arricchimento di fosfati nel suolo. I risultati di lunghe sperimentazioni dimostrano che con un regolare apporto di P si può migliorare anche lo stato fisico del terreno, perché tale elemento aiuta a raggiungere una struttura glomerulare più stabile. I fosfati, infatti, adsorbiti dai colloidi, non solo cementano le singole particelle fra di loro, ma anche queste con le micelle umiche formando così piccoli granuli. Un adeguato apporto di P incrementa lo sviluppo degli apparati radicali e, quindi, anche il contenuto di residui della coltura nel terreno, contribuendo ad aumentare il quantitativo di sostanza organica (**Fig. 3**).

Retrogradazione del fosforo. Se i perfosfati rimangono a lungo nei magazzini, il fosfato monocalcico passa via via a fosfato tricalcico, insolubile in acqua. Analogo processo subisce il perfosfato quando è incorporato nel terreno: disciolto nell'acqua, è assorbito rapidamente dai colloidi. Se ciò non avviene, alcune basi - in particolare il Ca, il Fe, il Mg e l'Al - si combinano con il P e lo insolubilizzano: tale processo è detto *retrogradazione*. L'humus contribuisce a impedire tale fenomeno formando umo-fosfati, in cui il fosforo si trova sotto una forma facilmente assimilabile. Da quanto sopra, si ritiene che i perfosfati esplichino un'azione più efficace se sparsi assieme al letame o distribuiti in terreni sufficientemente dotati di sostanza organica. Il processo di retrogradazione può essere irreversibile in terreni molto calcarei, in cui i fosfati si trasformano in apatite, quasi del tutto insolubile.

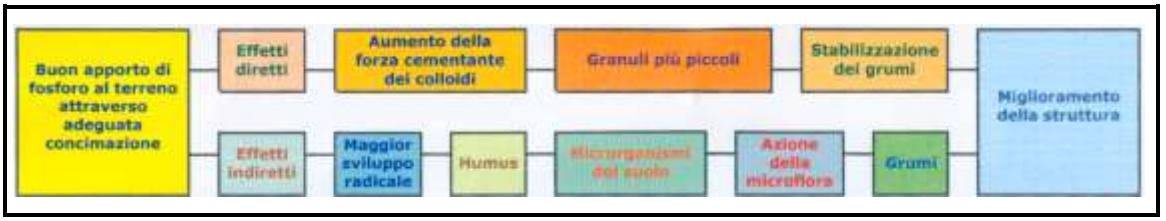

Fig. 3 – Effetti del fosforo nel terreno.

Assorbimento da parte della pianta, sue funzioni e fenomeni di carenze e di eccesso

Attraverso varie trasformazioni chimiche, fisiche e biologiche e per la capacità solubilizzante delle radici, i composti contenenti P, presenti nel terreno, liberano ioni PO_4^{---} che sono disponibili per le piante, le quali, però, assorbono per lo più lo ione $H_2PO_4^-$ e, meno rapidamente, lo ione HPO_4^{--}; è da tener presente, poi, che il rapporto tra i due è determinato dal pH e cioè a pH < 7 prevale il primo, mentre a pH > 7 prevale il secondo. Di norma, tuttavia, nella soluzione circolante del terreno il contenuto di ioni fosforici è inferiore al fabbisogno giornaliero delle piante, specie nel periodo di maggior sviluppo, per cui è necessario assicurarne una reintegrazione. I singoli vegetali hanno una differente capacità di solubilizzare il fosforo: per esempio, il frumento, l'orzo e la barbabietola da zucchero solubilizzano i fosfati del suolo molto meno del pisello o del lupino. Il fosforo assorbito entra poi a far parte dei costituenti cellulari e per svolgere le sue funzioni viene organicato e si concentra per lo più nelle parti aeree giovani della pianta; la sua concentrazione nei diversi organi dipende soprattutto dallo stadio di sviluppo fisiologico.

Il fosforo è determinante nel metabolismo energetico della pianta, nelle reazioni di sintesi, demolizione e trasformazione. Nei semi è immagazzinato sotto for-ma di fitina, sale misto di Ca e Mg dell'acido fitico (quest'ultimo contiene il 70-90% del P totale di riserva ed è usato come materiale energetico per lo sviluppo dell'embrione); si accumula soprattutto negli organi destinati alla riproduzione, cioè fiori, frutti e nuclei delle cellule. Inoltre accelera notevolmente la maturazione del prodotto e ne aumenta la resa.

Fig. 4 – Sintomi di carenza di fosforo su foglie di vite

La concimazione fosfatica contribuisce a migliorare l'aspetto esteriore e il valore, anche biologico, della produzione vegetale. Una sua sufficiente disponibilità induce una minore suscettibilità alle malattie, favorisce una buona radicazione e, nelle colture invernali, aumenta la resistenza al gelo.

Una carenza assoluta di fosforo (**Fig. 4**) dà luogo a piante piccole, misere, a portamento eretto, provocando anche rigidità nelle foglie. Si parla in tal caso di <<portamento rigido>> in opposizione a quello che si verifica con la carenza di K, indicato come <<portamento appassito>>. Gli steli delle piante carenti di P sono sottili e la crescita delle radici è stentata; nei cereali è limitato anche l'accestimento. In sintesi i fenomeni sono simili a quelli che derivano dalla mancanza di N. Una caratteristica tipica della carenza di P è il colore verde opaco delle foglie. Spesso si ha anche la comparsa di sfumature porporine, dovute alla formazione di antociani, come succede ad esempio nelle giovani piante di mais. Una limitata disponibilità di fosforo ha sempre un effetto negativo sulla formazione dei fiori, dei frutti e dei semi.

Il fosforo può essere carente nei terreni sabbiosi, poveri di sostanze nutritive, ma anche nei terreni fortemente acidi o alcalini, perché gli anioni fosfato sono insolubilizzati e non sono pertanto assimilabili dalle piante.

Fenomeni di eccesso di fosforo sono difficilmente riscontrabili in natura.