

TỦ SÁCH KHUYẾN NÔNG PHỤC VỤ NGƯỜI LAO ĐỘNG

# Phân vi lượng với cây trồng



NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG

**TỦ SÁCH KHUYẾN NÔNG PHỤC VỤ NGƯỜI LAO ĐỘNG**  
**CHU THỊ THƠM, PHAN THỊ LÀI, NGUYỄN VĂN TÓ**  
(Biên soạn)

# **PHÂN VI LƯỢNG VỚI CÂY TRỒNG**

**NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG**  
**HÀ NỘI - 2006**

# I. PHÂN BÓN VÀ NĂNG SUẤT CÂY TRỒNG

## 1. Phân bón

Phân bón là các chất hữu cơ hoặc vô cơ chứa các nguyên tố dinh dưỡng cần thiết cho cây trồng được bón vào đất hay hoà nước phun, xử lí hạt giống, rễ và cây con.

Cây lấy các yếu tố dinh dưỡng cần thiết cho sự sinh trưởng và phát triển từ đất. Nhiều nguyên tố cây cần thiết mà đất không cung cấp đủ cần phải bổ sung thêm, các nguyên tố này được coi là nguyên tố phân bón. Ban đầu chỉ có 3 nguyên tố nitơ, photpho, kali được xem là nguyên tố phân bón vì thiếu nó năng suất sẽ thấp. Trồng một vụ trong năm, các chất khác có sẵn trong đất đủ để cung cấp cho cây trồng, không cần phải bón thêm, chỉ có các nguyên tố N, P, K là thiếu. Khi sản xuất đi vào thâm canh tăng vụ, một số nguyên tố khác, đất cũng cung cấp không đủ, phải bổ sung bằng phân bón. Vì thế số nguyên tố phân bón mở rộng thêm.

Có nhà khoa học cho là 5 nguyên tố N, P, K, Mg, S vì cho rằng khi bón vôi cho đất có độ chua thích hợp thì cây trồng được cung cấp đủ canxi; có nhà khoa học cho là 6 nguyên tố N, P, K, Mg, S, Ca vì cho rằng có những loại cây trồng có thể sống trên đất chua, có những loại cây trồng ưa chua, các loại cây này khi trồng trên đất chua, không được cung cấp đủ canxi, phải bón thêm canxi như là phân bón.

Những nguyên tố có hàm lượng trong cây rất ít, trong đất lại chứa nhiều so với nhu cầu của cây, nhưng trong một số điều kiện, do độ chua của đất, sự yếm khí hoặc quá nhiều hữu cơ mà nguyên tố đó ở dạng ít hoà tan không cung cấp đủ cho cây, cũng vẫn phải cung cấp bằng phân bón với lượng ít. Các nguyên tố này gọi là nguyên tố phân bón vi lượng.

Các nguyên tố phân bón chính: N, P, K.

Các nguyên tố phân bón thứ yếu: Ca, Mg, S.

Các nguyên tố phân bón vi lượng: Fe, Mn, Cu, B, Mo, Cl.

Tuỳ theo thể rắn hay lỏng mà có loại **phân bón rắn** (ở dạng bột, tinh thể, hay dạng viên), loại **phân bón lỏng** còn gọi là phân dung dịch (ở dạng hoàn toàn trong suốt hay dạng đục, không hoàn



toàn trong suốt, các hạt nhỏ lơ lửng trong nước). Các loại phân dạng lỏng thường dùng để phun lên lá nên còn gọi là phân bón lá mặc dầu có khi người ta còn dùng để tưới vào đất.

Tuỳ theo loại hợp chất mà chia ra **phân hữu cơ** và **phân vô cơ**. Phân vô cơ còn gọi là phân khoáng hay phân hoá học. Cách gọi này không hoàn toàn đúng, vì có những chất hữu cơ cũng được sản xuất từ công nghệ hoá học như phân urê.

Phân hữu cơ ban đầu có nguồn gốc tự nhiên như chất bài tiết của người và gia súc, gia cầm, tàn dư thực vật, than bùn, các phế thải trong nghề chế biến thuỷ sản, súc sản. Cùng với sự phát triển của công nghiệp hoá học và sinh học, nhiều hoạt chất hữu cơ được sản xuất công nghiệp như urê, các loại phân vi sinh cũng được sản xuất công nghiệp.

Mặc khác, một số chất vô cơ được khai thác tự nhiên đem sử dụng làm phân bón không qua quy trình chế biến công nghiệp như bột phốtphorit, phân lân, một số loại phân kali.

Cho nên, loại phân mà các nhà nông nghiệp hữu cơ hô hào sử dụng là loại phân tự nhiên chưa qua quá trình chế biến công nghiệp, không hoàn toàn là chất hữu cơ, từ đó cần phân biệt hai từ **phân công nghiệp** và **phân tự nhiên**.

Công nghệ sinh học được ứng dụng để giải quyết vấn đề phân bón từ đầu thế kỉ XX nhằm mục đích cải thiện hệ vi sinh vật đất để cung cấp chất dinh dưỡng tốt hơn hoặc để giải quyết các vấn đề khác như kích thích sự phát triển của cây trồng, cung cấp chất kháng sinh phòng trừ sâu bệnh hại. Các vật phẩm này được gọi là **phân vi sinh**. Tùy theo loại vi sinh vật mà được gọi là phân vi sinh vật cố định đạm cộng sinh, phân vi sinh vật cố định đạm tự do, phân vi sinh phân giải kali, phân vi sinh vật kháng sinh v.v...

Phân vi sinh là sản phẩm sống. Các loại phân không có sinh vật sống, chỉ chứa các loại men do vi sinh vật tiết ra, có một số tác dụng nhất định được các nhà sản xuất gọi là phân sinh học.

Những thành tựu của sinh học ảnh hưởng rất lớn đến phân bón. Quan điểm nông nghiệp hữu cơ, nông nghiệp sinh thái, nông nghiệp bền vững cũng ảnh hưởng rất lớn đến sử dụng phân bón.

**Phân sinh hoá** là các chất vô cơ hoặc hữu cơ chiết xuất từ tự nhiên hay sản xuất từ công nghệ hoá học, công nghệ sinh học được sử dụng cung cấp cho cây để xúc tiến các quá trình chuyển hoá vật chất theo hướng có lợi cho năng suất và phẩm chất sản phẩm thu hoạch. Danh từ thông thường được

gọi là chất điều hoà sinh trưởng (kích thích hoặc hạn chế sinh trưởng và phát dục của cây). Gần đây có ý kiến đề xuất gọi là **phân chức năng**. Một số nhà khoa học cho rằng các loại phân vi lượng tác động chủ yếu vào các quá trình hoá sinh trong cây nên xếp vào phân sinh hoá.

Phân có chứa nhiều yếu tố dinh dưỡng từ hai trở lên được gọi là phân đa nguyên tố dinh dưỡng, gọi tắt là phân đa nguyên tố hay **phân đa dinh dưỡng**. Loại phân mà trong thành phần ngoài chất dinh dưỡng cần thiết cho cây trồng ra còn có các chất thực hiện những chức năng khác như cung cấp chất hữu cơ, cải thiện thành phần vi sinh vật đất, cải tạo lí tính đất, điều hoà sinh trưởng và phát dục của cây, tác động đến phẩm chất v.v... được gọi là phân đa yếu tố hay **phân đa chức năng**.

Phân đơn là phân chỉ có một trong 3 yếu tố phân bón. Ví dụ phân urê, phân nitrat amôn, phân supe lân, phân kali clorua v.v...

Phân đa dinh dưỡng (đa nguyên tố dinh dưỡng, nông dân thường gọi là phân NPK) là phân có chứa nhiều nguyên tố dinh dưỡng, thông thường có 2 đến 3 yếu tố dinh dưỡng chính. Ngày nay, trên thị trường đã lưu hành rộng rãi các loại phân có chứa

trên 6 yếu tố dinh dưỡng N, P, K, Mg, S, Ca và các yếu tố vi lượng.

Phân đa chức năng (đa yếu tố) là phân có chứa các yếu tố khác ngoài yếu tố phân bón như chất điều hoà sinh trưởng, chất hữu cơ, vi sinh vật có lợi, thuốc trừ sâu bệnh hại, thuốc trừ cỏ v.v...

Phân đa dinh dưỡng và phân đa chức năng chuyên dùng: Để phục vụ yêu cầu bón phân cân đối, các nhà sản xuất kinh doanh phân bón đã đưa ra thị trường các loại phân có chứa nhiều chất dinh dưỡng chuyên dùng cho một loại cây, có lúc đi xa hơn, cho các thời kì sinh trưởng của cây và cho các loại đất khác nhau. Đó là phân đa dinh dưỡng chuyên dùng. Có khi còn trộn thêm các chất có các chức năng khác thì gọi là phân đa chức năng chuyên dùng.

Phân bón thường là một hỗn hợp của nhiều chất, thành phần thay đổi theo nguồn gốc (khai thác ở đâu nếu là phân tự nhiên), nguyên liệu sản xuất và quy trình (nếu là phân công nghiệp). Các thành phần trong phân ảnh hưởng đến tính chất đất và sinh trưởng của cây. Thường người ta chú ý đến hai loại thành phần.

Thành phần có lợi: là chất dinh dưỡng, nếu là phân vô cơ; là các vi sinh vật có ích, các loại men,

chất kháng sinh có lợi cho cây trồng v.v... nếu là phân hữu cơ hay phân vi sinh.

Thành phần có thể gây hại là các chất hoặc các vi sinh vật gây hại. Thông thường không có chất nào có thể hoàn toàn gây hại cả. Khi có nhiều thì gây độc hại, khi có ít, có khi không những không gây hại mà còn có lợi.

Độ hoà tan của các chất dinh dưỡng trong phân khác nhau nên cung cấp chất dinh dưỡng cho cây nhanh chậm khác nhau. Nếu phân dễ hoà tan thì cây dễ sử dụng, hiệu quả biểu hiện tức thì nhưng cũng dễ dàng bị rửa trôi, mất đi, có khi gây ảnh hưởng xấu đến môi trường. Phân đạm dễ hoà tan, hiệu quả nhanh nhưng dễ mất. Phân lân có ba nhóm khác nhau. Phân supe lân, DAP dễ hoà tan, tác dụng nhanh nhưng cũng dễ dàng kết hợp với các chất khác hoặc bị keo đất hấp phụ chuyển thành dạng cây khó sử dụng. Các loại phân lân chế biến từ quặng tự nhiên bằng phương pháp gia nhiệt, ít hoà tan hơn, hiệu quả chậm nhưng lại chuyển dần cho cây sử dụng từ từ, hiệu quả kéo dài đến các vụ sau.

Trước đây người ta thường ưa chuộng các dạng phân hiệu quả nhanh. Gần đây trong xu thế nông nghiệp bền vững, nhằm giảm bớt ảnh hưởng xấu

của phân bón hoá học đến môi trường, người ta đã sản xuất các loại phân hiệu quả chậm. Các loại phân lưu hành trên thị trường chia làm ba nhóm:

+ Nhóm dễ hoà tan trong nước, hiệu quả nhanh gồm các loại phân đạm, phân kali, các loại supe lân đơn, supe lân kép, DAP.

+ Nhóm ít hoà tan gồm các loại phân lân tự nhiên, phân lân kết tủa, phân supe lân axit hoá một phần, phân lân nung chảy. Các loại phân đạm dễ hoà tan cũng được làm cho ít hoà tan hơn bằng cách bọc bằng màng lưu huỳnh, màng bentonit.

+ Nhóm khó hoà tan, thường là các loại phân lân khai thác từ tự nhiên không qua chế biến như bột phôtphorit, phôtphát sắt hoá trị 2 và các quặng tự nhiên có chứa kali.

Trong xu hướng bảo vệ môi trường, các nhà nông nghiệp sinh thái, nông nghiệp hữu cơ đang khuyến cáo sử dụng nhiều hơn các loại phân này.

## **2. Năng suất và việc bón phân**

Ruộng không được bón phân năng suất thấp. Phân bón làm tăng năng suất, mức tăng cao thấp tùy theo độ phì của đất. Đất đã tốt không cần bón nhiều, đất xấu mức tăng năng suất do bón phân cao.

Tỉ số giữa sản phẩm tăng thêm và sản lượng khi không bón phân tính bằng % là tỉ lệ tăng năng suất do bón phân. Hiệu suất phân bón là số sản phẩm tăng lên do bón 1kg phân bón tính theo nguyên tố hoặc tính theo phân thương trường.

Cây chỉ hút được một phần số lượng chất dinh dưỡng bón vào đất. Tỉ số giữa lượng chất dinh dưỡng được bón vào đất và lượng chất dinh dưỡng cây hút được gọi là hệ số *sử dụng chất dinh dưỡng*.

Muốn tính được hệ số sử dụng phân bón thực phải dùng phương pháp đồng vị phóng xạ, cho nên trong các nghiên cứu thông thường chỉ áp dụng khái niệm hệ số sử dụng phân bón biểu kiến nhưng vẫn gọi tắt là hệ số sử dụng phân bón.

Hệ số sử dụng phân bón thường thấp. Một phần bị rửa trôi đi, phần còn lại còn làm tăng năng suất một vụ sau. Năng suất còn tăng thêm được gọi là hiệu lực tồn dư của phân và được tính bằng kg/ha.

Lượng sản phẩm còn tăng thêm vụ sau của 1kg phân thương trường hay 1kg nguyên tố phân bón được gọi là *hiệu suất tồn dư*.

Mối quan hệ giữa phân bón và năng suất được tóm tắt bằng **định luật tối đa**. Khi đất thiếu một yếu tố nào đấy thì dù yếu tố khác có đầy đủ

năng suất vẫn thấp. Yếu tố đó được gọi là *yếu tố hạn chế*. Bón phân để khắc phục yếu tố hạn chế thì năng suất tăng nhanh, hiệu suất phân bón cao khi tăng dần lượng bón, năng suất tiếp tục tăng, hiệu suất phân bón cũng tiếp tục tăng đến mức độ nào đó thì bón tăng phân, năng suất vẫn còn tăng nhưng hiệu suất bắt đầu giảm. Tiếp tục tăng mức bón thì không những hiệu suất giảm mà đến mức nào đó năng suất cũng giảm.

Khi có sự mất cân đối giữa các yếu tố phân bón với nhau, có một yếu tố phân bón nào đó sẽ trở thành yếu tố hạn chế. Ví dụ, đất thường thiếu đạm (N), N là yếu tố hạn chế thường xuất hiện trước hết. Bón thêm đạm làm tăng năng suất rất nhanh, lượng đạm bón tăng dần lên năng suất không còn tăng nhanh như trước và đến mức bón cao nhất định thì năng suất giảm xuống. Nguyên nhân của sự giảm là do quá thiếu lân (P), P trở thành yếu tố hạn chế do:

- Có sự mất cân đối giữa lượng chất dinh dưỡng được cung cấp với các điều kiện để đồng hoá chất dinh dưỡng (như nước, nhiệt độ, ánh sáng) của môi trường sống của cây.

- Năng suất bị hạn chế bởi khả năng cho năng suất được quy định bởi đặc tính di truyền của cây



trồng. Ví dụ, cùng điều kiện đất, nước và khí hậu, nếu tăng lượng bón cho giống lúa Mộc Tuyền dù giữ cân đối giữa các nguyên tố dinh dưỡng tốt cũng chỉ đạt năng suất 4 tấn, tăng cao hơn nữa có thể giảm năng suất, nhưng với giống lúa lai thì có thể bón với mức cao hơn cho đến khi đạt trên 7 tấn mới bắt đầu xuất hiện sự giảm năng suất.

Đó là sự hài hoà, cân đối giữa đặc tính sinh học của giống với các điều kiện ngoại cảnh và phân bón.

### **3. Ảnh hưởng lâu dài của phân bón với đất**

Bón phân qua nhiều năm thường gây ảnh hưởng tốt hay xấu đến độ phì của đất, do đó ảnh hưởng đến năng suất và hiệu quả trồng trọt không những một vụ trồng mà nhiều năm về sau. Khi đất đã xấu đi khôi phục lại rất tốn kém và khó lòng trở lại như trước.

#### ***a. Độ phì nhiêu của đất***

Độ phì nhiêu là khả năng bảo đảm cho cây trồng phát triển tốt, cho năng suất và phẩm chất nông sản cao. Các yếu tố của độ phì nhiêu có thể kể ra như sau:

- *Độ sâu của tầng đất và độ sâu của tầng đất mặt:*

Độ sâu của tầng đất là tầng đất rễ cây dễ dàng

xuyên vào được. Tiêu chuẩn thông thường là 1m. Điều này đặc biệt quan trọng đối với cây lâu năm. Đối với cây hàng năm độ dày tầng đất mặt quan trọng hơn vì đó là nơi rễ cây hàng năm phát triển tập trung. Tiêu chuẩn thông thường là 30cm.

*- Kết cấu của đất:*

Các hạt đất có thể bị phân tán hoặc kết lại với nhau thành hạt kết (còn gọi là đoàn lap). Đất có kết cấu tức là hạt đất không phân tán. Hạt đất phân tán thành bột mịn thường bị kết lại với nhau không có khe hở để chứa nước và không khí, đất không giữ được ẩm, mau khô, không thoáng khí, rắn chắc khó làm đất.

*- Độ chua kiềm của đất:*

Độ chua kiềm của đất thường được biểu hiện bằng chỉ số pH hay  $\text{mgH}^+ / 100\text{g}$  đất. Thông thường người ta dùng độ chua trao đổi để xem xét sự thích ứng độ chua kiềm của đất đối với sinh trưởng, phát triển của cây trồng. Thang bậc độ chua được sắp xếp từ 1 đến 10. Thông thường đất có độ pH trao đổi từ 3 đến 8,  $\text{pH} = 7$  được xem là trung tính, lớn hơn 7 là kiềm, nhỏ hơn 7 là đất chua. Độ chua trao đổi được xem là thích hợp nhất đối với cây trồng là 6-6,5 (hoặc 7). Quá chua (dưới 5) cây phát triển không tốt, quá kiềm (trên 7,5) cũng không tốt.

Tuy vậy, điều này không hoàn toàn đúng vì các loại cây khác nhau, thậm chí các giống khác nhau cũng có khả năng thích ứng với độ chua khác nhau. Đó là sự khác nhau giữa độ phì lí thuyết và độ phì thực tế.

*- Lượng các chất dinh dưỡng có trong đất:*

Thông thường chỉ xét đến phần chất dinh dưỡng cây dễ dàng lấy được gọi là chất dinh dưỡng dễ tiêu, được biểu hiện bằng mg/100g đất. Tùy theo khả năng cung cấp chất dinh dưỡng dễ tiêu của đất cho cây trồng mà xếp thành các bậc rất giàu, giàu, trung bình, nghèo và rất nghèo. Lượng phân cần bón cho cây trong các quy trình bón phân cân đối hướng dẫn thường là để áp dụng cho mức trung bình. Ở các đất giàu có thể giảm bớt lượng bón, đất nghèo cần bón thêm.

Phần chất dinh dưỡng tổng số được xem là cây khó sử dụng cũng có tham gia vào sự cung cấp chất dinh dưỡng cho cây tùy theo khả năng đồng hóa chất dinh dưỡng khó tiêu trong đất của cây và ảnh hưởng của quá trình canh tác, bón phân. Đó cũng là sự khác nhau giữa độ phì lí thuyết và độ phì thực tế.

*- Khả năng giữ chất dinh dưỡng của đất:*

Các hạt đất có khả năng hút giữ các chất dinh

duỡng trên bề mặt của nó (sức hấp thu chất dinh dưỡng). Các loại đất có nhiều hạt mịn (đất sét, đất thịt nặng) có sức giữ chất dinh dưỡng cao. Đất có cấp hạt thô hơn (đất thịt nhẹ, cát pha, cát) sức giữ phân kém hơn. Đất giàu chất hữu cơ, vi sinh vật hoạt động tốt cũng có khả năng giữ chất dinh dưỡng tốt hơn.

*- Lượng chất hữu cơ và mùn trong đất:*

Lượng chất hữu cơ và mùn thường được đánh giá bằng tỉ lệ phần trăm các bon (C%) và cũng được phân thành các cấp rất giàu, giàu, trung bình, nghèo. Lượng chất hữu cơ và mùn thường ảnh hưởng đến lượng chất dinh dưỡng chứa trong đất, khả năng giữ nước, giữ chất dinh dưỡng của đất và hoạt động của vi sinh vật trong đất. Vì những tác dụng nói trên, hàm lượng chất hữu cơ và mùn trong đất được xem là yếu tố độ phì nhiêu quan trọng.

*- Số lượng và chất lượng của các sinh vật sống trong đất:*

Trước hết là các loại vi sinh vật. Các loại sinh vật cũng như động vật sống trong đất có hai loại: có lợi và có hại đối với cây trồng. Các loại vi sinh vật có ích thường là các vi khuẩn cố định đạm (tổng hợp đạm từ khí trời thành dạng cây có thể sử dụng

được), vi khuẩn phân giải lân và kali (chuyển lân và kali trong đất từ dạng cây khó sử dụng thành dạng cây sử dụng được) sinh vật kháng sinh (tiết ra các chất kháng sinh giúp cây trừ sâu bệnh hại và tiết ra các chất điều hoà sinh trưởng). Các loại động vật có hại được chú ý là các loại giun tròn (tuyến trùng), các côn trùng phá hoại rễ cây.

### ***b. Độ phì nhiêu thực tế***

Không có một tiêu chuẩn độ phì nhiêu của đất nói chung mà chỉ có độ phì nhiêu cho từng nhu cầu sử dụng đất nhất định, từng hệ canh tác nhất định, từng loại cây trồng, thậm chí từng giống cây trồng nhất định và cả trong những điều kiện sử dụng đất nhất định.

Nói cách khác, độ phì nhiêu thực tế là khả năng cho thu nhập cao, với chi phí thấp nhất. Có những loại đất nếu xét về độ phì nhiêu lí thuyết là kém nhưng nếu xét về độ phì nhiêu thực tế thì lại là loại đất có độ phì cao.

Khi trồng cây lâu năm độ dày tầng đất phải đạt trên 1m, nhưng nếu trồng lúa và hoa màu chỉ cần độ dày tầng đất 30-40cm là đủ.

Đất có kết cấu lẽ dĩ nhiên là tốt, nhưng đất cát rời rạc trong một tương lai không xa, khi hệ thống

thuỷ lợi phát triển, kênh mương kiên cố hoá đến mức có thể tưới tiêu chủ động, có đủ phân bón và có cách sử dụng hợp lí thì sản xuất cũng thuận lợi không kém. Những điển hình thâm canh cao xuất hiện trên đất bạc màu đồng bằng và trung du miền Bắc, ven biển miền Trung và đất xám miền Đông Nam Bộ là những chứng dẫn.

Đất bạc màu lượng mùn thấp, sức giữ chất dinh dưỡng không cao, không thuận lợi cho trồng lúa và hoa màu nhưng lại đặc biệt thuận lợi cho trồng thuốc lá chất lượng cao.

Khi đã giải quyết tốt thau chua rửa mặn, chọn được giống lúa chịu phân, có kĩ thuật trồng trọt, bón phân tốt thì vùng đất chua mặn đồng bằng sông Hồng cho năng suất không kém, có khi còn vượt trội hơn đất đồng bằng sông Hồng trung tính ít chua.

Đất trung tính chua có lợi cho trồng hoa màu, đậu đỗ nhưng không trồng được các loại cây ưa chua có giá trị kinh tế cao như chè, cà phê, cao su...

Độ phì nhiêu thực tế không chỉ bao gồm độ phì của đất, khí hậu, là các yếu tố tự nhiên mà còn bao gồm các yếu tố liên quan đến hoạt động của con

người như cơ sở hạ tầng, trình độ khoa học và khả năng tiếp nhận tiến bộ kĩ thuật mới, là những yếu tố ảnh hưởng không nhỏ đến năng suất thu hoạch và hiệu quả kinh tế.

Cho nên khi xem xét ảnh hưởng của phân bón đến độ phì của đất, không phải đơn giản xem xét phân bón ảnh hưởng đến độ phì nhiêu lí thuyết mà phải xem xét phân bón ảnh hưởng đến độ phì nhiêu thực tế trong tương lai như thế nào để đặt ra mục tiêu, tiêu chí sử dụng phân bón nâng cao độ phì thực tế của đất cho phù hợp.

*c. Ảnh hưởng của phân bón đến độ phì nhiêu của đất*

*- Ảnh hưởng của phân bón đến độ dày tầng đất, kết cấu, khả năng giữ chất dinh dưỡng và vi sinh vật trong đất.*

Nói chung phân bón không ảnh hưởng đến độ dày tầng đất. Kĩ thuật canh tác, cày bừa xới xáo ảnh hưởng lớn hơn. Mặt khác, độ dày tầng đất và làm đất để đất có độ dày hơn đòi hỏi lượng phân bón cao hơn và kĩ thuật bón phân thích hợp.

Ảnh hưởng của phân hữu cơ đến kết cấu đất từ đó ảnh hưởng nhiều đến các lí tính cơ bản của đất như độ thoáng khí, khả năng giữ ẩm, giữ phân, cung cấp điều hoà các chất dinh dưỡng đã được biết

và nói nhiều trong các tài liệu kinh điển hàng trăm năm nay.

Ảnh hưởng của phân hữu cơ đến hoạt động của các loại vi sinh vật có ích như vi sinh vật cố định đạm, vi sinh vật phân giải lân, kali, vi sinh vật kháng sinh được chú ý nhiều trong các thập kỉ gần đây và rộ lên trong cao trào nông nghiệp hữu cơ. Để đảm bảo tác dụng làm thức ăn cho vi sinh vật và động vật trong đất, chất hữu cơ phải là hữu cơ tươi chứ không phải là than bùn, chất hữu cơ đã phân giải thành mùn.

Than bùn khi sử dụng để sản xuất phân vi sinh chỉ có tác dụng là giá thể để vi sinh vật nường tựa.

Mặt không lợi của chất hữu cơ đến lí tính và sinh lí của đất ít được nói đến hơn, nhưng đó sẽ là một thiếu sót quan trọng. Dưới tán rừng ngập nước giàu hữu cơ, sự phân giải hữu cơ sẽ gây ra tình trạng yếm khí. Sự phân giải yếm khí làm cho sắt hoá trị ba trong đất chuyển thành sắt hoá trị hai hoà tan trong nước gây độc sắt. Khi sắt bị rửa trôi mất đi, đất trở thành màu trắng bệch và mất kết cấu. Đó là tình trạng đất xám dưới rừng khộp Tây Nguyên và màu trắng bệch, gí chặt của đất phèn được cải tạo ở vùng phù sa sông Hồng.



Chất hữu cơ chỉ có lợi cho hoạt động của vi sinh vật có ích trong điều kiện hảo khí. Sự phân giải nhiều chất hữu cơ trong điều kiện ngập nước gây tình trạng thiếu oxi, tạo nhiều axit hữu cơ làm tăng độ chua là điều kiện thích hợp cho các loại nấm bệnh hại cây trồng. Bệnh đạo ôn, bệnh bạc lá gây hại ở vùng thấp, giàu hữu cơ hơn ở vùng cao có lượng hữu cơ thấp là một ví dụ.

Gần như không có nhân tố nào trong các loại phân vô cơ làm xấu lí tính của đất. Hiện tượng làm phân tán hạt đất do các ion hoá trị 1 như amôn, kali được đề cập đến trong một số tài liệu lí thuyết, nhưng trên thực tế với lượng bón như hiện nay và cao hơn, hiện tượng này chưa thể xảy ra. Trái với canxi, magiê chiếm tỉ lệ khá cao trong các loại phân lân và khi bón vôi, keo kết các hạt đất, tạo kết cấu làm cho lí tính tốt hơn.

Khi bón nhiều phân đạm, hoạt động cố định N của vi sinh vật cố định đạm tự do và cộng sinh đều có thể bị ức chế. Nhưng những kết quả nghiên cứu gần đây cho thấy chỉ khi bón với số lượng quá cao mới gây ảnh hưởng. Trái lại đối với cây họ đậu cung cấp một số lượng đạm vô cơ vừa phải vào giai đoạn đầu khi cây chưa hình thành nốt rễ sẽ làm cho cây phát triển mạnh, phát sinh nhiều nốt rễ

hơn cung cấp đạm tốt hơn cho giai đoạn sau. Phân kali, đặc biệt là phân lân rất hữu ích cho hoạt động của tất cả các loại vi sinh vật có ích.

*- Ảnh hưởng của phân bón đến độ chua của đất.*

Phân hữu cơ trong điều kiện yếm khí hay hảo khí phân giải đều tạo ra axit hữu cơ làm độ chua tạm thời tăng lên. Khi các axit đó trong điều kiện hảo khí tổng hợp thành mùn thì đất không còn chua nữa, còn trong điều kiện yếm khí, các axit hữu cơ tích lũy nhiều trong đất gây chua nghiêm trọng. Đất rừng nhiệt đới giàu mùn, đặc biệt ở vùng địa hình thấp thường có độ chua cao. Đất ven biển dưới rừng tràm, sú, vẹt, được rất chua vì xác của các loài cây này giàu lưu huỳnh, khi phân giải tạo ra  $H_2SO_4$ .

Các loại phân hoá học cũng ảnh hưởng rất lớn đến độ chua của đất. Các loại phân hoá học thông dụng hiện nay rất hiếm khi khử được chua ngoài phân lân tự nhiên và các loại phân lân ít hoà tan như phân lân nung chảy, phân lân axit hoá một phần và kali cacbonat, vôi. Các loại không gây chua hoặc gây chua ít được sản xuất nhiều gần đây như urê, DAP. Các loại phân khác như amôn sunfat, amôn clorua, supe lân chưa trung hoà hết axit, các loại phân kali, kali clorua, kali sunfat.

Đất nhiệt đới mưa nhiều, các chất kiềm dễ bị rửa trôi, chua, nên chọn loại phân vô cơ ít gây chua.

*- Ảnh hưởng của phân bón đến hàm lượng chất dinh dưỡng trong đất.*

Phân hữu cơ do lượng đạm và lân không nhiều nên không ảnh hưởng lớn đến hàm lượng các chất này của đất. Do hàm lượng kali cao nên phân hữu cơ có ảnh hưởng tốt đến lượng kali trong đất.

Khoảng 50-60% số lượng N bón vào đất dưới dạng vô cơ được cây sử dụng. Số còn lại, một số không lớn chuyển thành dạng hữu cơ hoặc được keo đất hấp phụ. Còn số bị rửa trôi đi, tùy theo lượng mưa, cách tưới nước, lí tính đất mà thay đổi rất nhiều, khoảng 10-40%.

Như vậy, lượng N dự trữ trong đất dù cách bón phân hợp lí cũng tăng rất chậm.

Khoảng 30% lượng lân và kali bón vào đất được sử dụng. Do lân và kali sau khi bón vào đất có khả năng chuyển từ dạng hoà tan trong nước sang dạng ít hoà tan hoặc khó hoà tan (bị hấp phụ trên keo đất ở mức độ khác nhau hoặc chuyển thành chất khó hoà tan) nên lượng kali và lân bị rửa trôi đi không đáng kể, thường dưới 10%.

Đối với yếu tố lân, sau nhiều vụ bón lân, hàm lượng lân tổng số tăng lên rất rõ, nhưng tùy theo tính chất mà lân dễ tiêu tăng lên nhiều hay ít do sự chuyển lân thành dạng khó tiêu khác nhau. Ở đất chua, nhiều sắt và nhôm di động, lân chuyển thành dạng  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{AlPO}_4$  và bị giữ chặt trong đất, hiệu lực còn lại cho vụ sau không cao. Trái lại, ở đất ít chua, hiệu lực còn lại vụ sau rất rõ. Vì vậy, cần thay đổi lượng lân bón theo tính chất đất biến động hàng năm.

Do đặc điểm về quá trình hoá lí của kali trong đất mà cây không sử dụng hết dễ được hoàn trả lại cho cây sử dụng. Ảnh hưởng của bón phân kali đến khả năng cung cấp kali cho các vụ sau cần được chú ý.

*- Sự gây độc do các yếu tố khác trong phân bón.*

Phân bón là một hỗn hợp chứa các chất dinh dưỡng và các chất khác, có chất tích lũy nhiều sẽ gây độc hại.

Các loại phân hữu cơ, phân rác sản xuất từ phế thải sinh hoạt và phế thải công nghiệp chứa các thành phần phụ gây ảnh hưởng xấu như chì, thủy ngân, asen, selen v.v...

Các loại phân hoá học, tùy theo nguyên liệu và

quá trình sản xuất cũng có chứa chất gây độc. Các loại phân đạm và phân kali ít có tài liệu đề cập đến chất gây hại. Biurê trong phân urê có thể gây hại ngay sau khi bón nhưng không tích lũy gây độc lâu dài trong đất.

Riêng đối với phân lân, hàm lượng cadimi, selen trong apatit dùng làm nguyên liệu được chú ý đến. Một số nước quy định mức tối đa của hai chất này trong phân để không gây tổn hại đến môi trường đất.

*- Phân bón và độ phì nhiêu thực tế.*

Khi xem xét ảnh hưởng của phân bón đến độ phì của đất, nên chú ý đến độ phì nhiêu thực tế hơn là độ phì nhiêu lí thuyết. Quá chú trọng đến độ phì nhiêu lí thuyết nhiều khi dẫn đến các biện pháp sử dụng phân bón sai lệch. Không nhất thiết đưa đất trồng cà phê, chè, lúa v.v... đến pH trung tính. Nâng cao hàm lượng hữu cơ trong đất có lợi cho trồng rau, ngô, lúa, khoai v.v... nhưng chưa chắc có lợi cho trồng lạc, đậu đỗ, cà chua nhất là thuốc lá, các loại cây thường bị nấm rễ phá hoại.

Trên đất có pH kiềm hoặc trung tính nếu sử dụng phân gây chua khi trồng lúa, có lợi hơn là có hại.

#### **4. Phân bón và phẩm chất nông sản**

Phân bón ảnh hưởng rất lớn đến phẩm chất nông sản, đặc biệt là các loại nông sản dùng làm thức ăn cho người và gia súc. Các chỉ tiêu về thức ăn gia súc chịu ảnh hưởng của bón phân được nghiên cứu là: hàm lượng muối khoáng, các hợp chất hữu cơ như các chất có chứa N, các loại hợp chất có chứa C, vitamin, hormon, enzim v.v...

Các kết quả nghiên cứu cho thấy sự cung cấp quá lượng N và không hợp lí làm tăng lượng nitrat trong nông sản là nguyên nhân tăng bệnh ung thư và một số bệnh khác. Bón nhiều kali gây ra thiếu magiê, natri. Thiếu P gây ra sự tích lũy quá nhiều isoflavin trong cỏ, độc hại cho gia súc, sự thiếu mangan ở đồng cỏ gây ra bệnh vô sinh khi mà đất thiếu mangan lại bón quá nhiều vôi.

Số lượng các kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của phân bón đến phẩm chất nông sản càng ngày càng nhiều.

Người ta nhận thấy năng suất và phẩm chất không đồng hành mà nhiều trường hợp là nghịch biến, năng suất tăng, phẩm chất giảm, hiện tượng thường thấy khi sử dụng phân N. Bón nhiều N năng suất rau tăng nhưng rau nhiều nước, lượng

đường và vitamin giảm xuống, đồng thời rau tích lũy nhiều nitrát gây hại.

Nói chung, quá thiếu hay quá thừa một yếu tố nào đấy đều ảnh hưởng xấu đến phẩm chất nông sản. Đối với yếu tố N ảnh hưởng xấu khi quá thiếu hay quá thừa đến phẩm chất nông sản đều thể hiện rõ.

Cùng với năng suất, sự cung cấp cân đối các chất dinh dưỡng rất quan trọng đối với chất lượng sản phẩm.

## **5. Phân bón và môi trường**

Vấn đề môi trường gần đây thu hút nhiều sự chú ý. Những ô nhiễm có thể gây ra do sử dụng phân bón như sau:

- Bón thừa phân N, cây không sử dụng hết do bào mòn và rửa trôi làm nước ngầm có nhiều nitrat có thể ô nhiễm nguồn nước.

- Hiện tượng phú dưỡng. Đó là sự tích lũy các chất hữu cơ có nguồn gốc phế thải động vật, thực vật, các muối nitrat, photphat rửa trôi từ các ruộng được bón phân vào các ao hồ, sông lạch làm cho các loại tảo, vi sinh vật yếm khí phát triển mạnh gây ô nhiễm nguồn nước và toả khí độc vào không khí.

- Sản xuất các loại phân hữu cơ không đúng phương pháp gây ô nhiễm.

- Sử dụng phân hữu cơ không được xử lí, chế biến (phân chuồng, phân bắc tươi, nước cống rãnh) gây mất vệ sinh.

Có ý kiến cho rằng thận trọng trong sử dụng phân N để tránh hậu quả là đúng nhưng quá thoải phồng nhiều khi cũng gây thiệt hại, vì trên thế giới, đặc biệt là nhân dân các nước đang phát triển và chậm phát triển vẫn chưa sử dụng đủ phân đạm nhằm đạt năng suất tối ưu cần thiết để vượt qua ngưỡng đói nghèo.

Lượng đạm bón thừa sẽ rửa trôi ra sông, thấm sâu vào tầng nước ngầm ảnh hưởng đến nước sinh hoạt. Ngưỡng chuẩn trong nước uống theo quy định của cộng đồng Châu Âu không quá  $11,3\text{gN/m}^3$ . Nếu hơn 50% lượng đạm bón vào đất được cây hút, 10-40% bị rửa trôi và thấm sâu tùy theo lượng mưa và tính chất đất. Khoảng 40-60% lượng đạm chưa dùng hết bị rửa trôi bề mặt ra sông suối và khoảng 40-60% thấm sâu, trong phần này 0-50% (trung bình 25%) bị phản natri hoá thì có thể thấy lượng bón hiện nay ở nước ta còn xa mới có thể gây ô nhiễm.

Hiện tượng phú dưỡng ở ao hồ, sông suối chỉ



quan sát thấy ở các vùng đô thị, thị trấn và ven làng. Điều đó chứng tỏ nguyên nhân ô nhiễm chủ yếu là do rác sinh hoạt, không phải là do bón phân trên đồng ruộng.

Với mức quy định hàm lượng Cd và Se trong phân lân được lưu hành trên thị trường hiện nay thì với lượng bón 100kg  $P_2O_5$ /ha/năm, phải hơn 1 thế kỉ nữa lượng Cd và Se trong đất mới tích lũy đến mức phải kiểm soát.

Phân bón ảnh hưởng nhiều mặt đến độ phì của đất, biểu hiện ở năng suất vụ sau tăng lên khi không tiếp tục bón phân. Hiệu lực tồn dư và lãi tồn dư là tiền thu được do bán sản phẩm tăng lên đó. Ảnh hưởng của phân bón đến độ phì của đất thể hiện cụ thể ở số lãi tồn dư.

Sự giảm năng suất do ảnh hưởng xấu của bón phân không đúng cách, hiệu lực tồn dư và lãi tồn dư âm chưa được nông dân chú ý nhiều. Tránh hiệu lực tồn dư âm, lãi tồn dư âm là mục tiêu của sử dụng phân bón phối hợp cân đối.

- Lãi suất trồng trọt tăng lên do sử dụng phân bón và lãi suất phân bón tăng lên khi nhà nông biết áp dụng nguyên lí sử dụng phân bón cân đối. Số lượng phân cần sử dụng sẽ có thể giảm bớt đi,

chi phí bón phân cũng có thể giảm bớt đi mà năng suất và phẩm chất nông sản tốt hơn.

Hệ thống sử dụng phân bón phối hợp cân đối có thể hiểu là sự phối hợp hài hoà giữa các thành tố trong hệ thống nông nghiệp với kỹ thuật bón phân để cung cấp cân đối chất dinh dưỡng cho cây trồng nhằm đạt 5 mục tiêu sau đây:

- Đạt năng suất cây trồng mong muốn.
- Đạt chất lượng sản phẩm mong muốn.
- Tăng thu nhập cho người sản xuất.
- Hồi phục, làm tăng độ phì nhiêu của đất và bảo vệ môi trường sống.

Sản phẩm nông nghiệp đã trở thành hàng hoá. Năng suất cao không còn là mục tiêu của sản xuất mà đã thay đổi thành: đạt được năng suất thích hợp thu được lợi nhuận cao nhất. Chất lượng sản phẩm tùy thuộc thị hiếu của người tiêu dùng, cho nên khái niệm chất lượng cao chung chung cũng không còn phù hợp nữa. Tùy theo yêu cầu của thị trường mà xác định mục tiêu chất lượng sản phẩm mong muốn.

Các hệ thống sử dụng phân bón phối hợp cân đối sẽ thiếu khả năng khả thi khi các biện pháp đề ra chỉ bó hẹp trong một vụ trồng, thiếu sự phối hợp

hài hoà với các thành tố khác trong hệ thống canh tác và hệ thống nông nghiệp.

Khi xây dựng hệ thống sử dụng phân bón phối hợp cân đối cần xem xét trong mối quan hệ chi phối (hàng dọc), tức là xuất phát từ hệ thống phát triển bền vững đã được chọn lựa hoặc ít nhất (tùy thuộc điều kiện cụ thể cho phép) xuất phát từ hệ thống nông nghiệp hoặc hệ thống canh tác bền vững.

Sự xem xét này không những làm cho hệ thống sử dụng phân bón phối hợp cân đối trở nên khả thi mà còn làm cho hệ thống xây dựng nên được chuẩn xác.

Sau đó cần xem xét trong mối quan hệ đồng đẳng (hàng ngang) để cho hệ thống sử dụng phân bón phối hợp cân đối xây dựng nên phù hợp các điều kiện trồng trọt cụ thể.

Quy trình sử dụng phân bón phối hợp cân đối áp dụng cho một vụ trồng trọt nhất định nhằm các mục tiêu cụ thể để đề ra cho từng vụ và sản xuất bền vững lâu dài.

Bằng các biện pháp kĩ thuật người sản xuất có xu hướng cố gắng đạt đến năng suất và phẩm chất nông sản tối đa. Tuy nhiên, xu hướng này không hoàn toàn đúng. Quy luật tối đa cho thấy cả năng

suất và phẩm chất đều không tăng tỉ lệ thuận với đầu tư phân bón, lãi ròng và lãi suất tùy điều kiện cụ thể cũng không tăng tỉ lệ thuận với đầu tư phân bón.

Thu được những kilôgam sản phẩm cuối cùng của tiềm năng tăng năng suất, cũng như để cho chất lượng sản phẩm đạt đỉnh cao nhất mà giống có thể đạt được thì chi phí sẽ lớn, nguy cơ thất thu và giảm chất lượng sản phẩm sẽ tăng lên. Muốn sản xuất đưa lại lợi nhuận nhiều, chỉ nên điều khiển các biện pháp kĩ thuật đạt đến 50-75% năng suất và phẩm chất tối đa của giống.

Trước lúc vào vụ sản xuất, cần căn cứ trên tình hình thị trường mà đề ra mức năng suất và phẩm chất cần đạt được để thu được lợi nhuận tối đa. Toàn bộ hệ thống kĩ thuật, trong đó có hệ thống kĩ thuật sử dụng phân bón phải nhằm vào mục tiêu đó.

Về mặt bảo vệ và làm tăng độ phì nhiêu của đất cũng vậy. Nên nhằm vào độ phì nhiêu thực tế mà các vụ trồng trọt tiếp theo cần có chứ không phải là độ phì nhiêu lý thuyết. Một hệ thống sử dụng phân bón đúng đắn không có nghĩa là một hệ thống có bón đầy đủ phân hữu cơ, phân vô cơ, đầy đủ các yếu tố NPK, trung lượng và vi lượng trên quan

điểm trả lại cân bằng, lấy đi bao nhiêu phải trả lại bấy nhiêu. Như vậy, sẽ không kinh tế.

Cần biết lợi dụng độ phì nhiêu tự nhiên đến mức tối đa mà vẫn giữ được sự bền vững.

Không có hệ thống sử dụng phân bón chung cho tất cả mọi điều kiện. Thông thường các cơ quan khoa học, khuyến nông quốc gia chỉ đưa ra các quy trình hướng dẫn. Nếu áp dụng nguyên xi các quy trình này sẽ không mang lại kết quả mong muốn, có khi còn ngược lại. Quy trình sử dụng phân bón phối hợp cân đối mang tính cụ thể nghiêm ngặt.

Trước hết, nó phải cụ thể không những cho từng loại cây mà còn cụ thể cho từng dạng sinh học (giống cây). Sự phát triển của cách mạng giống cây trồng đã tiến sang giai đoạn tạo ra các dạng sinh học yêu cầu điều kiện sinh sống rất khác nhau: giống chịu chua, chịu mặn, giống đòi hỏi bón phân nhiều, giống chịu thiếu phân, giống chịu thiếu lân, thiếu kali, yêu cầu ít về đạm v.v...

+ Phải cụ thể cho từng điều kiện địa lí thổ nhưỡng. Khả năng thay đổi điều kiện khí hậu cho phù hợp với yêu cầu của cây trồng rất hạn chế, khả năng thay đổi tính chất đất cũng không phải dễ dàng. Nên nông nghiệp sinh thái là sự chọn lựa và thích ứng của con người căn cứ theo điều

kiện tự nhiên hiện hữu. Cần có hệ thống sử dụng phân bón thích hợp cho từng điều kiện địa lí, thổ nhưỡng.

+ Lí tính của đất khó thay đổi và thay đổi chậm. Hệ thống sử dụng phân bón phải cụ thể cho từng loại đất có lí tính khác nhau. Thông thường lí tính đất ảnh hưởng đến kĩ thuật bón, trong một số trường hợp nhất định ảnh hưởng đến loại phân, loại yếu tố cần bón.

+ Cung cấp nước đủ hay thiếu, có khả năng điều hoà hay không cũng là một điều kiện cụ thể phải cân nhắc đến. Thông thường khi tưới tiêu chủ động làm tăng hiệu quả bón phân. Tình hình cung cấp nước nhiều khi còn ảnh hưởng đến loại phân nên chọn sử dụng và kĩ thuật bón phân.

+ Thay đổi quy trình bón phân hướng dẫn theo hoá tính và sinh tính được chú ý từ lâu. Quan điểm chung là cần lợi dụng đầy đủ khả năng cung cấp dinh dưỡng chứa sẵn trong đất và do hoạt động vi sinh vật trong đất đưa lại để giảm bớt chi phí về phân bón. Hoá tính và sinh tính của đất thay đổi rất nhanh trong quá trình trồng trọt. Sự kiểm tra định kì hoá tính và sinh tính đất từ 3 đến 5 năm một lần là cần thiết để biến các quy trình sử dụng phân bón hướng dẫn thành quy trình cụ thể.

+ Sự khác nhau về thời tiết các vụ trong năm cũng ảnh hưởng đến quy trình sử dụng phân bón. Thời tiết nước ta, đặc biệt là thời tiết các tỉnh miền Bắc phân ra hai mùa rõ rệt. Quy trình bón phân cho cây ngắn ngày vụ đông xuân và vụ hè thu cần có những thay đổi thích hợp.

Nhu cầu chất dinh dưỡng và khả năng hút chất dinh dưỡng của cây thay đổi rất nhiều theo thời kì sinh trưởng của cây. Đối với cây hàng năm, thông thường thời kì cây đòi hỏi và hút chất dinh dưỡng mạnh nhất là thời kì cây sinh trưởng mạnh và bắt đầu ra nụ hoa. Đối với cây lâu năm, thời kì cây đòi hỏi và hút chất dinh dưỡng mạnh nhất là giai đoạn giữa của nhiệm kì (thời gian từ khi đặt cây đến khi trồng mới).

Khả năng cung cấp chất dinh dưỡng của đất cho cây thay đổi liên tục từ năm này qua năm khác, từ đầu vụ đến cuối vụ, do ảnh hưởng của thời tiết, nước và độ thoáng khí của đất, kĩ thuật canh tác và sự phát triển của hệ rễ cây trồng. Hệ thống sử dụng phân bón cân đối cần đạt yêu cầu cung cấp cân đối chất dinh dưỡng cho cây ở tất cả các thời kì.

Vì phải đáp ứng tính cụ thể nên quy trình sử dụng phân bón phối hợp cân đối chia làm hai loại:

*- Quy trình sử dụng phân bón phối hợp cân đối.*

Phải xây dựng quy trình sử dụng phân bón cân đối cho từng loại cây trồng, từng điều kiện địa lí thổ nhưỡng, có khi chi tiết hơn đến giống cây trồng. Về đất có khi chi tiết đến từng loại đất và lí tính, đồng thời cũng cần xây dựng các nguyên tắc thay đổi quy trình hướng dẫn theo thời tiết hàng vụ, các đặc điểm về hoá tính và sinh tính của từng cánh đồng, vụ trồng. Đối với cây lâu năm, gần đây có một số nhà khoa học đề xuất nên dùng phương pháp chẩn đoán lá thay cho phương pháp phân tích đất.

*- Quy trình sử dụng phân bón cân đối thực hiện cụ thể cho từng vụ trồng.*

Trước hết căn cứ trên phân tích thị trường, phân tích kinh tế xác định mức năng suất và yêu cầu chất lượng sản phẩm cần đạt, loại và dạng phân có thể cung ứng. Căn cứ theo quy trình hướng dẫn mà xây dựng lại quy trình sử dụng phân bón, áp dụng cụ thể cho vụ trồng hoặc năm trồng.

Tất cả các hệ thống sử dụng phân bón phối hợp cân đối, cố gắng tạo ra sự phù hợp tối ưu giữa nhu cầu và cung cấp, nhằm đạt đến mục tiêu. Tuy nhiên khó lòng mà đạt được sự hoàn mĩ. Nhiều yếu



tổ chi phối khoa học ngày nay vẫn chưa tìm được phương pháp định lượng chuẩn xác. Đáp số cuối cùng là sản xuất có lãi, cho lãi ổn định và không ảnh hưởng xấu đến môi trường, tức là nông nghiệp bền vững. Quy trình bón phân phối hợp cân đối chỉ là gần đúng. Tất cả mọi cố gắng đều hướng đến gần đúng nhất.

## II. DINH DƯỠNG VỚI CÂY TRỒNG

### 1. Dinh dưỡng cần thiết cho cây trồng

Cây trồng cần thức ăn cho sự sinh trưởng, phát triển. Trong thành phần của cây trồng có mặt hầu hết các chất hoá học tự nhiên (khoảng 92 nguyên tố), nhưng chỉ có 16 nguyên tố thiết yếu với cây trồng, trong đó có 13 nguyên tố khoáng. Những nguyên tố được coi là thiết yếu với cây trồng phải đáp ứng 3 tiêu chuẩn sau:

- Nếu thiếu hụt nguyên tố đó thì cây trồng sinh trưởng và phát triển không bình thường.

- Triệu chứng thiếu hụt nguyên tố đó có thể được ngăn ngừa hoặc khắc phục nếu chỉ bón nguyên tố đó cho cây.

- Nguyên tố đó phải tồn tại được trực tiếp trong dung dịch dinh dưỡng của cây trồng và thể hiện hiệu quả trong một số điều kiện sinh học và hoá học ở trong đất hoặc trong điều kiện trồng trọt bình thường.

Tất cả các nguyên tố dinh dưỡng thiết yếu đều

quan trọng như nhau đối với sự sinh trưởng và phát triển của cây trồng. Sự thiếu hụt hay dư thừa của bất kỳ nguyên tố nào xuất hiện trong quá trình sinh trưởng, phát triển của cây thì cây đều bị ảnh hưởng bất lợi. Ngoài các chất dinh dưỡng thiết yếu, một số cây trồng còn có nhu cầu những chất khác như natri (Na) và nhôm (Al) cần thiết đối với nho, coban (Co) cần cho cây họ đậu, nhôm cần cho cây chè...

## 2. Phân loại

Ngày nay, FAO (Tổ chức Nông lương Liên hợp quốc) hay IFA (Hiệp hội Phân bón Thế giới) đều thống nhất chia 13 chất dinh dưỡng thiết yếu với cây trồng làm 3 nhóm:

- Nhóm đa lượng (major nutrients) hay (primary nutrients) gồm đạm (N), lân (P), kali (K). Đây là các chất dinh dưỡng thiết yếu mà cây trồng hút/lấy đi nhiều.

- Nhóm trung lượng (secondary nutrients) gồm lưu huỳnh (S), canxi (Ca) và magiê (Mg). Đây là các chất dinh dưỡng khoáng thiết yếu mà cây trồng hút/lấy đi với lượng trung bình.

- Nhóm vi lượng (micro nutrients) gồm kẽm (Zn), sắt (Fe), đồng (Cu), mangan (Mn), bo (B), molybden

(Mo) và clo (Cl). Đây là các chất dinh dưỡng khoáng thiết yếu mà cây trồng hút/lấy đi với lượng ít.

Một số chất khác tuy không cần thiết cho tất cả các cây trồng nhưng cũng có vai trò rất quan trọng đối với một số cây và động vật như coban (C), selen (Se), niken (Ni), vanadi (V), iot (I)... mà cây cần với lượng rất ít nên có thể coi là nguyên tố siêu vi lượng. Một số tác giả dùng thuật ngữ "đất hiếm" để chỉ một số nguyên tố mà cây cần với lượng quá nhỏ (siêu vi lượng). Một số tác giả khác lại dùng thuật ngữ nguyên tố vết "Trace" để chỉ các nguyên tố siêu vi lượng hay để chỉ cả nguyên tố vi lượng và siêu vi lượng.

Ngoài các chất dinh dưỡng thiết yếu và có ích cho cây, trong đất, nước thải và một số loại phân bón còn có các nguyên tố kim loại nặng như chì (Pb), thủy ngân (Hg), catmi (Cd), asen (As)... Đây là các nguyên tố có thể gây độc cho cây và ảnh hưởng đến sức khỏe của người sử dụng nông sản nếu hàm lượng vượt ngưỡng cho phép. Các vùng đất gần khu công nghiệp tập trung và làng nghề truyền thống do bị ảnh hưởng của nước thải công nghiệp, khói bụi nên phải chú ý hàm lượng kim loại nặng thường cao hơn các vùng đất khác. Một

số phân bón sản xuất từ rác thải hay bụi, xỉ của các nhà máy cũng cần phải kiểm soát chặt hàm lượng kim loại nặng để ngăn ngừa tình trạng tích lũy gây ô nhiễm đất và dư lượng trong nông sản.

Các chất dinh dưỡng thiết yếu với cây trồng dù là đa, trung, vi lượng hay siêu vi lượng đều phải được cung cấp đầy đủ và cân đối mới giúp cây trồng sinh trưởng tốt, cho năng suất cao và chất lượng nông sản tốt. Bất kỳ một sự thiếu hụt hay dư thừa nào đều làm giảm năng suất và ảnh hưởng đến chất lượng nông sản.

### III. MỘT SỐ LOẠI PHÂN VI LƯỢNG

#### 1. Kẽm (Zn)

##### a. Kẽm

Trong đất, kẽm tồn tại ở các dạng ion  $Zn^{2+}$  trong dung dịch đất,  $Zn^{2+}$  hấp thu trên bề mặt keo đất, trong các chất hữu cơ, carbonate, oxit... Một số kết quả nghiên cứu của các tác giả nước ngoài cho thấy có tới 30-60% kẽm tồn tại ở dạng kết hợp với khoáng sắt ( $Fe_2O_3$ ) và 20-45% với khoáng sét và một số khoáng chất khác. Hàm lượng kẽm trong đất phụ thuộc vào đá mẹ hay mẫu chất cũng như chế độ canh tác. Các dạng kẽm trong đất luôn có sự chuyển hoá và biến đổi tùy thuộc điều kiện môi trường đất và sự hấp thu của cây.

Trong đất, kẽm tồn tại ở các dạng:

- Trong cấu trúc của các khoáng chất, đặc biệt trong khoáng sét như augite, hornblene và biotite.
- Trong các hợp chất muối: Sphalartite ( $ZnFeS$ ); kẽm sunfit ( $ZnS$ ); smithsonite ( $ZnCO_3$ ); kẽm silicat ( $ZnSiO_3$  và  $ZnSiO_4$ )-willemite và kẽm oxit ( $ZnO$ ).

- Kẽm hấp thu trên bề mặt keo đất.
- Kẽm trong các phức: Zn-hữu cơ tan và không tan.
- Trong dung dịch: Ion  $Zn^{2+}$

Một lượng lớn kẽm trong đất nằm trong cấu trúc của các chất khoáng nguyên sinh. Kẽm tan trong nước, hữu hiệu với cây trồng có nồng độ rất thấp (0,02-0,2ppm).

Đất bị rửa trôi mạnh thường có hàm lượng kẽm tổng số rất thấp ( $Zn < 30ppm$ ). Tình trạng thiếu kẽm thường xảy ra trên những đất nghèo kẽm tổng số trừ những cây không phản ứng với kẽm trong đất. Với cây lúa, tình trạng thiếu kẽm thường xuất hiện trên những đất có kẽm tổng số ở tầng mặt (0-20cm)  $< 200kg\ Zn/ha$ . Giàu kẽm tổng số cũng chưa phải là sự bảo đảm đủ kẽm cho cây bởi vì lượng kẽm cây hút còn phụ thuộc vào kẽm hữu hiệu trong đất. Tình trạng thiếu kẽm xuất hiện phổ biến ở nhiều vùng trên thế giới, đặc biệt là các vùng trồng lúa ở châu Á. Các loại đất có thành phần cơ giới nhẹ, rửa trôi xói mòn mạnh, hàm lượng lân hữu hiệu cao thường thiếu kẽm.

Kẽm hữu hiệu trong đất chi phối dinh dưỡng kẽm của cây trồng và phản ánh một phần kẽm tổng số trong đất.

Ở đất chua, hàm lượng kẽm hữu hiệu cao, ngược lại, ở đất kiềm kẽm hữu hiệu thấp. Nhiều trường hợp thiếu kẽm ở cây trồng đã được ghi nhận ở đất có pH >6. Khi pH cao, kẽm kết tủa ở dạng vô định hình không tan như  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{ZnSiO}_4$  làm giảm  $\text{Zn}^{2+}$  trong dung dịch đất.

Việc bón vôi ở đất chua sẽ làm tăng pH đất, ảnh hưởng đến khả năng tan của  $\text{Zn}^{2+}$ , làm giảm  $\text{Zn}^{2+}$  cây hút. Khả năng hấp phụ của  $\text{CaCO}_3$  cũng làm giảm  $\text{Zn}^{2+}$ . Sự hấp phụ  $\text{Zn}^{2+}$  bởi khoáng sét, sắt, nhôm oxit, chất hữu cơ và  $\text{CaCO}_3$  tăng lên khi pH tăng. Ở đất chua, hàm lượng kẽm cao hơn đất kiềm song tình trạng thiếu kẽm vẫn có thể xảy ra, nhất là ở đất cát, cát pha vì sự rửa trôi mạnh làm suy kiệt kẽm hữu hiệu.

Việc điều chỉnh tăng hoặc giảm pH đất có thể hạn chế tình trạng thiếu kẽm. Bón vôi giúp tăng pH, đồng thời cũng giảm Zn hữu hiệu trong đất. Bón vôi quá liều dẫn đến thiếu kẽm. Ngược lại, việc bón lâu dài phân chua sinh lý như amôn sunfat (SA), NPK 16-16-8-13S hay supe lân sẽ làm cho đất chua và tăng kẽm hữu hiệu. Tuy nhiên, một số đất quá chua lại dẫn đến dư thừa kẽm gây ngộ độc cho cây.

Đất nghèo hữu cơ thường thiếu kẽm và kẽm hữu



hiệu tăng khi hàm lượng hữu cơ trong đất tăng, tuy nhiên không phải luôn tăng tương ứng vì còn phụ thuộc vào yếu tố khác. Nhiều trường hợp thiếu kẽm đã được phát hiện trên đất quá giàu hữu cơ như đất than bùn và đất mùn gley.

Đất có kết cấu thô thường nghèo kẽm, ngược lại, đất có cấu trúc tốt, hàm lượng kẽm hữu hiệu thường cao hơn. Đất sét có hàm lượng kẽm cao do nhóm OH trong tinh thể khoáng sét có khả năng hấp phụ kẽm mạnh. Đất cát và đất có thành phần cơ giới nhẹ, rửa trôi nhiều thường không đáp ứng đủ kẽm cho cây trồng.

Tình trạng lúa nước thiếu kẽm thường thấy ở đất pH cao và giàu  $\text{CaCO}_3$ , mặc dù đất chua vẫn có tình trạng thiếu kẽm. Khi ngập nước, hàm lượng nhiều chất dinh dưỡng tăng nhưng trừ kẽm. Ở đất chua, thiếu kẽm có thể do sự ngập nước đã làm tăng Fe, Mn và  $\text{HCO}_3$  làm kết tủa kẽm ở dạng  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  hoặc  $\text{ZnS}$ . Ở đất kiềm, sự ngập nước làm giảm pH dẫn đến tăng kẽm hữu hiệu. Tuy nhiên, pH đất cao và sự thiếu khí có thể làm thiếu kẽm nặng hơn.

Nhiệt độ thấp làm giảm khả năng khoáng hoá các hợp chất Zn-hữu cơ trong đất và hạn chế quá trình hút kẽm của cây. Tình trạng thiếu hụt kẽm

thường xảy ra trong mùa lạnh, mùa mưa và giảm đi khi thời tiết ấm lên. Nhiệt độ đất tăng làm tăng hàm lượng kẽm hữu hiệu.

Cây trồng có mức độ mẫn cảm khác nhau với Zn. Ở đất có 0,8ppm Zn, lúa nước thiếu Zn nhưng lúa mì lại đủ.

### *Mức độ mẫn cảm của cây trồng với kẽm*

| Cây mẫn cảm | Cây mẫn cảm trung bình | Cây ít mẫn cảm |
|-------------|------------------------|----------------|
| Lúa         | Bông                   | Đậu Hà Lan     |
| Cây có múi  | Khoai tây              | Cà rốt         |
| Nho         | Cà chua                | Măng tây       |
| Đậu nành    | Lúa mì                 | Ớt             |
| Ngô (bắp)   | Lúa miến               | Cải dầu        |
| Hành        | Củ cải đường           | Lúa mạch       |

Ngô và đậu là các cây rất mẫn cảm với kẽm, trong khi cà rốt, măng tây lại ít mẫn cảm. Sự mẫn cảm của cây trồng với kẽm là do khả năng hút và vận chuyển kẽm khác nhau. Như vậy, một loại đất có thể thiếu kẽm với cây trồng này song có thể đủ với cây trồng khác.

Ngưỡng thiếu kẽm trong đất không thể tách rời mà phụ thuộc vào sự mẫn cảm của từng cây trồng. Ngay cả với một loại cây, ngưỡng thiếu kẽm cũng

khác nhau giữa các loại đất bởi vì còn có một yếu tố ảnh hưởng đến dinh dưỡng kẽm trong đất. Nhìn chung, kẽm trong đất  $< 20\text{ppm}$  Zn có thể hạn chế năng suất cây trồng, ngược lại  $100\text{ppm}$  thường được xem là dư thừa còn  $> 400\text{ppm}$  thì có thể ngộ độc đối với hầu hết các loại cây.

Nhiều kết quả nghiên cứu đã kết luận đất thiếu kẽm khi hàm lượng kẽm hữu hiệu  $< 0,6\text{ppm}$  Zn và phân kẽm được khuyến cáo bón cho tất cả các cây trồng trên những đất này. Tương tự, người ta khuyến cáo bón phân kẽm cho những đất có Zn  $< 0,6\text{ppm}$  (DTPA-Zn) và cho những cây trồng thuộc nhóm mẫn cảm nhất với kẽm. Ở một số nước khác nếu hàm lượng kẽm  $< 0,5\text{ppm}$  Zn (DTA-Zn), cần bón phân kẽm cho cây, nếu kẽm từ  $0,5-1\text{ppm}$  Zn không nhất thiết phải bón phân kẽm.

### ***b. Kẽm trong cây***

Kẽm là thành phần kim loại cấu tạo một số men (enzym) như metall-enzymes-carbonic, anhydrase, alcohol dehydrogenase... đóng vai trò quan trọng trong quá trình tổng hợp axit nucleic (RNA) và protein. Thiếu Zn, sự tổng hợp ARN giảm do đó ức chế tổng hợp protein trong cây. Kẽm tham gia một số phản ứng sinh hoá trong cây.

Kẽm có vai trò quan trọng trong quá trình sinh

tổng hợp indole acetic acid và tryptophan, trong việc hình thành chất tăng trưởng auxin. Chồi non của các cây thiếu kẽm thường có hàm lượng auxin rất thấp, do đó cây cằn cỗi, chậm phát triển. Ngoài ảnh hưởng trực tiếp, kẽm còn có tác dụng gián tiếp với cây trồng nhờ tăng cường khả năng sử dụng lân và đạm của cây.

Hàm lượng kẽm trong các loại cây trồng biến động rất rộng, từ 1-10.000ppm tính theo hàm lượng chất khô. Ở các loại cây phổ biến, hàm lượng kẽm dao động, từ 10-100ppm. Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến dinh dưỡng kẽm trong cây.

Trong cây, rễ là bộ phận có hàm lượng kẽm cao nhất, sau tới lá và thấp nhất là thân và cành. Hàm lượng kẽm ở các phần non của cây thường cao hơn phần già. Hàm lượng kẽm giảm dần theo tuổi cây, tuổi cây càng cao, hàm lượng kẽm càng giảm.

Hàm lượng kẽm trong cây cũng phụ thuộc vào các nguyên tố dinh dưỡng khác. Người ta cho rằng phân đạm làm tăng khả năng hấp thu của rễ, từ đó tăng lượng kẽm cây hút. Dạng đạm amôn làm giảm sự ngộ độc kẽm với cây, trong khi đạm nitrat làm mức độ ngộ độc kẽm trầm trọng hơn. Hàm lượng lân trong đất cao làm cho kẽm kết tủa, lượng kẽm trong đất giảm dẫn tới hàm lượng kẽm trong cây

thấp. Bón phân lân, đặc biệt là với lượng lân cao cũng làm giảm lượng kẽm hữu hiệu, giảm lượng kẽm cây hút dẫn tới thiếu kẽm. Tương tự, sự dư thừa sắt hay mangan trong đất cũng làm cho hàm lượng kẽm trong cây thấp.

Hàm lượng kẽm trong cây tương quan khá chặt với hàm lượng kẽm hữu hiệu trong đất, nó cũng là chỉ số phản ánh môi trường đất. Phân tích cây thật sự cần thiết giúp cho việc chẩn đoán kẽm một cách chính xác.

Để phân tích kẽm phải lấy mẫu ở các thời kỳ sinh trưởng đầu của cây. Cần lấy các lá đã phát triển hoàn thiện (lá 2 đến 4 từ ngọn) vì các lá này mới thể hiện rõ hàm lượng kẽm của cây. Để đề phòng nhiễm kẽm từ dụng cụ vào mẫu, cần lấy mẫu bằng tay hoặc các dụng cụ không chứa kẽm.

Nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy có sự tương quan giữa hàm lượng kẽm trong cây với sinh trưởng, phát triển và năng suất cây trồng. Đối với lúa, nếu kẽm trong thân lá  $< 20\text{ppm}$  Zn thì năng suất giảm. Nếu hàm lượng kẽm trong thân lá  $< 25\text{ppm}$  Zn thì sinh trưởng phát triển bị ảnh hưởng nghiêm trọng và năng suất giảm rõ rệt. Ngưỡng thiếu kẽm ở cây trồng thường nằm trong khoảng 10-20ppm. Tuy nhiên, không có ngưỡng thiếu kẽm

chung cho tất cả các loại cây. Những cây có khả năng sử dụng kẽm tốt thì ngưỡng thiếu là 15ppm hoặc 10ppm Zn.

So với ngưỡng thiếu, ngưỡng ngộ độc kẽm còn ít được biết đến. 100ppm Zn thường nằm trong khoảng thừa kẽm và 400ppm Zn là giá trị ngộ độc kẽm ở hầu hết các loại cây trồng. Đối với những cây có khả năng chịu kẽm cao như ngô, đậu nành thì ngưỡng ngộ độc là 150ppm Zn.

Sự thiếu hụt kẽm có thể chẩn đoán khá chính xác qua việc phân tích kẽm trong cây. Phân tích cây có thể giúp phát hiện sớm tình trạng thiếu kẽm trước khi các triệu chứng trên cây xuất hiện để áp dụng bón phân kẽm kịp thời. Tuy nhiên, cần quan tâm đến tương tác giữa kẽm với các chất dinh dưỡng khác đặc biệt là các ion kim loại cùng dấu bởi sự dư thừa một nguyên tố dinh dưỡng này có thể dẫn đến sự thiếu hụt nguyên tố khác.

### ***c. Triệu chứng thiếu kẽm ở cây trồng***

Triệu chứng thiếu kẽm thường xuất hiện rõ nhất trên lá, chủ yếu trên các lá non đã trưởng thành hoàn toàn (lá thứ 2 và 3 từ trên xuống). Tuy nhiên, nó cũng có thể xuất hiện đồng thời ở các bộ phận khác của cây. Thiếu kẽm không những ảnh hưởng đến sự phát triển của cây mà nó còn cản trở sự

phát triển của bộ rễ. Thiếu kẽm năng suất cây trồng có thể giảm tới 50% so với đầy đủ kẽm. Một số triệu chứng rất điển hình ở lúa, cây có múi, nhỏ và táo có thể dùng như chỉ số của sự thiếu hụt kẽm và thường có đặc trưng sau:

Lá chuyển xanh lục nhạt, vàng hoặc xuất hiện những đốm bạc trắng ở phần giữa của lá. Ở một số cây trồng, có thể xuất hiện những đốm nhỏ màu nâu trên mặt lá. Những lá non trên ngọn rất nhỏ, biến dạng, mọc xít nhau làm cho chùm lá non xù ra. Cây còi cọc, lùn, thân cây yếu, mềm. Các chồi non chết khô, sau lan dần ra cả cây, cây chậm ra hoa. Quả thường không phát triển dẫn đến năng suất thấp thậm chí không có năng suất.

- Ở lúa: Triệu chứng thiếu kẽm thường xuất hiện từ ngày thứ 10 tới ngày thứ 40 sau khi gieo cấy tùy theo giống, điều kiện đất và khí hậu. Thiếu kẽm làm sự hồi xanh chậm lại, cây còi cọc, kém nở bụi, cây hơi lùn, lá nhỏ xù ra và thường có sọc màu trắng ở giữa các lá non và lá giữa. Xuất hiện các đốm nhỏ rải rác màu vàng nhạt đến nâu trên các lá giữa sau đó phát triển rộng ra, hợp lại và trở thành màu nâu sẫm. Hiện tượng thiếu kẽm thường xảy ra ở đất nghèo kẽm hay đất có hàm lượng lân,  $\text{HCO}_3$  cao hoặc do bón quá nhiều lân và phân hữu cơ.

Trong khi thiếu kẽm mà bón nhiều đạm, đặc biệt là urea thì sẽ càng làm cho tình trạng thiếu kẽm trầm trọng hơn bởi các vi sinh vật có ích phát triển không tốt. Trong trường hợp này bón kẽm là cần thiết để kích thích sự phát triển của chúng.

- Ở ngô: Thiếu kẽm xuất hiện sọc vàng nhạt, vàng trắng đến đỏ giữa các gân và mép lá, xảy ra chủ yếu ở phần dưới của lá. Khi thiếu nặng, các sọc này lan ra cả bề mặt lá. Trong một số trường hợp, các lá non chuyển trắng hoặc vàng, trường hợp này còn được gọi là "ngọn trắng".

- Trên cây có múi: Xuất hiện úa vàng không đều (tương phản giữa phần vàng trắng và phần xanh đen) ở phần thịt của lá. Các lá non ngắn và hẹp, sự hình thành nụ hoa và quả giảm mạnh, các đỉnh sinh trưởng ở đầu cành bị teo và khô dần đi.

Đối với nho, thiếu kẽm làm cho kích thước các lá nhỏ, lá chuyển vàng. Ở táo, thiếu kẽm làm cây dễ bị bệnh, phần thịt lá non chuyển vàng trong khi gân lá còn xanh, lá cây nhỏ, bề mặt xuất hiện các vết nhăn, chồi non khô dần. Ở các cây họ đậu, cây còi cọc, lá vàng trong khi gân giữa của lá còn xanh. Các chồi và lá non chuyển vàng và đồng thau, lá già rụng sớm.

Khi gặp những triệu chứng không điển hình



hoặc còn có sự nghi ngờ tình trạng thiếu kẽm ở cây có thể áp dụng cách phun kẽm qua lá để kiểm tra. Pha kẽm và vôi vào nước với tỷ lệ 0,5% kẽm sunfat và 0,25% vôi rồi phun lên thân lá cây trồng. Nếu thiếu kẽm, cây sẽ trở lại xanh tốt bình thường sau 10-14 ngày kể từ khi phun. Những lá mới ra cũng có màu xanh và không có triệu chứng thiếu kẽm. Để việc phun kiểm tra có kết quả, cần phun ngay ở đầu vụ. Riêng đối với các cây thuộc họ hành tỏi không thích hợp với phương pháp này.

#### *d. Phân kẽm và cách sử dụng*

Kẽm sunfat (23-36% Zn) tan hoàn toàn trong nước nên dùng được cho cả bón gốc và phun lá. Kẽm sunfat có thể ở dạng bột, dạng tinh thể hoặc dạng viên. Kẽm oxit ít tan trong nước hơn so với kẽm sunfat, thường được dùng để bón vào đất hoặc dùng cho quá trình tạo hạt phân bón đa lượng. Kẽm oxit có giá thấp, hàm lượng kẽm cao (60-80% Zn) có thể dùng bón lót hay tẩm vào hạt giống khi gieo.

Các muối kẽm khác như  $\text{ZnCO}_3$ ;  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ ;  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{Zn}(\text{NH}_4)\text{PO}_4$  tuy ít tan trong nước nhưng tan tốt trong đất chua nên có thể bón nhằm khắc phục tình trạng thiếu kẽm. Bột kẽm hay  $\text{ZnS}$  tuy không tan và ít được dùng trong thực tế vì nguồn này

hiếm nhưng có hàm lượng kẽm cao nên có thể dùng để khắc phục tình trạng thiếu kẽm của cây.

Kẽm sunfat ( $23-36\% \text{Zn}$ ) tan hoàn toàn trong nước nên dùng được cho cả bón gốc và phun lá. Kẽm sunfat có thể ở dạng bột, dạng tinh thể hoặc dạng viên. Kẽm oxit ít tan trong nước hơn so với kẽm sunfat, thường được dùng để bón vào đất hoặc dùng cho quá trình tạo hạt phân bón đa lượng. Kẽm oxit có giá thấp, hàm lượng kẽm cao ( $60-80\% \text{Zn}$ ) có thể dùng bón lót hay tắm vào hạt giống khi gieo.

Các muối kẽm khác như  $\text{ZnCO}_3$ ;  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ ;  $\text{ZnCl}_2$ ;  $\text{Zn}(\text{NH}_4)\text{PO}_4$  tuy ít tan trong nước nhưng tan tốt trong đất chua nên có thể bón nhằm khắc phục tình trạng thiếu kẽm. Bột kẽm hay  $\text{ZnS}$  tuy không tan và ít được dùng trong thực tế vì nguồn này hiếm nhưng có hàm lượng kẽm cao nên có thể dùng để khắc phục tình trạng thiếu kẽm của cây.

Phức kẽm là hợp chất hữu cơ của kẽm với EDTA (Etylene Diamine Tetra Acid) hoặc các phức khác. Phức kẽm thường có hiệu quả cao hơn so với muối kẽm vô cơ. Phức kẽm được dùng phổ biến nhất là  $\text{Zn-EDTA}$  có công thức  $\text{ZnNa}_2\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8$ , chứa  $14-15\% \text{Zn}$ .

Kẽm tạo hạt cùng với phân đa lượng bằng cách bọc các viên phân hoặc phối trộn trước khi tạo hạt.

Kẽm phối hợp cùng với phân đa lượng sẽ giúp giảm bớt chi phí bón phân kẽm và giúp cho kẽm phân bố đều hơn.

Một số sản phẩm phụ của quá trình khai khoáng và công nghiệp chế tạo có chứa kẽm cũng dùng được để bón cho cây. Kẽm trong các sản phẩm này thường có độ tan thấp nên cần bón sớm. Một vài loại thuốc bảo vệ thực vật cũng chứa một lượng kẽm nhỏ.

Các loại phân gia súc cũng chứa một lượng kẽm nhỏ và là nguồn kẽm tốt cho cây. Tuy nhiên, việc bón các phân này không phải mang ý nghĩa chính là cung cấp kẽm mà chủ yếu là cung cấp chất hữu cơ. Bùn của ao hồ, kênh rạch và nước thải cũng có một lượng kẽm đáng kể, nếu bón quá nhiều có thể dẫn tới ngộ độc kẽm.

#### ***e. Cách bón***

##### ***- Bón vào đất***

+ Bón phân kẽm vào đất là phương pháp chủ yếu để khắc phục tình trạng thiếu kẽm (trừ áp dụng với cây có múi trên đất kiềm). Phân kẽm có thể bón rải rác trên mặt sau khi làm đất lần cuối, bón lót cạnh hay dưới hạt giống, bón theo hàng hay theo hốc. Bón trên mặt đất mà không trộn sâu thì hiệu quả sẽ thấp vì kẽm rất ít di động.

+ Hoà tan kẽm sunfat hay phức kẽm trong nước để tưới hoặc dùng trong quá trình sản xuất phân bón chuyên dùng hay phân NPK cũng là cách cung cấp kẽm có hiệu quả. Các loại kẽm ít tan như kẽm oxit, kẽm cacbonat... nên bón vào đất hay dùng để bọc áo hạt trong sản xuất phân NPK.

+ Lượng bón vào đất từ 5-20kg Zn/ha tùy theo cây trồng, hàm lượng Zn trong đất và kết cấu. Lượng dùng phổ biến khoảng 1,5-5kgZn/ha đối với kẽm hay hữu cơ cho hầu hết các cây trồng trên đồng ruộng và cây rau. Lượng bón thường được khuyến cáo 5kg Zn/ha đối với đất sét hay đất thịt và 1,5-2,5kg Zn/ha đối với đất cát. Với cây dài ngày, bón 5kg Zn/ha cho mỗi chu kỳ 3-5 năm. Theo Dobermann và Faihurst (2000), đối với lúa để ngăn ngừa thiếu kẽm cần bón 5-10kg Zn/ha ở dạng  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZnCl}_2$  nhưng khi đã có triệu chứng thiếu kẽm, cần phải bón 10-25kg  $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  hay 20-40  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  cho mỗi ha.

#### - Bón qua lá

+ Kẽm thường được phun riêng để khắc phục thiếu kẽm của cây ăn trái. Thời kỳ phun có hiệu quả nhất là trước khi cây đâm chồi (ra bọ). Đối với các cây trồng khác, thời kỳ cây non phun kẽm qua lá hiệu lực thấp hơn so với bón vào đất.

+ Phun từ 2-4 lần và cách nhau mỗi tuần cho cây trồng thiếu kẽm có thể khắc phục được, tuy nhiên sẽ không còn tồn dư trong đất và phải bón thường xuyên mỗi vụ.

+ Dung dịch kẽm sunfat trung tính được tạo thành bằng cách pha nồng độ 0,02-0,05% kẽm sunfat với 0,25% vôi trong nước. Lượng phân kẽm cần phun 4,5kg  $\text{ZnSO}_4$ /ha và lượng dịch phun 400 lít/ha. Đối với lúa cần phun  $\text{ZnSO}_4$  nồng độ 0,5%, với lượng 200-400 lít/ha.

+ Phức kẽm tổng hợp hay tự nhiên là phân kẽm tan tốt trong nước và có tính di động cao nên thường được dùng để phun qua lá nhằm khắc phục nhanh tình trạng thiếu kẽm. Lượng phức kẽm cần dùng từ 0,5-1kg/ha là thích hợp.

#### *- Tắm vào hạt giống*

Tắm hạt giống vào dung dịch  $\text{ZnSO}_4$  nồng độ 0,1% hoặc bột kẽm trước khi gieo là phương pháp ngăn ngừa tình trạng thiếu kẽm của cây. Đối với khoai tây, nhúng củ giống trong dung dịch 2%  $\text{ZnO}$  có tác dụng ngăn ngừa thiếu kẽm một cách hiệu quả.

#### *- Hồ rế cây*

Sự thiếu hụt kẽm có thể được khắc phục bằng cách nhúng rễ cây vào dung dịch phân kẽm (hồ rế).

Hồ rế là biện pháp có hiệu quả kinh tế, nhưng cũng giống như phun qua lá, biện pháp này phải thực hiện hàng vụ vì không còn kẽm tồn lưu trong đất. Biện pháp hồ rế có thể thực hiện với nhiều loại cây trước khi đem trồng. Nồng độ dung dịch dùng hồ rế thích hợp với đa số cây trồng là 1% ZnO. Với cây lúa, nhúng rễ mạ trong dung dịch 2-4% kẽm oxit (ZnO) trước khi cấy sẽ có kết quả tốt, giúp ngăn ngừa được tình trạng thiếu kẽm. Với cây ăn trái, nồng độ thích hợp để hồ rế là 1% ZnSO<sub>4</sub>.

### *Hướng dẫn bón phân kẽm cho cây trồng*

| Cây        | Nguồn                               | Lượng bón (kg/ha) | Phương pháp bón     |
|------------|-------------------------------------|-------------------|---------------------|
| Lúa        | ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O | 8                 | Lót khi làm đất     |
|            | ZnO, ZnCl <sub>2</sub>              | 8                 | Lót khi làm đất     |
|            | Phức-Zn                             | 1                 | Lót khi làm đất     |
| Ngô        | ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O | 3,4               | Lót; thúc theo hàng |
|            | Phức kẽm                            | 0,5-1,3           | Thúc theo hàng      |
| Khoai tây  | ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O | 4,5-9             | Lót khi làm đất     |
|            | Bột kẽm                             | 4,5               | Thúc theo hàng      |
| Cây họ đậu | ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O | 15g Zn/100 lit    | Phun qua lá         |
| Hành tỏi   | Bột kẽm                             | 4,5               | Thúc theo hàng      |
|            | Phức kẽm                            | 3,4-4,5           | Thúc theo hàng      |
| Cây có múi | ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O | 265g Zn/100 lit   | Phun qua lá         |

### *g. Tác dụng của phân kẽm với cây trồng*

#### *- Ngộ độc kẽm*

Ngộ độc kẽm có thể khắc phục được bằng cách bón vôi hay bón phân hữu cơ hoặc bón cả vôi và phân hữu cơ. Theo Gerzabek và Patzelt (1988), lượng vôi 2,3-2,8 tấn/ha có thể khắc phục được tình trạng ngộ độc kẽm. Bón phân lân cũng có tác dụng tốt, giúp giải độc, làm giảm tác hại của kẽm với cây trồng.

#### *- Thiếu kẽm*

Tình trạng thiếu kẽm đã được phát hiện ở tất cả các châu lục và đang là vấn đề lớn giới hạn sản lượng lương thực trên thế giới. Ở vùng nhiệt đới châu Mỹ, thiếu kẽm đã hạn chế sản lượng cây trồng ở trên 700 triệu ha. Số liệu báo cáo ở Braxin cho biết có khoảng 180 triệu ha đất có hàm lượng Zn thấp. Báo cáo của Ponnampersuma (1982) cho biết trên 1/2 diện tích canh tác ở Nam và Đông Nam Á thiếu Zn. Riêng đất lúa ở vùng này đã có tới 8 triệu ha thiếu Zn. Thiếu Zn cũng được phát hiện nhiều ở Bắc Âu như Ireland, Na Uy và Anh... Ở Mỹ trên 40 bang có đất thiếu kẽm, trong khi ở Trung Quốc và Bangladesh tình trạng thiếu kẽm khá phổ biến. Kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước cho thấy phân kẽm làm tăng khả năng hút

một số chất dinh dưỡng khác, tăng sinh trưởng phát triển, năng suất và chất lượng nông sản.

Ở Ấn Độ, theo Takkar và đồng sự (1989), khi phân tích 13.000 mẫu đất ở 10 bang đã phát hiện 46% số mẫu thiếu kẽm. Ở đất lúa nước, bón đạm làm tăng tình trạng thiếu kẽm (Nayyar và Chhibba, 1991). Kết quả nghiên cứu của Grewa và Randhawa; Bhubla (1969) cho thấy bón phân  $ZnSO_4$  đã làm tăng năng suất lúa và ngô ở những đất có kẽm hữu hiệu  $<0,68\text{ppm}$ . Phun phân kẽm qua lá cũng làm tăng năng suất lúa, ngô, khoai tây, chè, táo và lúa mì.

Nghiên cứu của Serry và đồng sự (1974) cho thấy phun phân kẽm ( $ZnSO_4$ ) qua lá hay bón vào đất làm tăng năng suất lúa mì 9,74-11,16% ở đất đỏ và 3,36-40,27% ở đất kiềm so với đối chứng. Thí nghiệm của Neve (1968) cho kết quả bón phân  $ZnSO_4$  cho lúa đã làm tăng năng suất 76,65-132,57% so với đối chứng và phun qua lá có hiệu quả cao hơn so với bón vào đất. Một nghiên cứu khác thực hiện bởi Singh và Jain năm 1964 với cây lúa cho thấy bón phân kẽm vào đất với lượng 2,53kg Zn/ha đã làm tăng số nhánh, tăng năng suất chất khô. Phun phân kẽm qua lá cũng làm tăng năng suất so với đối chứng. Bón phân kẽm



vào đất hay phun qua lá đều làm tăng hàm lượng P, Ca và protein trong hạt so với đối chứng. Bón phân kẽm cho lúa ở các liều lượng phân lân khác nhau cho kết quả: Với lượng 2,5-5kg Zn/ha làm tăng năng suất lúa 8,2-15,67% so với đối chứng. Thống kê của Katyal và Randhawa (1983) cho thấy năng suất lúa nước tăng trung bình của 833 thí nghiệm là 440kg/ha và tỷ suất lợi nhuận trên vốn là 6/1. Bón phân kẽm làm tăng khả năng cố định đạm của cây họ đậu, tăng năng suất và tăng hàm lượng protein thô, amino axit trong hạt.

## 2. Sắt (Fe)

### a. Sắt

Sắt là nguyên tố phong phú hàng thứ tư và chiếm 5% trong lớp vỏ trái đất. Trong tự nhiên, sắt có nhiều trong khoáng nguyên sinh và thứ sinh như olivine  $[(Mg,Fe)_2SiO_4]$ , pyrite (FeS), siderite ( $FeCO_3$ ), hematite ( $Fe_2O_3$ ), goethite (FeOOH), magnetite ( $Fe_3O_4$ ) và limonite  $[FeO(OH).nH_2O + Fe_2O_3.nH_2O]$ . Hàm lượng sắt trong đất biến động rất rộng, từ 0,7-55%. Ngoài khoáng nguyên sinh, sắt còn tồn tại trong các khoáng sét, oxit và hydroxit.

- Dạng oxit: hematite ( $Fe_2O_3$ ), magnetite ( $Fe_3O_4$ ), goethite (FeOOH).

- Dạng sunfit: pyrite  $\text{FeS}_2$ , pyrrhotite  $(\text{Fe}_{1-x}\text{S})$ , jarosite  $(\text{K}_3\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6)$ .

- Dạng carbonate: siderite  $\text{FeCO}_3$ .

- Dạng sunfat: jarosite  $[\text{KFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_4]$ .

### ***b. Sắt trong đất***

Trong đất, sắt tồn tại ở 4 dạng chính: Khoáng nguyên sinh và thứ sinh; sắt hấp thu, sắt trong hợp chất hữu cơ và sắt tan trong nước. Vòng tuần hoàn sắt trong đất cũng tương tự như các chất vi lượng khác. Sắt thường có mặt trong các chất sau:

- Các hợp chất silicate như olivine, augite, hornblende và biotite là nguồn sắt chính trong đất.

- Sắt là thành phần chính của các hợp chất haematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) và siderite ( $\text{FeCO}_3$ ) trong đất.

- Sắt là thành phần của một số khoáng lattice thứ cấp và thiết yếu của phần lớn khoáng sét.

- Sắt là thành phần trong các hợp chất hữu cơ, các phức chất cần thiết cho cây trồng. Phức sắt trong đất có thể tạo thành do vi sinh vật phân giải chất hữu cơ hay tàn dư thực vật. Các chất bài tiết từ rễ cây trồng cũng có khả năng tạo phức với các chất vi lượng, trong đó có sắt.

- Một lượng nhỏ sắt tồn tại ở dạng sắt trao đổi. Sắt trong dung dịch xuất hiện chính ở dạng

$\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ . So với các ion khác trong đất, nồng độ  $\text{Fe}^{3+}$  rất thấp. Trên đất thoát nước tốt, hàm lượng  $\text{Fe}^{2+}$  nhỏ hơn so với  $\text{Fe}^{3+}$ .

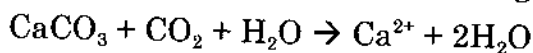
Nồng độ sắt tan trong nước rất thấp; cùng với phức sắt-hữu cơ, các dạng sắt tan trong nước như  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$  và  $\text{Fe}^{2+}$  có sự biến đổi, chuyển hoá trong trường hợp chế độ khí của đất thay đổi từ yếm khí sang hiếu khí.

Trung bình, sắt chiếm 5% trong đất tính theo trọng lượng. Tuy nhiên, sắt tổng số khác biệt đáng kể giữa các loại đất. Đất đỏ thường có hàm lượng sắt tổng số cao (>10%). Đất cát có hàm lượng sắt tổng số thấp (xấp xỉ 1%) và đất cát chua, rửa trôi nhiều có sắt tổng số rất thấp (<1%). Sắt tổng số trong đất chua phản ánh được dinh dưỡng sắt đối với cây trồng.

Sắt hữu hiệu là phần sắt cây trồng có thể hút được. Hàm lượng sắt hữu hiệu trong đất thấp thường dẫn đến thiếu sắt. Các yếu tố như pH, chất hữu cơ, kết cấu đất, lân, nhiệt độ, độ ẩm... ảnh hưởng đến sắt hữu hiệu trong đất.

Độ tan của sắt phụ thuộc rất chặt vào độ pH và giảm đi 1000 lần khi tăng 1 đơn vị pH đất. Bằng chứng rõ ràng là sắt hữu hiệu giảm nghiêm trọng khi pH đất tăng.

Sự thiếu hụt sắt trên đất kiềm thường thấy rất rõ do pH cao sẽ làm kết tủa sắt di động. Ngược lại, trên đất quá chua mà sắt tổng số thấp cũng có thể xảy ra tình trạng thiếu sắt. Nước tưới và hàm lượng bicacbonat ( $\text{HCO}_3$ ) trong đất cao làm tình trạng thiếu sắt trầm trọng hơn. Bicacbonat có thể được tạo thành trong đất do phản ứng:



Mặc dù sự hiện diện của một mình canxi không trực tiếp ảnh hưởng đến sự thiếu sắt, song phản ứng của nó với môi trường đất lại dẫn đến sự thiếu sắt.

Một phần lớn sắt hữu hiệu trong đất ở dạng phức hữu cơ. Đất nghèo hữu cơ, hàm lượng sắt hữu hiệu thấp. Bón phân hữu cơ làm tăng khả năng hút và giữ nước của đất, tăng sắt hữu hiệu. Bón phân hữu cơ giúp cải thiện kết cấu đất, làm đất thông thoáng hơn, từ đó tăng sắt hữu hiệu.

Đất có cấu trúc xấu thường nghèo sắt hữu hiệu. Đất cát không những có sắt tổng số thấp mà sắt hữu hiệu cũng thấp, điều này dẫn đến tình trạng thiếu sắt trầm trọng.

Cũng giống như kẽm, hàm lượng của lân trong đất cao làm giảm sắt hữu hiệu đối với cây trồng. Tương tác Fe-P cũng được phát hiện ở một số cây

trồng. Điều này có thể liên quan đến sự kết tủa muối sắt phốt phát. Lân có ảnh hưởng đến ngưỡng khủng hoảng sắt do cây trồng có thể chịu đựng được mức sắt thấp hơn khi hàm lượng lân trong đất cũng thấp.

Nhiệt độ thấp làm chậm tốc độ sinh trưởng, phát triển của cây, đồng thời nó cũng làm giảm quá trình khoáng hoá chất hữu cơ giải phóng sắt hữu hiệu. Như vậy, nhiệt độ thấp làm sự cung cấp sắt cho cây trồng giảm và thiếu hụt sắt càng trầm trọng thêm.

Sự xói mòn hoặc rửa trôi lớp đất mặt dẫn đến tình trạng thiếu sắt với cây trồng. Cây trồng trên những đất này thường bị thiệt hại do lá non bị bạc trắng, khả năng quang hợp giảm, sinh trưởng, phát triển kém và năng suất giảm.

Độ ẩm đất cao liên quan đến sự kém thoáng khí dẫn đến thiếu sắt hữu hiệu, hạn chế sinh trưởng, phát triển của cây trồng. Đất lúa nước là một ngoại lệ, trong trường hợp này nước và sự thiếu khí là yếu tố cần thiết cho sự cung cấp sắt thuận lợi. Trong điều kiện đất thiếu oxi,  $\text{Fe}^{3+}$  chuyển thành  $\text{Fe}^{2+}$  làm sắt hữu hiệu tăng và đất lúa nước thường có sắt khá cao. Tuy nhiên, cũng không loại trừ tình trạng lúa thiếu sắt, ở đất có pH cao, hàm lượng

chất hữu cơ thấp hay đất cát. Ở những đất này, sự ngập nước lại làm cho sắt hữu hiệu giảm. Khi sắt tan trong nước  $>300\text{ppm}$  cây trồng sẽ bị ngộ độc. Tình trạng này thường thấy ở đất chua, đất phèn và đất có khả năng phân huỷ hữu cơ mạnh.

Cũng giống như dư thừa lân, hàm lượng của đồng, mangan, molybden và kẽm sẽ ảnh hưởng tới sự hút và sử dụng sắt của cây. Nhiều trường hợp thiếu sắt được phát hiện do sự tích lũy đồng khi bón phân đồng liên tục một thời gian dài. Ở Hawaii, dứa bị biểu hiện thiếu sắt là do thừa mangan. Một số cây khác trồng trên đất có nguồn gốc từ đá serpentine có triệu chứng thiếu sắt do sự dư thừa Ni (niken). Một số kết quả nghiên cứu cho thấy thiếu sắt ở cây đậu nành liên quan đến tỷ lệ  $\text{Fe}/(\text{Cu} + \text{Mn})$ .

Amôn axetat và DTPA là 2 chất thường được dùng để chiết rút sắt hữu hiệu trong đất. Nếu đất có dưới  $2\text{ppm}$  Fe theo phương pháp amôn axetat thì được xếp vào nhóm thiếu sắt. Ngưỡng khủng hoảng thiếu sắt theo phương pháp chiết rút bằng DTPA trong khoảng  $2,5\text{-}4,5\text{ppm}$  Fe. Hầu hết các loại cây đều có sự đáp ứng với phân sắt khi  $\text{Fe} < 2,5\text{ppm}$ . Nếu  $2,5 < \text{Fe} < 4,5\text{ppm}$ , chỉ những cây mẫn cảm với sắt mới có hiệu quả khi bón phân sắt.

Thiếu sắt thường là do các yếu tố:

- Ít bón phân sắt;
- Hàm lượng  $\text{CaCO}_3$  trong đất cao;
- Hàm lượng bicarbonat trong đất hay nước tưới cao;
- Hàm lượng lân và đạm nitrat cao;
- Ngập nước quá mức hay điều kiện độ ẩm cao;
- Hàm lượng kim loại Mn, Cu, Zn cao;
- Mất cân đối tỷ lệ cation, yếm khí;
- Nhiệt độ quá cao hoặc quá thấp;
- Mức độ mặn cảm cao. Bón quá nhiều hữu cơ;
- Nhiễm vi rút hay tuyến trùng;
- Do bản chất di truyền của cây;

### ***c. Sắt trong cây***

Sắt có vai trò rất quan trọng trong hoạt động sống của cây. Thiếu sắt, quá trình tổng hợp một số chất trong cây đình trệ, làm giảm khả năng hút kali, cây kém phát triển. Sắt là thành phần của một số protein đóng vai trò chìa khoá trong hệ thống enzym của cây, đó là các enzym catalase, peroxidase và một vài cytochrome.

Cytochrome có tác dụng đối với hô hấp của tế bào sống. Sắt tuy không cấu tạo nên diệp lục tố,

song nó cần thiết cho quá trình sinh tổng hợp và duy trì chất diệp lục tố trong cây. Sắt có vai trò chủ yếu trong sự chuyển hoá axit nucleic, ảnh hưởng đến chuyển hoá RNA trong cây. Sắt giữ vai trò quan trọng trong quá trình quang tổng hợp, làm giảm nồng độ  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  trong cây và tăng đồng hoá  $\text{N}_2$ .

Hàm lượng sắt trong cây khác nhau rất đáng kể (50-100ppm) tùy theo giống và tuổi. Cây họ đậu giàu sắt hơn cỏ, trong khi lúa là cây lấy đi nhiều sắt nhất. Trong cây, bộ phận già có hàm lượng sắt cao hơn bộ phận non. Sắt là nguyên tố ít di động trong cây nên khi thiếu sắt, các bộ phận non của cây bị ảnh hưởng trước trong khi bộ phận già ít bị ảnh hưởng. Hàm lượng sắt cao nhất khi cây còn non, sau đó giảm dần theo tuổi cây. Việc chẩn đoán sắt trong cây cần chuẩn hoá ở các bộ phận và tuổi cây vì mỗi bộ phận có ngưỡng khủng hoảng khác nhau. Sắt trong cây bị ảnh hưởng do tương tác bởi nhiều nguyên tố khác.

Hàm lượng lân, canxi, magiê và kali cao sẽ hạn chế khả năng vận chuyển sắt trong cây (Lingle và đồng sự, 1963). Sắt trong cây có tương quan nghịch với các kim loại nặng như đồng, coban, crom, niken và kẽm trong cây. Reuther và Smith (1953) đã kết



luận rằng thiếu sắt ở cây liên quan đến hàm lượng đồng trong cây cao.

Nhìn chung, cây trồng có triệu chứng thiếu sắt khi hàm lượng sắt trong cây nhỏ hơn 50ppm Fe. Tuy vậy, cũng có những cây khi hàm lượng sắt lên tới vài trămppm mà cây vẫn có triệu chứng thiếu sắt. Do sự tương quan không chặt giữa sắt trong cây và năng suất nên việc phân tích sắt tổng số có thể không chắc chắn, cho ta chỉ số thiếu sắt. Vấn đề là không thể chỉ dựa vào thống kê cho dù phân tích "sắt hoạt động" trong cây.

Để khắc phục mâu thuẫn trên, hiện nay việc đánh giá  $\text{Fe}^{2+}$  được đề nghị dùng nhiều hơn sắt tổng số. Các cây xanh có hàm lượng  $\text{Fe}^{2+}$  cao hơn so với cây mất màu xanh. Điều này ngược lại với hàm lượng sắt tổng số. Phương pháp phân tích  $\text{Fe}^{2+}$  bao gồm chiết rút mẫu tươi bằng dung dịch 0-phenonthroline (1,5%; pH = 3) và so màu trên máy ở 510mm.

Ngộ độc sắt ở cây trồng khá hiếm gặp và ngưỡng ngộ độc cho tới nay chưa được thực sự được rõ ràng. Lúa ngập nước là một ngoại lệ, tình trạng độc sắt trên đất phèn, đất chua nhiều là khá phổ biến. Ngộ độc sắt với lúa đã được báo cáo ở Tây Nam Á, châu Phi và Nam Mỹ. Theo Prade và đồng sự, lúa ngộ độc

sắt xuất hiện 2 thời kỳ chính, đó là tuần đầu sau khi cấy vì rễ cây mạ rất mẫn cảm với hàm lượng sắt cao trong đất sau ngập nước và giai đoạn từ đứng cái đến trổ khi tính thấm của rễ tăng sẽ hạn chế vi khuẩn quanh vùng rễ. Lúa ngô độc sắt khi sắt trong cây  $> 300\text{ppm Fe}$ .

Các giống cây trồng khác nhau có sự mẫn cảm khác nhau với sự thiếu hụt sắt. Thông thường những cây có nốt sần hay cây mà chất thải từ rễ của nó có khả năng tạo phức với sắt thì có khả năng sử dụng sắt trong đất cao. Những cây này có khả năng chịu được mức sắt thấp trong đất. Ở đất cao trồng lúa, khả năng thiếu sắt cao bởi chúng dễ tạo thành lớp oxit sắt bao quanh rễ. Sự thiếu sắt của cây có khả năng tăng lên do khuynh hướng cây hút nhiều lân. Lân và sắt có tương tác đối kháng nhau.

Trong hầu hết các trường hợp, thiếu sắt làm cho các lá non trên ngọn bạc trắng. Triệu chứng ban đầu xuất hiện là vệt trắng lợt hay vàng nhạt ở vùng giữa các gân của những lá non trong khi gân lá còn màu xanh. Trong một số trường hợp có tình trạng bạc toàn bộ lá. Cuối cùng là chuyển trắng và có thể xuất hiện những đốm hoại tử rải rác trên bề mặt lá.

Thiếu sắt làm quá trình sinh trưởng của cây bị đình trệ, một số trường hợp làm cây bị chết. Thiếu sắt làm cây bị rụng lá được ghi nhận ở ngô, trong khi lá bạc trắng thấy rõ ở lúa. Bạc trắng phần thịt lá cũng diễn hình ở các cây có múi và dâu tây, trong khi bạc trắng toàn bộ lá thấy rõ trên cây đào.

Trên đồng ruộng, triệu chứng thiếu sắt không phải lúc nào cũng diễn hình. Trong một số trường hợp, cây trồng có thể xuất hiện tình trạng bạc trắng một số lá non trong khi những lá sát cạnh vẫn còn xanh. Một số trường hợp toàn bộ số lá trên cây bạc trắng nhưng một số cây bên cạnh vẫn còn xanh bình thường.

Để xác định chắc chắn tình trạng thiếu sắt có thể dùng dung dịch sunfat sắt 1% phun cho cây trồng. Trong vòng 2 tuần, nếu cây thực sự thiếu sắt có thể thấy rõ sự chuyển xanh. Sự phát triển của diệp lục tố làm tái sinh lại màu xanh của lá, tuy vậy có thể xuất hiện một số đốm trắng. Hiệu lực của biện pháp này rất rõ với những cây đang có nhiều lá non.

Triệu chứng ngộ độc sắt thường xuất hiện ở lúa nước, đặc biệt là trên đất phèn hay đất chua úng trũng. Ban đầu các lá già phía dưới xuất hiện những đốm nhỏ màu nâu từ chóp đến mép lá, các

đốm này lan dần vào trong và hợp lại, các phần khác vẫn xanh bình thường. Khi ngộ độc sắt nặng, lá khô dần, rễ kém phát triển, cây thấp, khả năng đẻ nhánh giảm, năng suất thấp. Trong một số trường hợp, ngộ độc sắt làm các lá dưới cùng chuyển màu nâu tím. Ở thuốc lá, ngộ độc sắt làm xuất hiện các đốm màu xám trên các lá non trên ngọn và các lá giữa. Các lá này mỏng và mềm, dễ bị rách hay rũ xuống khi trời nắng to.

### ***c. Phân sắt và cách sử dụng***

Sắt vô cơ là nguồn phân sắt rẻ tiền và thường được dùng nhất, trong đó sắt 2 sunfat và sắt 3 sunfat được sử dụng rộng rãi hơn cả. Mặc dù vậy khi bón sắt sunfat vào đất hiệu quả thấp hơn so với phun qua lá vì sắt có thể bị cố định bởi các chất khác trong đất để tạo thành các dạng sắt mà cây trồng không hút được.

Phức sắt là nguồn phân sắt có hiệu lực cao, song giá thành cao nên việc sử dụng chưa rộng rãi. Phức sắt tổng hợp có hiệu quả cao khi bón vào đất, nhưng phức sắt tự nhiên lại tốt hơn khi phun qua lá. Phức sắt phổ biến nhất hiện nay là Fe-EDTA, công thức phân tử:  $C_{10}H_{12}N_2O_8FeNa.3H_2O$ , trọng lượng phân tử 421,1g; chứa 13% Fe, tan tốt trong nước.

Chất hữu cơ cũng có chứa một lượng nhỏ sắt tiềm tàng là nguồn sắt tốt cho những vùng đất thiếu sắt. Bón nhiều phân hữu cơ là một biện pháp cung cấp sắt cho cây.

Thiếu hụt sắt gây ra sự rối loạn dinh dưỡng nghiêm trọng ở một số cây trồng. Thiếu sắt thường xuất hiện trên đất kiềm, đất đá vôi. Thiếu sắt là một vấn đề phổ biến đối với những vùng đất cao trồng lúa. Cây mía, đậu nành, cây ăn quả và một số cây cảnh là những cây đáp ứng cao với phân sắt và việc bón phân sắt đem lại hiệu quả cao.

Sự đáp ứng của cây trồng với phân sắt phụ thuộc vào giống. Trong một số trường hợp, cây thiếu sắt trong suốt quá trình sinh trưởng, phát triển. Một số trường hợp khác cây chỉ thiếu sắt ở giai đoạn còn non và việc bón phân sắt không có hiệu quả. Trên đồng ruộng, tình trạng thiếu sắt cũng có thể thấy ở năm này, song lại không thấy xuất hiện ở năm kế tiếp. Nguyên nhân của tình trạng này hiện cũng chưa được sáng tỏ.

#### *\* Cách bón*

- Bón vào đất

+ Sắt vô cơ bón vào đất có hiệu lực thấp trong khi phức sắt bón vào đất có hiệu lực cao hơn vì sắt

vô cơ dễ dàng bị chuyển sang dạng không hữu hiệu trong khi phức sắt ít bị chuyển hoá. Sắt vô cơ cần bón rải đều trên mặt đất với lượng tối đa đến 30kg/ha cho lúa hay 12-24 gam/cây dài ngày. Cần bón ngay khi có triệu chứng biểu hiện thiếu sắt.

+ Phức sắt có hiệu lực cao, tuy nhiên do giá của phức sắt cao nên cần phải tính toán hiệu quả kinh tế. Lượng bón phức Fe-EDDHA khoảng 0,5-1kg/ha là có thể khắc phục được tình trạng thiếu sắt của cây trồng. Bón phức sắt theo hàng, theo hốc hiệu lực cao hơn so với bón rải. Để có kết quả tốt, phức sắt cần bón lót trước khi gieo trồng.

- Bón qua lá

+ Phun dung dịch sắt sunfat hay phức sắt qua lá là biện pháp hợp lý thường dùng để khắc phục tình trạng thiếu sắt ở cây trồng. Biện pháp phun dung dịch sắt sunfat thường có hiệu quả kinh tế hơn so với phức sắt vì giá thành rẻ.

+ Phun dung dịch sắt sunfat hay phức sắt nồng độ 1-3% với lượng dịch phun 300-400lít/ha là thích hợp để khắc phục tình trạng thiếu sắt ở cây trồng.

+ Phun lần đầu ngay khi triệu chứng thiếu sắt xuất hiện, sau đó 10-14 ngày phun lần thứ hai. Phun lặp lại một vài lần cho đến khi trên cây không còn triệu chứng thiếu sắt. Đối với lúa, cần

phun ngay khi bắt đầu đẻ nhánh và phun tiếp 1-2 lần, định kỳ 7-10 ngày/lần sẽ khắc phục được tình trạng thiếu sắt.

+ Sắt trong dung dịch phun có thể bị chuyển hoá, do đó việc điều chỉnh độ pH của dung dịch phun về trung tính bằng vôi là cần thiết để duy trì tính ổn định của dung dịch phun. Phun ướt đều cả bề mặt trên và dưới lá có hiệu quả cao hơn so với chỉ phun mặt trên lá.

+ Cần phun vào buổi sáng sớm hay chiều mát, tránh phun khi trời nắng vì dễ gây cháy lá.

+ Phun qua lá có thể không khắc phục hoàn toàn triệu chứng trong trường hợp thiếu sắt quá nặng. Lá cây quá nhỏ khi cây còn non cũng là một trở ngại khi áp dụng biện pháp phun qua lá. Phun qua lá cũng không dễ thực hiện, đặc biệt với những cây lâu năm có chiều cao, nhưng là biện pháp tiết kiệm phân và rẻ tiền.

- Hoà vào nước tưới

+ Hoà tan các hợp chất chứa sắt vào nước rồi tưới cho cây với lượng 2-4kg Fe/ha. Hiệu quả của biện pháp này có thể thấp hơn so với phun qua lá nhưng cũng có thể áp dụng khi cây còn non hoặc khi việc phun qua lá không thuận lợi.

+ Hoà tan phân sắt vào hệ thống nước tưới là biện pháp có thể áp dụng, đem lại hiệu quả cao. Biện pháp này rất thích hợp đối với những cây công nghiệp dài ngày hay cây ăn quả có áp dụng hệ thống tưới nhỏ giọt. Lượng bón khoảng 5 gam Fe-EDDHA/cây/năm. .

#### ***d. Biện pháp quản lý***

Nguyên nhân thiếu hụt sắt hiện nay chủ yếu là do pH trong đất cao. Bón phân có chứa nhiều lưu huỳnh (S) hoặc các loại phân chua sinh lý có tác dụng làm giảm pH đất, từ đó làm giảm bớt tác hại do thiếu sắt. Tuy nhiên, bón một lượng lớn phân chua sinh lý để điều chỉnh pH của đất có thể khó có được hiệu quả kinh tế cao. Chẳng hạn, để trung hoà 1% canxi carbonat ở lớp đất mặt (0-15cm) cần 12 tấn axit sunfuric hoặc khoảng 3 tấn lưu huỳnh nguyên tố. Mặt khác, khi hạ pH đất tuy làm tăng sắt hoà tan nhưng lại làm giảm một số chất vi lượng khác trong đất.

Tình trạng thiếu hụt sắt có thể được giải quyết nếu trên đất nghèo sắt ta trồng những cây có nhu cầu sắt thấp (cây ít mẫn cảm với sắt). Trên những đất giàu sắt cần trồng những giống cây có nhu cầu sắt cao. Đối với những đất giàu sắt, để giảm tình trạng ngộ độc sắt có thể dùng vôi hoặc



vôi kết hợp với mangan oxit để bón. Rút nước phơi ruộng cũng là biện pháp khắc phục ngộ độc sắt có hiệu quả với những cây trồng ở đất ngập nước.

#### *e. Vai trò của phân sắt*

Thiếu sắt ảnh hưởng đáng kể đến năng suất cây trồng. Các kết quả nghiên cứu đã xác định phân sắt có hiệu lực với các cây lúa, mía, đậu nành, cây ăn quả, cây cảnh... Nghiên cứu của Maklwar và Imail (1992) cho thấy, ở Ấn Độ có tới 1/4 diện tích đất thiếu sắt. Kết quả nghiên cứu của Place (1969) qua 1 thí nghiệm đồng ruộng và 3 thí nghiệm trong nhà lưới đã kết luận rằng phân sắt khắc phục được tình trạng bạc lá ở lúa trên đất kiềm. Thí nghiệm đồng ruộng bón  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  với lượng 200-400kg/ha không những khắc phục được tình trạng bạc lá úa mà còn làm tăng năng suất có ý nghĩa so với đối chứng. Thí nghiệm của Singh (1966) thực hiện bằng cách phun Fe-Citrat nồng độ 1 ldl cho mạ đã thu được 80% mạ sống so với 100% mạ chết ở công thức đối chứng.

Các loại đất phèn ở Việt Nam thường có nồng độ sắt quá cao, gây ngộ độc cho cây. Trong trường hợp này cần dùng vôi và phân lân để hạ phèn, giảm nồng độ sắt di động.

### 3. Đồng (Cu)

#### a. Đồng

Đồng có khả năng oxi hoá cao trong môi trường đất tự nhiên nên hiếm khi xuất hiện đồng ở dạng nguyên tố. Đồng có hai hoá trị, hoá trị 1 trong các chất khoáng ở độ sâu đáng kể so với bề mặt trái đất và hoá trị 2 trong các hợp chất ở lớp mặt ngoài của vỏ trái đất, tuy nhiên qui luật này cũng có những ngoại lệ. Trong dung dịch, đồng thường tồn tại ở dạng ion  $\text{Cu}^{2+}$  hay trong các phức bền vững. Ion  $\text{Cu}^+$  không bền ở nhiệt độ bình thường nếu nồng độ  $> 10^{-7}$  M. Khi nồng độ cao hơn, nó có thể tồn tại ở dạng phức âm như  $\text{CuCl}_2^-$ . Hàm lượng đồng trong đá biến động từ 4-100ppm, trong đó nhóm đá phun xuất giàu đồng hơn đá trầm tích. Trong môi trường axit và oxi hoá, đồng giải phóng nhờ quá trình phong hoá sẽ kết hợp với  $\text{Cl}^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  và chất hữu cơ tạo thành các chất tan. Trong môi trường kiềm, đồng giải phóng nhờ quá trình phong hoá lại kết tủa với carbonate và bicarbonate. Đồng cũng có thể kết tủa với oxit hay sunfit. Sét, hữu cơ và oxit sắt hấp thu đồng mạnh.

#### b. Đồng trong đất

Hàm lượng đồng trong lớp vỏ trái đất trung bình từ 55-70ppm. Đất cát nghèo đồng, đất đỏ có hàm

lượng đồng tổng số cao. Tình trạng thiếu đồng không phổ biến như những chất vi lượng khác. Đất than bùn hoặc đất có hàm lượng hữu cơ cao thường thiếu đồng. Tình trạng thiếu đồng cũng thường xuất hiện ở những vùng đất mới khai hoang và đất chua.

Trong đất, đồng tồn tại chủ yếu ở dạng sunfite mà điển hình nhất là chalcopyrite ( $\text{CuFeS}_2$ ). Đồng tổng số trong đất hiện diện ở khối lattice của các khoáng nguyên sinh và thứ sinh. Ngoài các khoáng nguyên sinh và thứ sinh, đồng trong đất còn tồn tại ở các dạng sau:

- Trong dung dịch đất (dạng ion hay phức).
- Dạng cation trao đổi trên bề mặt khoáng sét hay hữu cơ.
- Trong các hợp chất dạng oxit.
- Dạng hấp phụ giữ chặt trên bề mặt keo đất.
- Trong các chất hữu cơ hay trong vi sinh vật.

Đồng trong đất rất khó tan và chỉ có thể chiết rút được bằng các hoá chất mạnh để phá vỡ cấu trúc của các chất khoáng hoặc chất hữu cơ chứa đồng. Mặc dù vậy, có một sự tương quan hữu cơ đến cân bằng giữa đồng trong dung dịch để giải phóng  $\text{Cu}^{2+}$  chuyển dịch đến rễ cây. Một phần nhỏ

trong số đồng tổng số có thể tồn tại trong dung dịch.

Đồng tổng số trong đất biến động từ 10-20ppm và trung bình vào khoảng 55ppm. Tuy nhiên, hàm lượng đồng tổng số từ 1-2ppm cũng đã được phát hiện ở những đất thiếu đồng. Giàu đồng nhất là đất phát triển trên đất basalt (100ppm) và thấp là đất phát triển trên đá granite (10ppm). Đồng tổng số phụ thuộc nhiều vào cấu trúc và hàm lượng hữu cơ của đất. Đất có cấu trúc tốt thì hàm lượng đồng tổng số cao hơn các đất có cấu trúc kém.

Một phần nhỏ đồng trong đất ẩn trong cấu trúc của một số khoáng sét và oxit sắt, oxit mangan. Đồng cũng có khả năng thay thế đồng hình với các nguyên tố khác trong lớp tinh thể silicate. Chúng pha trộn trong các khoáng  $\text{CaCO}_3$  và  $\text{MgCO}_3$  ở những vùng đất khô hạn và trong khoáng  $\text{Al}(\text{OH})_3$  và  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ở những vùng đất chua.

Cả đồng vô cơ và đồng hữu cơ đều tồn tại trong dung dịch đất, nhưng phần lớn tồn tại ở dạng phức hữu cơ tan. Nồng độ đồng trong dung dịch đất khá thấp, từ  $10^{-8}$  đến  $10^{-6}$  M. Khi  $\text{pH} < 7$ , ion  $\text{Cu}^{2+}$  chiếm ưu thế. Khi tăng độ pH thì nồng độ  $\text{Cu}^{2+}$  giảm dần và khi  $\text{pH} > 7$  thì  $\text{Cu}(\text{OH})_2^0$  chiếm ưu thế. Cây trồng hút đồng thuận lợi nhất là ở dạng phức đồng.

Các chất hữu cơ trong đất có thể tạo phức với  $\text{Cu}^{2+}$ . Các phức này sẽ tăng lên đáng kể khi có một lượng phân đồng được bón vào.

Hầu hết trong lớp đất mặt là ở dạng phức hữu cơ tan và không tan. Đất than bùn có hàm lượng đồng cao (130-190  $\mu\text{g}/100\text{g}$  đất). Khả năng kết hợp với chất hữu cơ của đồng mạnh hơn so với các chất vi lượng khác. Ion  $\text{Cu}^{2+}$  kết hợp với hai hoặc nhiều hơn nhóm chức chính carbonxyl hoặc phenol. Axit humic và fulvic có chứa nhiều nhóm carbonxyl có thể kết hợp với đồng. Trong hầu hết các khoáng của đất, chất hữu cơ có thể kết hợp với sét tạo thành các phức sét-kim loại-hữu cơ. Khả năng tạo phức sẽ cao nhất ở đất mà kaolinite chiếm ưu thế và thấp hơn ở đất mà montmorillonite chiếm ưu thế.

Trong đất luôn có quá trình chuyển hoá qua lại giữa đồng hữu hiệu và đồng khó tiêu. Trong những điều kiện thuận lợi, đồng khó tiêu có thể chuyển thành đồng hữu hiệu cho cây và ngược lại.

Đồng hữu hiệu trong đất phụ thuộc vào nhiều yếu tố như đồng tổng số, kết cấu đất, pH, dung tích hấp thu (CEC), chất hữu cơ và oxit. Đồng hữu hiệu phụ thuộc nhiều vào Cu tổng số, có thể dự đoán đồng hữu hiệu thông qua Cu tổng số trong đất. Đất

có Cu tổng số < 6ppm hoặc đất hữu cơ có Cu tổng số < 300ppm có thể thiếu đồng.

Nồng độ trong dung dịch đất giảm nhẹ khi pH tăng vì nó làm giảm độ tan và tăng đồng hấp phụ. Đồng hấp phụ bởi sét, chất hữu cơ và sesquioxide tăng khi pH đất tăng. Độ tan của đồng phụ thuộc vào pH đất và độ tan này tăng 100 lần khi pH giảm đi mỗi đơn vị. Hiện tượng thiếu đồng đã được phát hiện ở nhiều vùng đất có pH > 7. Tuy nhiên, ở đất chua (pH < 4,5) đồng hữu hiệu cũng rất thấp, điều này là do lượng đồng tan trong nước đã bị kết tủa bởi nhôm silicate, phosphate... Sự hút dư thừa các nguyên tố khác ở đất chua làm giảm khả năng hút đồng của cây.

Trong số các cation vi lượng đồng, kẽm, sắt và mangan thì đồng có khả năng kết hợp mạnh nhất với chất hữu cơ. Điều này lý giải tại sao tình trạng thiếu đồng thường xảy ra trên đất giàu hữu cơ (đất than bùn, đất mùn trên núi). Tình trạng thiếu đồng trên những đất này càng trầm trọng hơn nếu điều kiện thoát nước kém.

Trong đất, đồng tương tác với nhiều chất dinh dưỡng khác. Triệu chứng thiếu đồng thường xuất hiện sau khi bón các loại phân đạm chua sinh lý vì nó làm tăng nồng độ  $Al^{3+}$  trong dung dịch đất. Tăng

lượng đạm bón có thể làm giảm hàm lượng đồng di động trong cây. Hàm lượng đạm cao trong cây cũng ngăn cản quá trình vận chuyển đồng từ các lá già về lá non. Nồng độ kẽm và sắt trong dung dịch đất cao cũng ngăn cản khả năng hút đồng của cây và có thể dẫn tới thiếu đồng. Tương tự, tăng hàm lượng lân trong đất sẽ làm giảm hàm lượng đồng trong rễ và lá cây. Bón nhiều phân lân cũng dẫn tới thiếu đồng. Ngược lại, bón phân lân có thể khắc phục dư thừa đồng.

Các loại cây có mức độ mẫn cảm khác nhau với đồng. Cây có múi, nho, thuốc lá, lúa mì và măng tây là những cây mẫn cảm cao với đồng, đậu Hà Lan, khoai tây, đậu nành, lúa nước là những cây ít mẫn cảm với đồng. Một số trường hợp thiếu đồng do tỷ lệ C/N trong tàn dư cây trồng vụ trước cao. Điều này liên quan đến phản ứng giữa đồng với chất hữu cơ. Chất hữu cơ từ phân xanh, phân chuồng, tàn dư thực vật có thể hấp phụ đồng, làm giảm hàm lượng đồng hữu hiệu trong đất.

### ***c. Đồng trong cây***

Đồng là thành phần của men cytochrome oxydase và enzym-ascorbic, axit axidase, phenolase, lactase... Hơn 70% đồng trong cây là ở trong các phân tử diệp lục tố, nó có vai trò quan trọng trong quá trình

đồng hoá của cây. Thiếu đồng, phân tử diệp lục tố hoá già sớm, cây còi cọc. Đồng xúc tiến quá trình hình thành vitamin A, protein và trao đổi hydrat cacbon trong cây.

Hàm lượng đồng trong cây biến động từ 5-20ppm. Thời kỳ cây con, hàm lượng đồng trong cây cao nhất, sau đó giảm dần trong quá trình sinh trưởng, phát triển. Đồng phân bố trong cây tùy theo tình trạng đầy đủ hay thiếu hụt. Trong cây, đồng di động khi cây đủ đồng và ít di động khi cây thiếu đồng. Khi cây đủ đồng, hàm lượng đồng trong chồi và lá non cao hơn lá già và các bộ phận già. Ở những cây thiếu đồng, hàm lượng đồng trong lá non thấp hơn lá già. Những bộ phận non của cây sẽ thể hiện cây có thiếu đồng hay không. Nhu cầu đồng trong cây biến động khá lớn tùy theo từng loại cây. Lúa là cây có nhu cầu đồng cao so với các cây trồng khác. Với giống IR 36, năng suất 9,8 tấn/ha, cây lúa đã lấy đi từ đất 2646 gam Cu trong hạt và rơm rạ.

Ngưỡng thiếu hụt đồng trong cây biến động khá lớn giữa các loại cây. Cùng một hàm lượng đồng với cây trồng này có thể thiếu, nhưng với cây khác lại là mức tối ưu. Chẳng hạn, hàm lượng 8ppm Cu là mức tối ưu ở cây táo nhưng lại là mức thiếu đồng ở cây đậu nành.



Triệu chứng thiếu đồng xuất hiện đầu tiên ở các lá non trên ngọn trong thời kỳ đẻ nhánh, nảy chồi. Tuy nhiên, trong một số trường hợp triệu chứng xuất hiện ngay từ thời kỳ cây con. Ban đầu các lá non trên ngọn chuyển màu vàng trắng, lá nhỏ xoắn gấp lại và khô dần, cây lùn. Đối với cây ăn quả, thiếu đồng làm lá non nhỏ, quăn lại, đầu chồi chuyển vàng rồi chết khô, quả bị ảnh hưởng và dễ bị rụng.

- Ở cây ngũ cốc:

Thiếu đồng, các lá non mới ra chuyển vàng. Các lá trưởng thành mềm sau chết khô dần từ hai mép lá và chuyển xám. Mép lá bị cong lên làm phiến lá bị cuộn lại. Số hoa ít, quá trình hình thành hạt bị ức chế, hạt kém phát triển, nhiều hạt lép.

- Ở cây có múi:

Tình trạng thiếu đồng xuất hiện khá phổ biến ở các bộ phận của cây. Các lá non mới ra nhỏ, mềm hơn, góc cạnh và chuyển màu xanh tối, đôi khi bị gấp nếp, biến dạng. Các chồi non chuyển vàng, teo đi rồi chết đen dần từ đầu chồi. Trong một số trường hợp cành non mới ra chuyển màu đỏ. Quả sần sùi, xuất hiện những đốm màu nâu đỏ. Thịt trái khô, ít nước và chua. Ở cây táo, xuất hiện những đốm nâu trên bề mặt lá, đầu chồi khô dần,

cây còi cọc, ra hoa đậu quả kém. Ở hồ tiêu và cà chua, thiếu đồng làm mép lá chuyển vàng, cánh hoa dần chuyển sang màu sôcôla sẫm, tỷ lệ đậu quả thấp.

Phân tích lá hay chồi là biện pháp hiệu quả giúp chẩn đoán dinh dưỡng đồng trong cây một cách chính xác. Hiện tại, các thuốc trừ sâu và nấm bệnh thường có một lượng đồng đáng kể, chính vì vậy cần phải rửa mẫu lá thật kỹ trước khi phân tích. Thông thường 2-4ppm Cu là ngưỡng thiếu đồng trong cây. Ngưỡng thiếu đồng phụ thuộc vào tuổi cây, bộ phận của cây, nhiệt độ, mật độ chiếu sáng.

#### ***d. Phân đồng và cách sử dụng***

Đồng sunfat ngậm 1 nước hay 5 nước là phân đồng được dùng rộng rãi nhất. Đồng sunfat tan hoàn toàn trong nước nên có thể dùng bón vào đất, phun qua lá, hồ rế hay tẩm hạt giống.

Đồng peoxit hay oxit tuy có hàm lượng đồng cao (75-98%), song vì ít tan trong nước hơn đồng sunfat và các dạng đồng khác nên ít được dùng và thường để khắc phục trong trường hợp thiếu đồng nặng và dùng bón gốc.

Các khoáng malachite, azurite, chalcopyrite là các hợp chất chứa đồng quan trọng. Đây là nguồn

đồng rẻ tiền, hiệu quả khá cao, có thể dùng bón vào đất, song trên thị trường trong nước ít có.

Đồng nitrat, đồng axetat, đồng oxalat và đồng amôn photphat đều có hàm lượng đồng khá cao và tan tốt trong nước nên có thể dùng bón vào gốc hoặc hoà nước để phun qua lá hay tắm hạt giống trước khi gieo.

Cu-S fusion là dạng đồng phân giải chậm nên chỉ được sử dụng bón vào đất, tốt nhất là bón lót khi trồng.

Phức Cu-EDTA là loại phổ biến nhất, trọng lượng phân tử 397,7g; hàm lượng đồng 13-15%. Phức đồng thích hợp dùng bón qua lá cho cây trồng. Phức đồng là nguồn phân có tác dụng nhanh và hiệu lực cao, tuy nhiên giá thành cũng cao nên cần chú ý tới hiệu quả. Phức Cu-HEDTA tan tốt trong nước, chứa 99% Cu đồng có thể dùng bón vào đất hay phun qua lá, song phun qua lá hiệu quả cao hơn.

### *Cách sử dụng*

- Bón vào đất

+ Phân đồng có thể bón rải đều trên mặt đất hay bón theo hàng, theo hốc. Tuy nhiên, bón theo hàng, theo hốc có hiệu quả cao hơn. Tốt nhất là bón lót khi

làm đất lần cuối hoặc rải theo hàng, theo hốc khi trồng. Với các dạng đồng khoáng, lượng bón cho các cây trồng trên đồng ruộng thường trong khoảng 3-6kg Cu/ha, mặc dù lượng cao hơn có thể cần thiết trên đất than bùn. Đối với lúa, cần bón 1-5kg Cu/ha ở dạng  $\text{CuSO}_4$  (Dobermann và Faihurst, 2000).

+ Phức đồng cần bón với lượng ít hơn so với các nguồn phân đồng khác vì nó không bị đất cố định và nếu bón nhiều dễ gây ngộ độc. Liều lượng 1-1,5kg Cu/ha ở dạng phức đồng là thích hợp cho bón lót hay bón theo hàng.

+ Đất giàu chất hữu cơ thường nghèo đồng, do đó trên đất này cần bón nhiều đồng hơn. Trên thực tế có thể bón tới 20kg Cu/ha ở đất giàu hữu cơ vẫn không ảnh hưởng xấu.

+ Một lần bón phân đồng vào đất có thể tác dụng kéo dài và hiệu lực dài nhất của nó có thể từ 2-8 năm. Bón lặp lại có thể đem tới sự tích lũy đồng trong đất.

- Bón qua lá

+ Phun phân đồng qua lá có thể khắc phục được tình trạng thiếu hụt đồng. Cả dạng đồng vô cơ và hữu cơ đều có thể sử dụng để phun qua lá. Sử dụng khoảng 100g Cu ở dạng sunfat hoặc 30g Cu ở dạng

phức Cu-EDTA trong 100 lít nước là liều lượng thích hợp để phun qua lá có hiệu quả. Liều lượng có thể cao hơn trong trường hợp cây bị nấm bệnh. Nếu dùng  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  cần pha nồng độ 0,5%, lượng dung dịch phun 400 lít/ha.

+ Để tránh hiện tượng cháy lá, dung dịch phân đồng để phun phải đưa về trung tính bằng cách thêm vôi (1/2 đồng sunfat trong dung dịch sẽ chuyển thành sunfit).

+ Để đạt hiệu quả cao, cần phun vài lần cách nhau mỗi tuần. Số lần phun tùy theo triệu chứng thiếu đồng trên cây nặng hay nhẹ. Ngừng phun khi triệu chứng thiếu đồng đã dần hết. Trên thực tế, cần phun lần đầu ngay khi có triệu chứng thiếu hụt xuất hiện. Đối với cây ăn quả lâu năm thời điểm phun thích hợp nhất là vào đầu mùa xuân.

+ Phun qua lá đem lại hiệu lực cao tương đương như bón vào gốc nhưng sẽ giảm chi phí phân đồng. Tuy nhiên, tính kinh tế lâu dài thì phun qua lá chưa chắc đã cao hơn bón vào đất vì bón vào đất hiệu lực kéo dài có thể tới 2-8 năm.

- Tẩm vào hạt giống

Trộn  $\text{CuSO}_4$  vào hạt giống khắc phục được tình trạng thiếu đồng và làm tăng năng suất cây trồng.

Lượng  $\text{CuSO}_4$  trộn vào hạt giống theo công thức 300mg Cu/1kg.

Ngoài biện pháp trộn vào hạt, có thể hoà tan phân đồng ra nước và ngâm hạt giống. Nồng độ thích hợp với nhiều loại hạt là 0,01-0,02%  $\text{CuSO}_4$ , một số hạt nồng độ thích hợp là 1%  $\text{CuSO}_4$ . Hồ rế lúa trong dung dịch  $\text{CuSO}_4$  1% cũng là biện pháp có hiệu quả.

#### ***e. Tác dụng***

Tình trạng thiếu đồng trong đất trồng trọt đang ngày càng gia tăng trên thế giới. Một phần diện tích đáng kể ở Úc, Mỹ, New Zealand, Canada, Bắc và Tây Âu... đã được phát hiện thiếu đồng. Kết quả nghiên cứu cho thấy phân đồng làm giảm đáng kể tỷ lệ bệnh hắc tố ở thân và phồng rế lúa mì do vi khuẩn *Pseudomonas cichorii* gây ra. Bón phân đồng vào đất hay phun qua lá đều có hiệu quả với mức tăng năng suất 6,9% ở lúa mạch. Nghiên cứu của Rana và Sharma (1980) cho thấy, phun 2 lần  $\text{CuSO}_4$  nồng độ 0,025% cho cây nho đã làm tăng năng suất có ý nghĩa so với đối chứng với mức tăng 13,7%.

### **4. Mangan**

#### ***a. Mangan trong đất***

Mangan trong đất xuất hiện ở các lớp oxit và

hydroxit bao bọc các hạt đất, lắng đọng trong các vết nứt và lẫn trong các oxit sắt hay các phân tử khác của đất. Đất trung tính và đất kiềm có hàm lượng mangan thấp và thường xảy ra tình trạng thiếu mangan. Đất cát, đất nghèo hữu cơ thường nghèo mangan.

Đất thiếu mangan thường do những yếu tố sau:

- Tầng đất mỏng, đất than bùn hoặc bón vôi quá mức.
- Đất nhiều oxit nhôm, khoáng sét hay đầm lầy được hình thành từ các vật liệu kiềm.
- Đất kiềm thoát nước kém giàu hữu cơ.
- Đất cát đen bị chua hoá.
- Đất đồng cỏ khai phá bị kiềm hoá.
- Đất vườn lâu năm được bón hữu cơ và vôi thường xuyên.
- Đất có hàm lượng mangan thấp, bị cát hoá và chua hoá, quá trình rửa trôi mangan mạnh.

Mangan tổng số rất khác biệt giữa các loại đất. Ion  $Mn^{2+}$  tuy ít di chuyển trong đất nhưng cũng có thể dễ dàng bị rửa trôi trong các điều kiện khắc nghiệt. Như vậy, trong các điều kiện hình thành và rửa trôi  $Mn^{2+}$  sẽ làm giảm mangan tổng số trong đất. Điều này thường xảy ra trên các đất podzon

chua, đất cát. Mangan tổng số trong đất có thể ở nhiều mức độ từ giàu đến nghèo nhưng mangan hữu hiệu trong các loại đất trồng trọt thường thấp và ở mức nghèo.

Mangan trong dung dịch đất là nguồn mangan quan trọng với cây trồng. Phần lớn mangan trong dung dịch đất là  $Mn^{2+}$ . Nồng độ  $Mn^{2+}$  chiếm ưu thế trong dung dịch đất được điều chỉnh bởi  $MnO_2$ . Nồng độ  $Mn^{2+}$  trong dung dịch đất chua hay đất trung tính thường trong khoảng 0,01-1ppm, cùng với phức  $Mn^{2+}$ -hữu cơ chiếm 90%  $Mn^{2+}$  trong dung dịch. Cây hút mangan qua bề mặt các lông hút nhờ các phức  $Mn^{2+}$ . Nồng độ  $Mn^{2+}$  trong dung dịch đất tăng lên khi độ chua của đất tăng. Trong trường hợp đất quá chua, nồng độ  $Mn^{2+}$  cao có thể gây ngộ độc với cây trồng. Ở một số đất cát pha, pH dưới 5 của Ấn Độ, lá của các cây mẫn cảm với mangan thường bị hại do ngộ độc mangan. Vôi có thể làm tăng pH, giảm hàm lượng mangan trong đất, giảm lượng Mn cây hút và tăng năng suất cây trồng.

Do  $Mn^{2+}$  có khả năng di động mạnh nên nó thường bị rửa trôi, đặc biệt là trên đất cát, đất xám. Sự thiếu hụt mangan cũng thường xảy ra ở đất thoát nước tốt, nghèo khoáng và hữu cơ. Những



đất này thường có mangan thấp do kết quả của sự rửa trôi  $Mn^{2+}$  trong dung dịch.

Độ pH của đất có tương quan nghịch với mangan hữu hiệu trong đất. Đất có pH cao, mangan tổng số cao nhưng mangan hữu hiệu thường thấp. Theo Linsay, nồng độ  $Mn^{2+}$  trong dung dịch giảm đi 100 lần với mỗi đơn vị pH đất tăng thêm. Bón các loại phân chua sinh lý có thể làm tăng mangan hữu hiệu trong đất do pH đất giảm. Những đất có hệ đệm kém, kết cấu thô nên bón các loại phân chua sinh lý. Ngược lại, bón nhiều vôi lại là nguyên nhân dẫn tới thiếu mangan với cây trồng. Ngoài ra, vi sinh vật trong đất có thể chuyển hoá  $Mn^{2+}$  sang dạng oxit không hữu hiệu, nhất là khi pH đất xấp xỉ 7. Mangan hữu hiệu cao ở đất chua có thể gây ngộ độc với cây trồng.

Mangan có khả năng kết hợp mạnh với chất hữu cơ tạo thành các phức chất tan hoặc không tan trong nước. Phức mangan tan làm tăng mangan di động và hữu hiệu trong đất. Mangan hữu hiệu thường thấp trong những đất giàu hữu cơ do khả năng tạo thành các phức  $Mn^{2+}$ -hữu cơ không tan mà cây trồng không hút được. Nó có thể tạo thành phức không hữu hiệu với than bùn hay phân

chuông. Trong thực tế thiếu mangan thường quan sát được ở đất than bùn kiềm tính.

Trước hết có sự tương quan giữa  $Mn^{2+}$  và oxi trong đất. Độ ẩm trong đất tăng sẽ làm giảm lượng khí oxi trong đất, từ đó làm tăng  $Mn^{2+}$ , đặc biệt ở đất chua. Mn hữu hiệu có thể tăng ở đất yếm khí, đặc biệt ở những nơi tích lũy  $CO_2$  quanh rễ cây. Sự thiếu oxi cũng thuận lợi cho sự phân huỷ chất hữu cơ, giải phóng  $Mn^{2+}$  vào dung dịch đất. Ở đất ngập nước,  $Mn^{4+}$  chuyển hoá thành  $Mn^{2+}$  hữu hiệu. Lúa và các cây trồng trong ruộng nước có lợi trong việc đáp ứng nhu cầu mangan hơn so với các cây trồng cạn. Đồng thời ở những vùng có khí hậu ẩm ướt, thoáng khí, nồng độ  $Mn^{2+}$  cao cũng thuận lợi cho sự rửa trôi Mn hữu hiệu.

Hàm lượng Cu, Fe, hay Zn trong đất cao cũng làm giảm lượng Mn cây hút. Cây trồng phát triển tốt khi tỷ lệ Fe/Mn giới hạn trong khoảng 1,5-2,5. Nếu tỷ lệ này trên 2,5 có thể dẫn đến thiếu Mn, trong khi dưới 1,5 lại gây ngộ độc mangan. Mặt khác, ở đất chua, ion  $NH_4^+$  ức chế mangan cây hút. Bón các loại phân trung tính như KCl hay  $CaCl_2$  trên đất chua cũng làm tăng Mn hữu hiệu trong đất và Mn trong cây. Mức độ ảnh hưởng của các hợp chất muối đến Mn hữu hiệu theo trình tự: KCl

$> \text{KNO}_3 > \text{K}_2\text{SO}_4$ . Ảnh hưởng của KCl đến Mn cây hút rất mạnh, nó có thể gây ra triệu chứng ngộ độc Mn ở một số cây mẫn cảm với Mn.

Có sự khác biệt đáng kể về khả năng cung cấp mangan hữu hiệu giữa các mùa vụ. Mùa mưa, đất ẩm ướt,  $\text{Mn}^{2+}$  trong đất giải phóng nhiều, trong khi vào mùa khô mangan hữu hiệu giảm, lượng mangan cây hút giảm.

Khí hậu khô thường dẫn đến tình trạng thiếu mangan, đặc biệt là đối với các cây ăn quả. Nhiệt độ trong đất thấp hạn chế khả năng hút mangan của cây. Tăng nhiệt độ đất cũng giúp tăng lượng mangan cây hút.

Thiếu hụt Mn trong đất cũng có thể do  $\text{Mn}^{2+}$  chuyển hoá thành  $\text{Mn}^{4+}$  dưới tác động của vi sinh vật đất. Một số vi khuẩn và nấm có tác động đến việc tạo thành các oxit Mn.

Các loại cây trồng có mức độ mẫn cảm khác nhau với mangan trong đất. Đậu nành, cây có múi, khoai tây, dưa chuột là những cây rất mẫn cảm với sự thiếu mangan. Lúa nước là cây chịu được sự dư thừa trong khi cải bắp, súp lơ, khoai tây, dưa, cà chua và cây ngũ cốc lại đặc biệt mẫn cảm với ngộ độc mangan.

$Mn^{2+}$  là nguồn dinh dưỡng mangan quan trọng nhất đối với cây trồng. Mangan hoà tan có thể xác định được bằng cách dùng nước làm chất rút, song hàm lượng rất nhỏ. Phương pháp này chỉ phù hợp với đất chua. Nếu Mn hoà tan trong nước  $< 2\text{ppm}$  thì đất thuộc loại nghèo mangan. Trên các đất này cần phải bón phân mangan, đặc biệt đối với các cây mẫn cảm với mangan. Khi Mn hoà tan  $< 1\text{ppm}$  thì đất thiếu Mn và hầu hết các cây trồng đều có năng suất cao hơn khi được bón phân mangan.

Amon nitrat có thể dùng để chiết rút mangan trao đổi và mangan tan trong nước. Đất thiếu mangan khi mangan chiết rút bằng amôn nitrat  $< 3,5\text{ppm}$  Mn. Phương pháp này phù hợp với hầu hết các loại đất.

Hydroquinon trong amon nitrat có thể dùng xác định Mn hoạt động. Ngưỡng khủng hoảng Mn theo phương pháp phân tích này biến động khá cao, từ 25-65ppm. Đối với lúa, ngưỡng giới hạn theo phương pháp này là 12ppm. Phương pháp hydroquinon phù hợp với đất giàu hữu cơ.

Dung dịch photphat (phosphoric axit, dihydro amôn photphat) được dùng để phân tích Mn hữu hiệu trong đất. Ngưỡng khủng hoảng Mn theo phương pháp này từ 15-20ppm Mn. Đây là phương

pháp tốt để xác định Mn hữu hiệu, đặc biệt thích hợp đối với đất khoáng hoá mạnh.

### ***b. Mangan trong cây***

Mangan tham gia thành phần cấu tạo một số men (enzym) trong một số phản ứng sinh lý của cây, nó là một thành phần của pyruvate carboxylase. Mangan liên quan đến quá trình hô hấp, sự chuyển hoá đạm và tổng hợp diệp lục tố. Mangan giúp kiểm soát thế oxy hoá-khử trong tế bào ở các pha sáng và tối. Mangan còn thể hiện vai trò quan trọng trong quá trình sinh tổng hợp, thể hiện rõ nhất ở sự tách nước trong các phản ứng này. Mangan cũng có vai trò quan trọng trong quá trình sinh tổng hợp axit ascorbic, đồng hoá  $\text{CO}_2$  và quá trình cố định đạm.

Hàm lượng Mangan trong cây có sự biến động lớn giữa các giống và loài cây. Hàm lượng Mn trong cây cũng cao hơn so với các chất vi lượng khác. Bình thường, hàm lượng Mn trong cây từ 20-500ppm tính theo chất khô.

Hàm lượng mangan trong cây giảm dần theo tuổi cây và tăng dần ở các bộ phận từ rễ lên đến lá. Nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy có sự tương quan giữa pH đất và hàm lượng Mn trong cây. Mangan trong cây giảm nghiêm trọng khi pH chuyển

sang kiềm. Ảnh hưởng bất lợi của pH đất đến Mn trong cây được kiểm chế trong điều kiện đất thiếu oxi do ngập nước.

Hàm lượng 20ppm Mn trong cây là ngưỡng khủng hoảng chung cho một số loại cây, dưới ngưỡng này việc bón phân mangan có hiệu lực cao, ngược lại, trên ngưỡng này việc bón phân Mn không có hiệu quả.

Tình trạng ngộ độc mangan thường xảy ra khi hàm lượng trong cây trên 500ppm Mn. Tuy nhiên, lúa là một ngoại lệ vì có sức chịu đựng Mn cao hơn so với một số cây trồng khác, ngay cả khi hàm lượng tới 2500ppm cây lúa vẫn phát triển mà không có biểu hiện rõ sự bất thường nào.

Ngoài ra, do Fe và Mn là hai nguyên tố đối kháng nhau trong cây nên sự thiếu hay ngộ độc mangan cũng có thể do hậu quả của hàm lượng sắt trong cây. Chẳng hạn, khi hàm lượng sắt trong cây quá cao sẽ làm giảm khả năng hút mangan dẫn đến sự thiếu hụt mangan. Ngược lại, thiếu sắt trong điều kiện đất có mangan mạnh hơn dẫn đến ngộ độc mangan.

Triệu chứng thiếu mangan xuất hiện trước tiên ở các lá non không giống ở các loại cây. Ở cây có múi, khi thiếu mangan phần thịt lá hai bên gân

chính chuyển xanh đậm trong khi gân chính và phần khác nhau màu xanh nhạt. Trong một số trường hợp phần xanh nhạt chuyển xám hoặc trắng, phần xanh đậm trở nên xanh tái, lá mỏng, chồi non mới ra chết khô sau đó rụng đi.

Đối với lúa, khi thiếu mangan xuất hiện dải sọc màu xám trắng ở phần giữa lá non. Các vết này lan dần ra và chuyển trắng, lá nhỏ, mỏng. Trên lá đôi khi có các đốm màu nâu rải rác. Thiếu mangan ở lúa thường gặp trên đất cao, nhất là ít ngập nước. Đất ngập nước thường ít thiếu mangan, vì sự ngập nước làm tăng mangan hữu hiệu.

Đối với cây ngô, thiếu mangan làm thân lá chuyển vàng (bệnh oải hoàng). Đậu nành thiếu mangan, phần thịt của các lá non và lá giữa chuyển vàng trắng, xuất hiện các đốm nâu trên lá, hạt có đốm nâu hoặc bị rỗng. Ở mía, thiếu mangan xuất hiện các dải sọc xanh nhạt xen giữa các gân xanh, đầu lá khô.

Biểu hiện dễ nhận thấy nhất khi ngô độc mangan là các đốm nâu khô dần trên các lá già làm cho lá nhăn lại. Các đốm này lan dần ra khắp bề mặt lá. Ngộ độc mangan dẫn đến tình trạng "đốm lá nhăn" ở bông vải, "sọc trắng thân" ở cà chua và "chết khô vỏ" ở cây táo.

### *c. Phân mangan và cách sử dụng*

Mangan sunfat là nguồn phân mangan được sử dụng rộng rãi nhất. Nó tan trong nước nên có thể dùng để bón vào đất hoặc phun qua lá.

Mangan oxit, mangan cacbonat và bột mangan ít tan trong nước, chỉ nên dùng để bón lót vào đất. Có thể áp dụng bón rải hay bón theo hàng, theo hốc trước khi trồng.

Phức Mn tổng hợp hay tự nhiên đều là nguồn phân mangan rất tốt, có thể dùng để phun qua lá hay bón vào đất đều có hiệu quả nhưng phun qua lá có hiệu quả cao hơn.

*Cách bón:*

*- Bón vào đất*

Bón mangan vào đất là cách thường được dùng nhất để khắc phục tình trạng thiếu mangan. Lượng bón phụ thuộc vào pH đất, hàm lượng hữu cơ, nguồn mangan và phương pháp bón. Nếu bón theo hàng, theo hốc lượng mangan cần sử dụng chỉ khoảng 50% so với bón rải đều trên mặt ruộng khi lót. Các dạng phân mangan tan nhanh có thể bị chuyển sang dạng không hữu hiệu chỉ một thời gian ngắn sau khi bón vào đất, điều này dẫn đến tình trạng cây vẫn thiếu Mn. Hiệu lực của các loại phân



Mn bón vào đất theo thứ tự:  $\text{MnSO}_4 > \text{MnO} > \text{MnCO}_3 > \text{MnO}_2 > \text{Mn-EDTA}$ . Kết hợp Mn trong phân NPK thường có hiệu quả cao hơn bón riêng phân mangan.

*- Bón qua lá*

Bón phân mangan qua lá là cách tốt nhất để khắc phục tình trạng thiếu hụt mangan.  $\text{MnSO}_4$  và phức Mn-EDTA là hai loại thích hợp để phun qua lá. Nồng độ dung dịch phun  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  thích hợp từ 1-2%, lượng 1-2,0kg Mn/ha. Phức Mn-EDTA ( $\text{MnNa}_2\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8$ ) có trọng lượng phân tử 389,1g; độ tan 800 g/lít. Lượng phức mangan cần phun 0,1-0,5kg/ha. Số lần phun qua lá từ 2-3 lần, định kỳ 10-14 ngày/lần.

*- Tắm vào hạt giống*

Có thể dùng  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  hay  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  để xử lý hạt giống. Nồng độ dung dịch pha 0,05%. Nếu dùng  $\text{KMnO}_4$  thì nồng độ thích hợp 0,05-0,1%. Cũng có thể dùng  $\text{MnNO}_3$  và  $\text{MnCO}_3$  để xử lý hạt giống trước khi gieo trồng nhằm ngăn ngừa tình trạng thiếu mangan.

Hiệu lực của phân mangan phụ thuộc vào phương pháp bón, bón qua lá thường có hiệu lực cao hơn so với bón vào đất.

#### *d. Tác động của mangan*

Ngộ độc mangan thường xuất hiện trên đất chua ( $\text{pH} < 5,50$ ). Trên các đất giàu mangan cũng thường dẫn đến tình trạng dư thừa gây ngộ độc với cây trồng. Để giảm nồng độ mangan dư thừa trong đất gây ngộ độc cần phải làm tăng pH đất và giảm hàm lượng mangan hữu hiệu với cây trồng. Biện pháp dễ dàng thực hiện là tăng cường bón vôi và bón phân hữu cơ vào đất.

Vôi làm tăng pH, giảm mangan hữu hiệu. Chất hữu cơ kết hợp với mangan hoà tan cũng làm giảm mangan hữu hiệu. Bón phân lân và silic cũng là biện pháp làm giảm tình trạng ngộ độc mangan ở cây trồng có hiệu quả.

Bón phân mangan kết hợp với kẽm, sắt, đồng và molybden cho chuối đã làm tăng số quả/buồng, số nải/buồng và tăng năng suất so với đối chứng. Đối với nho, nghiên cứu của Lupushor (1971) cho thấy bón hỗn hợp ( $\text{Mn} + \text{B}$ ) làm tăng năng suất 12-21% so với đối chứng.

Bón phân mangan đã làm tăng năng suất lúa 7-13% so với đối chứng. Đối với giống lúa  $\text{NN}_8$  và  $\text{NN75-6}$ , phân mangan đã làm tăng năng suất từ 17-21% so với đối chứng.

## 5. Bo

### a. Bo trong đất

Hàm lượng Bo trong đất dao động trong khoảng 2-200ppm, trung bình 7-80ppm. Chỉ có khoảng < 5% tổng số bo trong đất ở dạng hữu hiệu với cây trồng. Thiếu hụt Bo đã được phát hiện ở nhiều loại đất, trong khi ngộ độc Bo ít khi xảy ra trong thực tế. Tuy vậy, ngộ độc Bo cũng có thể xuất hiện ở những vùng đất phát triển trên đá giàu Bo và những nơi có nguồn nước tưới giàu Bo.

Bo trong đất hiện diện ở 4 dạng chính: Trong đá và khoáng, hấp phụ trên bề mặt các khoáng sét và oxit sắt, nhôm, kết hợp với các chất hữu cơ và boric axit ( $H_3Bo_3^0$ ) hay  $B(OH)_4^-$  trong dung dịch đất. Các khoáng chất chứa Bo chủ yếu trong đất thuộc các nhóm:

- Nhóm hydrous borate: Borax  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ; kernite  $Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$ ; colemanite  $Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$ , ulexite  $(NaCaB_5O_9) \cdot 8H_2O$ .

- Nhóm anhydrous borate: Ludwigite  $Mg_2FeBO_5$ ; Ktoite  $(Mg_3(BO_3)_2)$ . Nhóm hợp chất borosilicate: Tourmalite; axinite.

Trong các khoáng chứa Bo, nổi bật nhất là fluorine borosilicate-tourmaline. Tuy nhiên, các

khoáng này rất bền, ít bị phong hoá nên Bo cung cấp từ nguồn này không đáng kể. Bo tồn tại ở các dạng: Bo trong dung dịch đất; Bo hấp phụ; Bo hữu cơ và Bo trong các hợp chất khoáng. Luôn luôn có sự chuyển hoá giữa các dạng Bo trong đất.

Axit boric ( $H_3BO_3$ ) chiếm ưu thế khi pH dung dịch đất từ 5-9. Khi  $pH > 9,2$ ,  $H_2BO_3^-$  có thể tách hydro để chuyển thành  $H_4BO_4^-$ . Dạng Bo cây hút (axit boric hay ion borat) có thể di chuyển từ dung dịch đất đến bề mặt lông hút của rễ. Bo trong dung dịch đất có thể xác định được thông qua biện pháp phân tích đất.

Sự hấp phụ và phóng thích Bo có tác dụng như bước đệm cho Bo trong dung dịch, nó giúp làm giảm Bo bị rửa trôi. Bo hấp phụ là dạng Bo chủ yếu ở đất kiềm hay đất có hàm lượng Bo cao. Điểm hấp phụ chính của Bo là ở các cầu nối Si-O và Al-O trong khoáng sét; trong các cấu trúc amorphous hydroxide; oxide hay hydroxy Fe, Al. Tăng pH, hàm lượng sét hay hữu cơ đều làm tăng  $H_4BO_4^-$  hấp phụ.

Các hợp chất hữu cơ có một lượng Bo hữu hiệu đáng kể. Lượng Bo hữu hiệu này tăng khi hàm lượng hữu cơ trong đất tăng. Bo có khả năng kết

hợp các chất hữu cơ mạch ngắn để tạo thành các phức hữu cơ phân tử cao hơn.

Bo có thể thay thế vị trí của  $Al^{3+}$  hay  $Si^{4+}$  trong các khoáng silicate. Theo đó Bo có thể hấp phụ trên bề mặt các khoáng sét hay chui vào giữa các lớp khoáng.

Phần lớn các loại đất nông nghiệp đều có hàm lượng Bo tổng số từ 1-467ppm. Ở những vùng có khí hậu ẩm ướt hàm lượng Bo thấp (0,2-1,5ppm), ngược lại ở vùng khô hạn, bán khô hạn hàm lượng Bo cao hơn (10-40ppm). Bo là nguyên tố dễ bị rửa trôi, chính vì thế ở các vùng đất có khí hậu nóng ẩm mưa nhiều hàm lượng Bo thấp hơn so với đất vùng khô hạn và bán khô hạn. Nghèo Bo nhất là các loại đất chua phát triển trên đá phun xuất và đất có kết cấu thô hàm lượng hữu cơ thấp. Các loại đất phát triển trên đá phiến sét thường giàu Bo tổng số. Đất kiềm thường có Bo tổng số cao, song đất phát triển trên đá vôi lại nghèo Bo. Những vùng đất mặn thường giàu Bo.

Bo tan trong nước nóng được xem như là Bo hữu hiệu với cây trồng. Bo hữu hiệu trong đất thường dao động trong khoảng 0,1-0,3ppm. Ở những vùng khô hạn, Bo hữu hiệu có thể cao hơn mức này. Cấu trúc đất, loại khoáng sét, pH và chất hữu cơ trong

đất là những yếu tố ảnh hưởng đến hàm lượng Bo hữu hiệu trong đất.

Bo hữu hiệu giảm khi pH đất tăng, ngoại trừ trên đất mặn. Ảnh hưởng đến Bo hữu hiệu thể hiện rõ khi  $\text{pH} > 6$ . Đất kiềm thường thiếu Bo hữu hiệu do pH cao. Sự giảm Bo hữu hiệu do canxi là nguyên nhân chính vì nó làm tăng Bo hấp phụ với  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Mức hấp phụ đạt tối đa khi  $\text{pH} = 7$  và hạn chế lượng Bo cây hút. Tuy nhiên, canxi không phải luôn làm tăng Bo hấp phụ và giảm Bo cây hút. Trường hợp pH cao do Ca ở đất giàu hữu cơ lại có thể làm tăng độ phân giải hữu cơ, từ đó giải phóng Bo hữu hiệu. Ngược lại, đất quá chua ( $\text{pH} < 4$ ) cũng thường nghèo Bo.

Chất hữu cơ trong đất có khả năng giữ Bo tốt hơn sét. Sự hấp phụ Bo của chất hữu cơ tăng khi pH tăng và đạt cực đại ở  $\text{pH}=9$  sau đó lại giảm đi. Vai trò của chất hữu cơ với Bo hữu hiệu chưa được biết rõ, song ở đất chua chất hữu cơ ảnh hưởng tốt tới Bo hữu hiệu. Bo trong chất hữu cơ có thể được phân giải nhờ hoạt động của các vi sinh vật. Trong phẫu diện đất hàm lượng Bo hữu hiệu ở lớp đất mặt thường cao hơn so với lớp đất dưới, điều này do hàm lượng chất hữu cơ cao hơn. Đất giàu hữu cơ thường có nhiều Bo hơn đất nghèo hữu cơ. Nhiều

kết quả nghiên cứu đã chứng tỏ bón phân hữu cơ làm tăng hàm lượng Bo tổng cây.

### *- Cấu trúc đất*

Cấu trúc đất có ảnh hưởng đến hàm lượng Bo trong đất. Đất có cấu trúc thô, đất cát, đất thoát nước tốt thường có hàm lượng Bo thấp. Đất có cấu trúc tốt có khả năng giữ được Bo tốt trong khi đất cát, nghèo hữu cơ, lượng Bo rửa trôi tới 85% lượng Bo bón vào. Đất có cấu trúc tốt có thể giữ Bo một thời gian dài sau khi bón vào bởi Bo được hấp phụ trên bề mặt của các khoáng sét. Trên đất có cấu trúc tốt, phân Bo có hiệu lực kéo dài hơn so với đất có cấu trúc kém. Tuy nhiên, trên đất có cấu trúc kém, lượng Bo cây hút có thể cao hơn so với đất có cấu trúc tốt ở cùng một liều lượng bón. Dung tích hấp thụ Bo của đất phụ thuộc nguồn gốc khoáng sét theo thứ tự: Khoáng mica > montmorillonite > kaolinite.

Canxi là nguyên tố tương tác mạnh với Bo. Nhu cầu Bo của cây thấp khi cây thiếu canxi. Khi canxi hữu hiệu trong đất tăng, nhu cầu Bo của cây cũng tăng lên. Sự dư thừa  $Ca^{2+}$  ở đất kiềm hay do bón quá nhiều vôi sẽ hạn chế Bo hữu hiệu trong đất. Đối với đất giàu Bo, việc bón vôi có thể khắc phục được tình trạng dư thừa Bo gây ngộ độc cho cây. Tỷ lệ Ca/Bo trong cây là một chỉ tiêu quan

trọng để chẩn đoán dinh dưỡng Bo. Nhiều công trình nghiên cứu đã chứng tỏ thiếu Bo ở lúa mạch khi tỷ lệ  $\text{Ca/Bo} > 1370/1$  và thiếu Bo ở thuốc lá khi tỷ lệ  $\text{Ca/Bo} > 1200/1$ . Đối với cây mía, tỷ lệ  $\text{Ca/Bo} = 20$  là tối ưu cho sinh trưởng và phát triển và năng suất của mía.

Kali là nguyên tố đối kháng với Bo, nếu bón quá nhiều kali sẽ ức chế cây hút Bo dẫn đến thiếu hụt Bo. Nhiều kết quả nghiên cứu đã cho thấy tình trạng thiếu Bo làm giảm năng suất ở cỏ dậu và cỏ analfa là do bón lượng kali quá cao. Ngược lại, khi bị ngộ độc Bo, bón kali với lượng cao có thể làm giảm mức độ ngộ độc Bo.

Thiếu hụt Bo thường xuất hiện ở những vùng có thời tiết khô và độ ẩm đất thấp. Độ ẩm đất liên quan đến sự giải phóng Bo từ chất hữu cơ vào đất và khả năng di chuyển Bo về vùng rễ cây trồng. Bo là nguyên tố dễ bị rửa trôi nên đất ở các vùng khô hạn và bán khô hạn thường có hàm lượng Bo cao hơn đất ở vùng khí hậu ẩm ướt. Mặc dù hàm lượng Bo trong đất vùng khô hạn có thể cao, song độ ẩm đất thấp sẽ hạn chế khả năng hút Bo của cây và cây trồng ở vùng này vẫn có triệu chứng thiếu Bo.

Các giống cây trồng có sự mẫn cảm rất khác



nhau đối với Bo. Sự khác nhau này là do cấu tạo gen các cây trồng quyết định. Các cây trồng thuộc họ ngũ cốc như lúa, ngô có nhu cầu Bo thấp, trong khi các cây họ đậu như lạc, đậu Hà Lan và họ thập tự như su lơ có nhu cầu Bo cao hơn.

Đất có thành phần cơ giới nặng có khả năng giữ Bo tốt hơn nên lượng Bo cần phải cao hơn so với ở đất có thành phần cơ giới nhẹ. Điều này có nghĩa ngưỡng thiếu Bo trên đất nặng phải cao hơn so với trên đất nhẹ.

Lượng Bo hữu hiệu tăng lên ở đất chua song lại giảm đi ở đất kiềm. Ngay cả lượng Bo hữu hiệu thấp cây trồng vẫn có thể đủ Bo nếu là đất chua, song cùng mức Bo đó ở đất kiềm lại có thể thiếu Bo trầm trọng.

### ***b. Bo trong cây***

Bo là nguyên tố vi lượng rất quan trọng với cây trồng, ảnh hưởng đến hoạt động của một số enzym, nó có khả năng tạo phức với các hợp chất polyhydroxy khác nhau. Bo làm tăng khả năng thấm ở màng tế bào, làm cho thành tế bào vững chắc và việc vận chuyển hydratcarbon được dễ dàng. Bo liên quan đến quá trình tổng hợp protein, lignin. Bo thiết yếu đối với sự phân chia tế bào và quá trình thụ phấn ở cây. Nó ảnh hưởng tới sự hấp

thu và sử dụng canxi của cây, giúp điều chỉnh tỉ lệ K/Ca trong cây.

Hàm lượng Bo rất khác biệt giữa các loại cây. Ở các cây một lá mầm hàm lượng Bo thường thấp hơn so với các cây hai lá mầm. Trong cây, hàm lượng Bo cũng khác nhau giữa các bộ phận. Hàm lượng Bo trong lá thường cao hơn trong thân. Bo trong cây giảm dần theo tuổi cây. Nhu cầu Bo cũng khác nhau giữa các loại cây.

Bo là nguyên tố ít di động nên triệu chứng thiếu Bo thường bắt đầu xuất hiện ở các bộ phận non của cây. Ban đầu đỉnh sinh trưởng chùn lại, dần chết khô. Các lá non thường bị biến dạng, gấp nếp và mỏng với màu xanh nhạt đến mất màu. Trên bề mặt lá thường có những đốm nhỏ màu vàng trắng. Trong một số trường hợp đỉnh sinh trưởng bị chết làm cây mọc thêm nhiều chồi bên giống như cây bụi. Xuất hiện nhiều vết rạn nứt trên thân và cuống quả. Thiếu Bo là nguyên nhân dẫn đến hoa kém phát triển, sức sống của hạt phấn kém, tỷ lệ đậu quả thấp, tầng rời ở cuống và quả không phát triển đầy đủ nên quả non dễ bị rụng. Thiếu Bo làm sự phát triển của rễ bị ảnh hưởng, các rễ cây nhỏ, mỏng, đầu rễ thường bị chết hoại.

Thiếu Bo ở cây lúa làm giảm chiều cao cây, đầu lá

dân bạc trắng và cuộn lại, có thể làm chết các đỉnh sinh trưởng, bông nhỏ, số gié và số hạt trên bông ít.

Đối với ngô, thiếu Bo làm cây thấp, khả năng trở cờ kém, bắp và hạt nhỏ, lõi lớn, số hạt trên bắp ít. Ở cây bông, hoa rụng nhiều, xuất hiện các vết nứt gãy, mất màu trên nụ, quả chín không hoàn toàn (chỉ nở nửa quả).

Thiếu Bo ở các cây có củ xuất hiện bệnh "ruột nâu", đặc trưng bởi những đốm thâm màu hoặc nứt nẻ trên phần dày nhất của rễ. Ở cây súp lơ, ban đầu bị thối từ cuống hoa sau lan dần ra cả hoa. Ở cây có múi, quả có nhiều đốm nâu, lệch tâm, có vết đen quanh lõi, nước chua. Đối với nho, thiếu Bo làm quả nhỏ, ít quả. Đối với đu đủ, thiếu Bo làm quả sần sùi, biến dạng.

Với đa số cây trồng, khi hàm lượng Bo  $< 15\text{ppm}$  thì thiếu Bo. Tuy nhiên, với cây một lá mầm có thể ngưỡng này thấp hơn. Cây đủ Bo khi đạt 15-100ppm B và ngô độc Bo khi hàm lượng Bo trong cây  $> 200\text{ppm B}$ .

### *c. Phân Bo và sử dụng*

Borax và natri tetraborat là các dạng phân Bo được dùng phổ biến nhất cho các cây nông nghiệp. Borax và borat có thể dùng để bón vào đất hay phun qua lá.

Solubor cũng là tetraborat có hàm lượng Bo cao nên có thể dùng để bón vào đất hoặc phun qua lá. Boric axit có thể sử dụng được cho cả bón gốc và bón qua lá mặc dù nó ít được dùng hơn so với borax.

Để khắc phục tình trạng thiếu Bo, có thể áp dụng cách bón phân Bo vào đất hoặc phun qua lá. Tuy nhiên, trong thực tế biện pháp bón vào đất thường được sử dụng hơn do dễ sử dụng, ít tốn kém lao động so với phun qua lá.

*- Bón vào đất*

+ Có thể bón lót bằng cách rải đều trên mặt đất, bón theo hàng hay theo hốc. Bón thúc một vài lần cũng cho kết quả tốt, nhất là với các cây có thời gian sinh trưởng dài.

+ Liều lượng dùng cho bón gốc từ 1,2-3,2kg Bo/ha cho những cây có nhu cầu Bo cao (cây họ đậu và một số cây có củ) và 0,6-1,2kg Bo/ha cho những cây có nhu cầu Bo thấp.

+ Sự hiểu biết về đất và điều kiện thời tiết, khí hậu rất cần thiết trước khi quyết định chế bộ bón phân. Nếu đất chua nên bón dạng muối, đất kiềm bón axit boric.

+ Ngưỡng giới hạn giữa mức Bo tối ưu và mức độ độc của Bo rất hẹp, do vậy bón phân Bo cần phải theo nhu cầu của cây tránh hiện tượng ngộ độc có

thể xảy ra. Bón một lần có thể đem lại hiệu lực kéo dài, nhất là trong đất có thành phần cơ giới nặng. Đối với những cây đòi hỏi lượng Bo thấp và nguồn phân Bo chậm tan thì hiệu lực có thể kéo dài.

+ Phân Bo có thể bón riêng hay trộn với phân NPK để bón chung. Ngoài ra, có thể đưa phân Bo vào trong quá trình sản xuất phân NPK bằng cách bọc áo để tạo ra phân bón NPK + B. Đối với phân NPK có tính chua nên sử dụng boric axit. Phân NPK trung tính nên sử dụng natri borat.

#### *- Bón qua lá*

+ Phương pháp phun phân Bo qua lá có hiệu quả cao với cây ăn quả. Sau khi phun lần đầu và Bo đã được hấp thu vào cây, cần phun tiếp một vài lần để hoàn toàn khắc phục sự thiếu hụt Bo của cây. Nồng độ dung dịch phun thích hợp của các loại phân Bo với hầu hết các loại cây là 0,2%. Với cây có quả, phun phân Bo có thể thực hiện vào 5 thời điểm: chồi đang ngủ, bắt đầu nảy chồi mới, lá đã phát triển đầy đủ, trước khi ra hoa và quả non đang phát triển. Đối với cây ăn quả dài ngày và bông vải nên phun tối thiểu 3 lần, định kỳ 10-14 ngày/lần.

+ Việc phun phân Bo cần được thực hiện hàng năm nếu sự thiếu Bo được ghi nhận trong suốt

mùa sinh trưởng. Lần phun đầu tiên thực hiện ngay khi triệu chứng được phát hiện. Sau đó tiếp tục phun vài lần định kỳ cách nhau một tuần tùy theo cây trồng sẽ cho kết quả tốt nhất.

+ Solubor được sử dụng rộng rãi để phun qua lá. Nồng độ phun với một số cây trồng có thể dùng tới 5%, nhưng nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy nồng độ phun không nên quá 1% và đối với các loại cây trồng phổ biến hiện nay thì chỉ cần pha nồng độ từ 0,2-0,5%.

#### *- Tắm vào hạt giống*

Có thể dùng axit boric hoà ra nước để xử lý hạt giống trước khi gieo. Nồng độ dung dịch thích hợp 0,01-0,03%. Lượng dung dịch 8-10 lít cho 100kg hạt giống. Với những cây có nhu cầu Bo cao, nồng độ dung dịch dùng để ngâm hạt giống có thể tới 2,5% axit boric.

#### *d. Tác động của bo*

Ngộ độc Bo có thể xuất hiện ở những vùng đất khô hạn, bán khô hạn và vùng đất mặn. Nước tưới giàu Bo hay bón nhiều tro cũng là nguyên nhân ngộ độc Bo ở một số vùng. Kiểm hoá đất bằng cách bón vôi là biện pháp khắc phục tình trạng ngộ độc Bo với cây trồng. Tăng lượng nước tưới sau đó xả nước để rửa trôi Bo cũng là biện pháp làm giảm

ngộ độc Bo có hiệu quả. Bón thêm silic cũng có tác dụng ngăn cản sự hấp thu Bo của cây ở những tầng đất sâu hơn, từ đó làm giảm tình trạng ngộ độc Bo với cây trồng.

Nghiên cứu hiệu lực của phân Bo với lạc trên đất bạc màu của Dương Văn Đắm (1993) cho thấy hiệu lực của phân Bo phụ thuộc vào pH và hàm lượng Bo trong đất. Kết quả 12 thí nghiệm được thực hiện trên các đất có pH từ 4,5-7 cho thấy phun  $H_3BO_3$  nồng độ 0,05%, lượng phun 600 lít/ha vào thời điểm lạc chớm ra hoa làm tăng năng suất lạc củ 7,48-16,78% so với đối chứng. Kết quả 7 thí nghiệm trên các đất có hàm lượng Bo hữu hiệu từ 0,1-0,35% cho thấy phun  $H_3BO_3$  nồng độ 0,05% đã làm tăng năng suất lạc củ có ý nghĩa so với đối chứng với mức tăng trung bình 16,67%. Nghiên cứu của Nguyễn Đình Mạnh (1988) cho kết quả phun boric axit nồng độ 3 gam/30 lít nước làm tăng năng suất lạc củ 11,8% và lạc nhân 17,3% so với đối chứng không phun.

Kết quả nghiên cứu hiệu lực của phân Bo với cây cải bắp của Phạm Văn Hồng (1993) cho thấy phân Bo không những làm tăng năng suất mà còn tăng hàm lượng đường tổng số, đường khử và vitamin C trong bắp cải. Sử dụng phân Bo bằng

cách ngâm hạt giống trong dung dịch  $H_3BO_3$  nồng độ 0,003-0,04% làm tăng năng suất 2,78-9,71% so với đối chứng. Xử lý hạt bằng hỗn hợp dung dịch Bo, đồng và kẽm làm tăng năng suất 13,9% so với đối chứng.

## **6. Molypden**

### ***a. Molypden trong đất***

Hàm lượng molypden trong đất rất thấp, biến động từ 0,013-17ppm. Trong đất, đặc biệt là đất chua, molypden hữu hiệu bị hấp thu mạnh bởi các oxit và hydroxit sắt để tạo thành các dạng molypden kết tủa không còn hữu hiệu đối với cây trồng. Molypden cũng có mặt trong thành phần của các hợp chất hữu cơ. Đây là nguồn dinh dưỡng molypden quan trọng với cây trồng.

Phần lớn các loại đất nông nghiệp có hàm lượng Mo tổng số dao động trong khoảng 0,01-12ppm (Aubert và Pinta, 1977). Tuy nhiên, Mo tổng số không phải là chỉ tiêu phản ánh dinh dưỡng molypden với cây trồng. Trong phẫu diện đất, hàm lượng molypden cao ở tầng mặt và giảm dần ở các tầng dưới sâu. Trong đất, molypden tồn tại ở dạng tan trong nước, hấp phụ trên bề mặt các colloid, kết hợp với các chất hữu cơ và nằm trong các khoáng chất.



Molypden hữu hiệu phụ thuộc nhiều vào pH đất. Molypden hữu hiệu cao trong đất kiềm và thấp trong đất chua, điều này trái ngược với các chất vi lượng thiết yếu khác. Đất chua làm tăng khả năng cố định Mo lên khoáng sét, giảm molypden hữu hiệu. Trong thực tế tình trạng thiếu molypden thường phát hiện trên đất có pH < 5,5. Các đất chua thường thiếu molypden hữu hiệu với cây trồng. Theo Linsay (1972), hàm lượng molypden hoà tan tăng 100 lần ứng với mỗi đơn vị pH tăng thêm. Ở đất chua, biện pháp bón vôi cũng làm gia tăng molypden hữu hiệu.

Các chất hữu cơ có khả năng tạo phức với molypden. Các phức chất Mo-hữu cơ không chỉ hữu hiệu với cây mà còn tránh được sự hấp phụ  $\text{MoO}_4^{2-}$ , bởi các sesquioxide chuyển hoá tạo thành các dạng molypden kết tủa không còn hữu hiệu với cây trồng. Mặc dù vậy, ở đất quá giàu hữu cơ như than bùn, axit humic lại làm giảm Mo do khả năng cố định mạnh Mo. Bón phân hữu cơ cũng làm tăng molypden hữu hiệu với cây trồng. Sự khoáng hoá chất hữu cơ trong đất sẽ giải phóng Mo từ từ cung cấp cho cây.

Molypden hữu hiệu tăng khi độ ẩm trong đất tăng. Sự ngập nước cũng làm tăng molypden hữu hiệu trong đất so với đất khô. Nếu đất có hàm

lượng molybden tổng số cao, khi bị ngập úng, thoát nước kém có thể dẫn đến tình trạng dư thừa molybden hữu hiệu gây ngộ độc cho cây.

Đất có kết cấu nhẹ có thể giải phóng molybden dễ dàng hơn so với đất có thành phần cơ giới nặng. Đất có kết cấu kém thường dễ bị rửa trôi Mo, điều này làm cho đất cát thường hay bị thiếu Mo hơn so với đất thịt và đất sét.

Molybden hữu hiệu trong đất phụ thuộc nhiều vào hàm lượng các chất dinh dưỡng khác trong đất. Sự hấp phụ molybden của đất tăng lên khi có sự hiện diện Cl<sup>-</sup> trong khi lại giảm đi khi có mặt  $\text{SO}_4^{2-}$ . Molybden đối kháng với  $\text{SO}_4^{2-}$  và  $\text{Cu}^{2+}$  trong đất. Nồng độ  $\text{SO}_4^{2-}$  hay  $\text{Cu}^{2+}$  trong đất cao sẽ làm giảm lượng Mo cây hút. Ngược lại, tình trạng dư thừa molybden gây độc có thể ngăn chặn bằng cách bón phân đồng. Ion phosphate cũng có thể thay thế anion Mo trong quá trình hấp phụ làm giảm molybden hữu hiệu của đất. Bón phân lân hợp lý làm tăng Mo hữu hiệu. Molybden hữu hiệu trong đất còn phụ thuộc vào sắt tự do và oxit sắt. Đất có  $\text{Fe}^{2+}$  và  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  cao thường nghèo Mo. Khi tăng lượng thạch cao hoặc amon sulfat, hàm lượng Mo hữu hiệu trong đất giảm. Bón phân Mo làm tăng lượng hút N ở lúa và P, K ở đậu nành.

Các cây họ thập tự và họ đậu có nhu cầu molybden cao, chúng rất mẫn cảm với molybden. Trên những đất mà cây ngũ cốc phát triển bình thường thì cây họ đậu và họ thập tự vẫn thiếu molybden. Lúa, ngô, bông vải là những cây có tính mẫn cảm thấp với molybden.

Ngưỡng thiếu molybden với cây họ đậu  $< 0,15\text{ppm Mo}$ , dưới ngưỡng này cần phải bón phân molybden. Đối với các cây khác, ngưỡng thiếu molybden là  $0,1\text{ppm Mo}$ .

Ngoài amon oxalat, nước nóng, amon acetat,  $\text{NaOH}$  và  $\text{NH}_4\text{F}$  cũng là những chất thường dùng để chiết rút phân tích Mo hữu hiệu trong đất. Tuy nhiên, không có phương pháp nào xác định tuyệt đối chính xác molybden hữu hiệu bởi Mo phụ thuộc nhiều vào pH. Xác định molybden hữu hiệu không phải giống như nhau ở tất cả mọi loại đất. Trở ngại lớn nhất là xác định chính xác một lượng nhỏ Mo chiết rút bởi thuốc thử mạnh như amon oxalat. Cách đơn giản nhất để xác định molybden hữu hiệu một cách tương đối là thông qua pH đất. Nếu pH đất dưới ngưỡng 6-6,5 thì đất đó cần phải bón phân molybden.

#### **4. Molybden trong cây**

Molybden là thành phần thiết yếu của men

nitratoreductasa và nitrogenasa, chúng kiểm soát quá trình làm giảm nitrat hữu cơ và xúc tiến quá trình cố định đạm ( $N_2 \rightarrow NH_3$ ) của cây. Molybden cần thiết cho vi khuẩn (rhizobium) cố định đạm cộng sinh ở nốt sần cây họ đậu và azotobacter. Molybden cần thiết cho sự tổng hợp axit ascorbic, có lợi cho quá trình sinh lý của cây. Molybden còn là chất giải độc do thừa Cu, B, Ni, Ca, Mn, Zn gây ra.

Trong các cây công nghiệp, Mo biến động khoảng 0,1-2ppm. Cây họ đậu, súp lơ và cải bắp có hàm lượng Mo cao hơn so với các cây khác. Hàm lượng Mo ở rễ cao nhất sau tới ở lá và thấp nhất là thân. Vùng mép và đầu lá hàm lượng Mo thấp hơn ở giữa lá. Mo trong thân lá giảm đi theo tuổi cây và chuyển vào tích lũy trong hạt.

Mặc dù ngưỡng thiếu molybden có sự khác biệt giữa các loại cây trồng, song đa số đều có sự phản ứng với phân molybden khi hàm lượng Mo  $< 0,1\text{ppm}$ . Cây có khả năng chịu được nồng độ Mo khá cao nhưng nếu hàm lượng Mo trong lá  $> 15\text{ppm}$  có thể làm cây bị ngộ độc.

Molybden có liên quan mật thiết tới quá trình chuyển hoá đạm trong cây, do đó sự thiếu molybden cũng có biểu hiện tương tự như thiếu

đạm. Ở cây hai lá mầm, thiếu Mo xuất hiện màu xanh vàng ở chóp và mép lá. Vết vàng lan rộng và hoại tử làm lá bị rách dần từ mép lá chỉ còn lại phần gân lá. Ở cây họ đậu, thiếu molybden số nốt sần tuy nhiều nhưng kích thước nhỏ và chúng có màu xanh hay xám thay vì màu hồng khi đầy đủ Mo. Thiếu Mo thường dẫn đến thiếu đạm do khả năng cố định đạm của cây bị hạn chế. Thiếu Molybden, cây sinh trưởng phát triển kém, cây còi cọc, xuất hiện nhiều đốm vàng ở giữa các gân của những lá dưới, tiếp đó là hoại tử mép lá.

Ở súp lơ (cải bông), lá nhỏ và mỏng, các mô lá bị xoắn lại, héo dần, chỉ còn lại gân giữa của lá và một vài miếng phiến lá nhỏ. Ở cây có múi, thiếu molybden xuất hiện các đốm mất nước ở phần thịt rìa lá sau lan vào gần gân lá. Các đốm này dần chuyển vàng, xám nâu và khô đi.

### ***c. Phân molybden và sử dụng***

#### ***- Bón vào đất***

+ Lượng molybden cần bón thường rất nhỏ tùy theo từng loại cây, loại đất và nguồn phân Mo. Lượng bón 50-100g Mo/ha thích hợp với hầu hết cây họ đậu và 400g Mo/ha thích hợp cho một số loại rau họ thập tự như súp lơ.

+ Phân molybden có thể dùng để bón rải đều trên mặt đất, bón theo hàng, theo hốc hay trộn vào hạt giống trước khi gieo. Một lần bón có thể có hiệu lực ngay đối với 1 số loại cây trồng, tuy nhiên đối các cây rau thuộc họ thập tự cần phải bón vài lần, đặc biệt là suplơ và cải bắp.

*- Bón qua lá*

+ Phun phân molybden qua lá khắc phục được tình trạng thiếu Mo. Dung dịch phun cần có nồng độ 0,1-0,3% muối Mo tan trong nước. Amon molybđat hay natri molipđat là những loại phân molybden dùng phun lá rất hiệu quả.

+ Thời kỳ phun rất quan trọng, ảnh hưởng tới hiệu lực của phân Mo. Đối với cây họ đậu, phun vào thời kỳ cây cao khoảng 20cm, trước trổ hoa hay bắt đầu đâm tia thì có hiệu lực cao, song nếu phun muộn hơn thì hiệu lực sẽ thấp.

*- Tắm vào hạt giống*

+ Phân molybden thường được trộn vào hạt giống khi gieo, vì lượng phân Mo cần sử dụng rất ít nên trộn vào hạt sẽ đảm bảo được sự đồng đều hơn so với bón vào đất. Mặt khác, trộn phân molybden cùng với hạt giống cũng làm giảm bớt sự cố định của đất so với phương pháp bón vào đất nên hiệu

quả thường cao hơn. Với các cây họ đậu biện pháp trộn vào hạt có hiệu quả cao. Liều lượng thích hợp dùng để trộn vào hạt giống cây họ đậu từ 7-35 gam Mo/ha. Với các loại cây khác, lượng phân 50-100g Mo trộn với lượng hạt giống đủ gieo cho 1ha, nếu trộn lượng quá lớn dễ dẫn tới ngộ độc cho hạt và cây non.

+ Để trộn phân molybden với hạt giống, cần hoà tan phân Mo trong nước ở dạng lỏng hoặc dạng sệt rồi tưới và đảo đều. Nếu trộn phân Mo ở dạng bột thì hiệu quả rất thấp.

+ Ngoài cách trộn, có thể hoà tan phân Mo rồi phun cho hạt giống hay phun ngay vào hốc, vào hàng khi gieo hạt hoặc tưới khi cây đã mọc. Nồng độ pha 30-100g phân Mo/2 lít nước phun số lượng hạt giống đủ gieo cho 1 ha.

#### *d. Tác động của molybden*

- Ngộ độc molybden có thể do đất giàu Mo hay do bón quá nhiều phân molybden. Khi cây tích lũy quá nhiều Mo thì xuất hiện triệu chứng ngộ độc molybden. Dư thừa Mo làm giảm hoạt động của men nitratreductase và suy yếu chức năng trao đổi chất. Ngộ độc Mo làm lá cây chuyển màu vàng đậm đến xanh tím. Khắc phục ngộ độc Mo bằng cách bón

thạch cao (gypsun) hay các loại phân có chứa S. Chính  $\text{SO}_4^{2-}$  làm giảm khả năng hút Mo và giảm nồng độ molybden trong cây, giảm ngộ độc.

- Kết quả nghiên cứu đối với lạc cho thấy ngâm hạt giống trong hỗn hợp dung dịch (50 gam amon molybdat + 100 gam axit boric + 5 lít nước) đã làm tăng năng suất củ 9,1% và năng suất nhân 14% so với đối chứng, tăng chất lượng lạc nhân. Xử lý hạt lạc trước khi gieo và phun riêng rẽ amon molybdat nồng độ 0,05% và boric axit 0,03% hay phối hợp cả hai loại phân này đều làm tăng năng suất lạc củ có ý nghĩa so với đối chứng với mức tăng 8,34-10,25% ở công thức phun hỗn hợp. Hàm lượng axit hữu cơ, lipid và protein của lạc nhân ở công thức được phun phân Bo hay molybden đều tăng đáng kể so với đối chứng. Nghiên cứu hiệu lực của phân molybden trên cây lạc trồng trên đất bạc màu cho thấy xử lý hạt giống bằng amon molybdat 1% trước khi gieo làm tăng khả năng chống chịu của cây lạc với điều kiện bất lợi về độ ẩm, tăng năng suất lạc củ.

## **7. Clo**

### ***a. Clo trong đất***

Hàm lượng clo tổng số trong đất dao động trong khoảng 5-800ppm, trung bình 100ppm. Đất mặn



và mặn kiềm thường giàu clo, trong khi đất cát bị rửa trôi nhiều nghèo Mo. Trong đất, clo tồn tại ở dạng muối  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$  và  $\text{CaCl}_2$ . Các muối này tan tốt trong dung dịch đất để tạo thành các ion  $\text{Cl}^-$ . Ion  $\text{Cl}^-$  rất di động trong đất và phụ thuộc nhiều vào độ pH.  $\text{Cl}^-$  cũng dễ dàng bị rửa trôi khỏi đất quanh vùng rễ cây trồng.

Lượng clo dung dịch trong đất dao động khá lớn và tổng lượng thường nằm trong khoảng 100-1000kg  $\text{Cl}^-$ /ha. Đất không bị mặn và thoát nước tốt có hàm lượng clo từ 0,5-35ppm  $\text{Cl}^-$ . Clo tích lũy trong đất bị ảnh hưởng bởi tuần hoàn muối từ biển, nước tưới giàu clo và điều kiện tưới tiêu nước. Lượng clo cung cấp hàng năm 13-39kg/ha/năm.

Hàm lượng 2ppm  $\text{Cl}^-$  là ngưỡng thiếu  $\text{Cl}^-$  với hầu hết các loại cây trồng. Trong thực tế, những vùng đất cát xa biển hầu như thiếu clo. Ở các vùng đất khác, tình trạng thiếu clo không phổ biến. Vùng đất nhiễm mặn ở ven biển không những không thiếu mà có thể còn dư thừa clo gây ngộ độc cho cây trồng.

### ***b. Clo trong cây***

Clo có nhiều chức năng quan trọng trong cây và cần thiết cho sự di chuyển chất lỏng trong cây.

Clo có vai trò thiết yếu trong phản ứng quang hợp của cây trồng. Clo là thành phần của các axit auxin chloindole-3 acetic; amylasa; asparagine synthetate và ATP. Clo là thành phần của nhiều hợp chất tìm thấy trong vi khuẩn và nấm. Nó có tác dụng kích thích sự hoạt động của một số enzym và ảnh hưởng đến sự chuyển hoá hydrat carbon và khả năng giữ nước của mô thực vật và khả năng phân chia tế bào. Chức năng không đặc trưng của clo là làm tăng áp suất thẩm thấu qua màng tế bào và hút nước của cây trồng. Clo có tác dụng giảm bớt tình trạng sâu bệnh ở cây trồng.

Hàm lượng clo trong cây dao động từ 0,015-5,5% chất khô. Clo là nguyên tố ít dao động nên hàm lượng Cl trong các lá già cao hơn so với lá non. Hàm lượng clo trong lá và chồi cao hơn so với rễ. Nhu cầu clo của cây trồng khoảng trên 6kg/ha/vụ.

Triệu chứng thiếu Clo xuất hiện ở các bộ phận non của cây. Ban đầu đỉnh sinh trưởng và lá non bị héo, úa vàng lá, sau chuyển màu đồng thau và chết khô. Khi ngộ độc clo, chóp lá và mép lá bị khô, lá nhỏ, một số trường hợp lá mất màu. Ngộ độc clo thường xuất hiện ở các vùng đất mặn ven biển.

### *c. Phân clo và sử dụng*

Trong thực tế, phân KCl được sử dụng nhiều nên tình trạng thiếu clo ít khi xảy ra, chỉ trừ với những cây có nhu cầu clo cao như dừa, cọ dầu. Clo bị rửa trôi nhanh, ít tích lũy lại trong đất nên trừ đất mặn, các loại đất khác hiếm khi gặp trường hợp ngộ độc clo.

Hiện ở Việt Nam, tình trạng thiếu hoặc thừa clo chưa đặt thành vấn đề quan tâm nhiều. Tuy nhiên, với cây dừa và cọ dầu cần phải bón phân có chứa clo. Đối với dừa trồng trên các vùng đất xa biển, đất đỏ và đất xám thường ít có quả do thiếu clo. Để khắc phục tình trạng này có thể bón muối ăn (NaCl) vào ngọn, thân hay gốc. Thuộc lá, sầu riêng, khoai tây là những cây mẫn cảm với clo nên hạn chế dùng phân có clo, đặc biệt là các giai đoạn cây trưởng thành, sắp thu hoạch.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### *Tủ sách khuyến nông phục vụ người lao động*

1. Mai Phương Anh, Trần Khắc Thi, Trần Văn Lại: *Rau và trồng rau*. Nxb Nông nghiệp - 1996.
2. Bùi Chí Bửu - Nguyễn Thị Lang: *Ứng dụng công nghệ sinh học trong cải tiến giống lúa* - Nxb Nông nghiệp - 1995.
3. Luyện Hữu Chỉ và cộng sự. 1997. *Giáo trình giống cây trồng*.
4. *Công nghệ sinh học và một số ứng dụng ở Việt Nam*. Tập II. Nxb Nông nghiệp - 1994.
5. G.V. Guliaeb, IU.L. Guijop. *Chọn giống và công tác giống cây trồng* (bản dịch) Nxb Nông nghiệp - 1978.
6. Cục Môi trường. *Hiện trạng môi trường Việt Nam và định hướng trong thời gian tới*. Tuyển tập Công nghệ môi trường, Hà Nội, 1998.
7. Lê Văn Cát. *Cơ sở hóa học và kỹ thuật xử lý nước*. Nxb Thanh Niên, Hà Nội, 1999.
8. Chương trình KT-02, *Bảo vệ môi trường và phát triển bền vững*, Tuyển tập các báo cáo khoa học tại Hội nghị khoa học về Bảo vệ môi trường và PTBV, Hà Nội, 1995.
9. *Dự báo thế kỷ XXI*, Nxb Thống Kê, 6/1998.
10. Lê Văn Khoa và Trần Thị Lành, *Môi trường và phát triển bền vững ở miền núi*, Nxb Giáo dục, 1997.
11. *Luật Tài nguyên nước*, Nxb Chính trị quốc gia, 1998.
12. Lê Văn Nãi, *Bảo vệ môi trường trong xây dựng cơ bản*, Nxb Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 1999.

## MỤC LỤC

|                                    | Trang |
|------------------------------------|-------|
| I. PHÂN BÓN VÀ NĂNG SUẤT CÂY TRỒNG | 5     |
| II. DINH DƯỠNG VỚI CÂY TRỒNG       | 40    |
| III. MỘT SỐ LOẠI PHÂN VI LƯỢNG     | 44    |
| <i>Tài liệu tham khảo</i>          | 130   |

# PHÂN VI LƯỢNG VỚI CÂY TRỒNG

---

NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - 175 GIẢNG VÕ - HÀ NỘI  
ĐT: 8439543 - 7366932 - 8515380 Fax: 8515381

*Chịu trách nhiệm xuất bản:*

PHAN ĐÀO NGUYỄN

*Chịu trách nhiệm bản thảo:*

TRẦN DŨNG

*Biên tập:* TRƯỜNG HỮU THẮNG

*Vẽ bìa:* TRƯỜNG GIANG

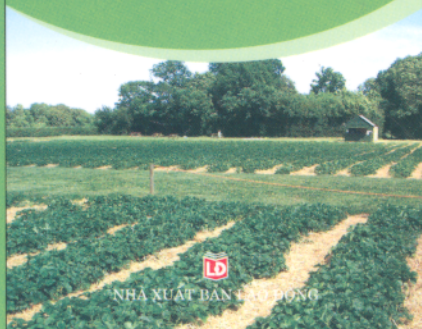
*Sửa bản in:* HỒNG NGÀ

---

In 3000 cuốn, khổ 13 x 19 cm, tại nhà in Công ty Hữu Nghị.  
Giấy phép xuất bản số: 70-2006/CXB/49-03/LĐ.  
Cấp ngày 08 tháng 03 năm 2006.  
In xong và nộp lưu chiểu Quý II năm 2006.

TỦ SÁCH KHUYẾN NÔNG PHỤC VỤ NGƯỜI LAO ĐỘNG

# Phân vi lượng với cây trồng



NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG

Phân vi lượng với cây trồng



006051

100941

14.000 VNĐ

GIÁ: 14.000Đ