

1.はじめに

近年では「異常気象」と定義されるような気象変動が常態化し、社会問題となっています。特に、地球温暖化の影響から、急激な気温・地温の上昇や突然の豪雨(ゲリラ豪雨など)は農業生産現場でも大きな問題となっております。このような場合、作物は急性萎凋症のようなしおれ症状が多発するほか、ホウ素欠乏症も問題となる場合があります。

2. ホウ素の植物体内での
役割・カルシウムとの類似性

ホウ素は植物の細胞壁を構成するのに必須の成分ですが、それ以外にも細胞骨格や細胞膜の構成、抗酸化作用の維持などにも必須であることが分かっています(Camacho-Crustobal et al 2008)。

その中でも近年、細胞壁を構成する上でどのように機能しているのかが詳細に分かってきました。細胞壁はそもそも動物細胞には存在せず、植物の細胞に特有なものであることをご存じの方も多いかと思いますが、植物は吸水することによって細胞一つ一つをパンパンに膨らませ、それを細胞壁で押さえつけることによって形を保っています(植物が水分不足になったり、塩漬けにされると、しおれてへろへろになり、形が保てなくなるのはそのためです)。このため、細胞壁はかなり頑丈に作られている訳ですが、その原料は微細なセルロースの繊維となっています。しかしながら、繊維がバラバラですと、細胞「壁」にはなりませんので、繊維どうしを結びつけることが必要となります。

その結びつける一つの方法としてホウ素が役に立っていることが分かりました。具体的には、細胞壁に含まれるペクチンの一種ラムノガラクトクロナンIIという分子同士をホウ素が仲立ちをする形で共有結合という強固な結合によって結び付けていることが分かりました(O'Neill et al. 2001)。このため、活発に細胞壁をつくらなくてはならない部位=細胞分裂が活発な部位でホウ素の必要性が高くなります。また、早魃後に高温下で突然大量の降雨があった場合など、作物が急激に成長しようとする場合にも、その分、細胞壁を多く作らなくてはならないため、ホウ素の必要量が多くなります。

一方、ホウ素以外に細胞壁を結び付ける働きがある肥料成分としてはカルシウムが挙げられます。カルシウムの場合、ペクチンに含まれるガラクトロン酸という陰イオンの成分を、陽イオンであるカルシウムが仲立ちをしてイオン結合によって結

び付けていることが知られています。このように、ホウ素もカルシウムも細胞壁を構成する働きがあるという点は非常に似ています。

3.現場で発生するホウ素欠乏症状

実際の農業現場で発生しやすいホウ素欠乏症状を表1・写真1~3に示しました。いずれの症状も、肉眼では組織が褐色~黒色に変色し、腐って溶けたような、あるいはコルク状になるといった症状を示します。これらの症状はホウ素欠乏によって細胞壁が弱くなり、細胞内の圧力(膨圧)を抑えきれなくなったために破裂し、細胞が死んで、褐変したり、腐敗したりしていることが原因と考えられます。ただ、いずれもカルシウム欠乏と症状が似ており、場合によってはどちらが原因かを判定することが専門家でも困難な場合があります。

▼表1 ホウ素欠乏が発生しやすい作物とその症状

作物	症状
ダイコン、カブ	内部障害(黒芯・赤芯)
レタス	葉柄褐変(乳管破裂、写真1)、チップバーン※、芯腐れ症※(写真2)
キャベツ、ハクサイ	チップバーン(結球内部葉の葉先枯れ)※、内部障害※(写真3)、芯腐れ症※
ブロッコリー	花蕾内部障害、黒花症※
トマト	果皮コルク化、側枝先端枯死、尻腐れ症※
セロリ	葉柄褐変、生育抑制※
ストック、スターチス	茎割れ症状、「翼の裂化」
デンサイ	中心葉褐変

※カルシウム欠乏の場合もある症状



▲写真1
レタスの葉柄褐変
(乳管破裂)症状



▲写真2 レタスの芯腐れ症状



▲写真3 ハクサイの
ホウ素欠乏による内部障害

4. ホウ素欠乏が発生しやすい 生育条件と気象条件

近年では野菜用の肥料に適度なホウ素が含有されているのが一般的です。しかしながら、現実にはそういったホウ素入り肥料を使用してもホウ素欠乏が生じてしまう場合が起こります。これにはいくつかの原因が考えられます。

- ①ホウ素は流亡しやすい：ホウ素は弱酸性のホウ酸の形で土壤中に存在しますが、陰イオンであるためにいくらか陽イオン交換能(CEC)が高い肥沃な土壌であっても吸着しにくく、流亡しやすいという特徴があります。また、砂質土などではより流亡しやすくなります。
- ②ホウ素は転流しにくい：ホウ素は比較的転流しにくく、しかもいったん細胞壁に結合してしまったホウ素はほとんど再転流しないため、たとえ体内に吸収されていても最もホウ素が必要となる部位＝細胞分裂が活発な部位に届けられない場合があります。細胞分裂が盛んな内部組織で変色症状が起こってしまったり、ホウ素を届けにくい葉先でチップバーンが起ってしまったりするのはこのためです。また、早魃後、高温下に突然大量の降雨があった場合など、急に細胞分裂が盛んになると、その部位へのホウ素の転流が間に合わず欠乏症状が出る場合があります。

5. リンゴやモモが ホウ素欠乏にならない理由

このように農業生産現場ではホウ素欠乏は厄介な問題ですが、古くからリンゴやモモなどの果樹はホウ素欠乏を起こさない作物として有名でした。しかし、その理由についてはなかなか解明できませんでした。そんな中、これらの植物の炭水化物の転流に着目した研究がすすんできました(渡辺2009)。

一般的な作物は光合成でつくった炭水化物を転流する時に、糖(ショ糖など)を

つかっています。これに対して、リンゴやモモなどは糖アルコール(ソルビトールなど)も使っているのです。そこで、これらの植物がホウ素欠乏にならない理由は糖アルコール(ソルビトールなど)にあるのではないかと注目されてきました。

そこで、カリフォルニア大のグループはリンゴの体内からソルビトール合成遺伝子を単離し、タバコの遺伝子に組み込んで実験を行いました。その結果、やはり細胞分裂組織に転流するホウ素の量が圧倒的に増えることがわかりました(Bellaloui et al. 1999)。また、分子レベルで解析した結果、ホウ素とソルビトール2分子が弱い共有結合で結びつき、細胞分裂が盛んな組織まで効率よく運ばれることも分かってきたのです(Hu et al. 1997)。

6. 「B作」の特徴と使い方

こういった現象を参考にして、ホウ素単独で葉面散布するよりも効果が高まるようにソルビトールや他の微量元素をベストな割合で配合したものが「B作」となります。

ダイコンへの使用方法(表2)と、使用した際のダイコン体内でのホウ素含量(図1)を示しました。ホウ素のみを葉面散布した際には葉部でのホウ素含量は格段に高まっていますが、根部のホウ素含量の増加は11%にとどまっていた。これに対してソルビトールを配合した「B

作」を使用した場合は、葉部のホウ素含量が高まることはもちろん、根部でのホウ素含量も18%まで高めることができました。実際の現場でも、ダイコンの黒芯症、キャベツのチップバーン、レタスの葉柄褐変(乳管破裂)・芯腐れ症、ハクサイの内部障害、ブロッコリーの黒花症状などに一定の抑制効果が認められております。ホウ素欠乏で困った際にはぜひお試しください(ダイコン以外の作物への使用法はカタログをご参照ください)。

7. ホウ素施肥に関する注意点

ホウ素も他の微量元素と同様に過剰障害の発生する場合があります。特にダイズ(エダマメ)はホウ素過剰障害の発生しやすい作物ですので、施用過剰にはご注意ください。また、ホウ素を農薬と混合して葉面散布する場合、種類によっては葉害が発生する場合がありますので、ご注意ください。

8. おわりに

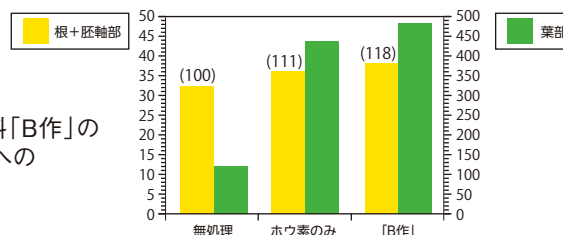
近年の気候の急変動に対して、作物の品種力だけで対応するには限界があると考えられます。本稿でご紹介した「B作」をはじめ、弊社では様々な植物活力資材をご用意しております。場面に合わせてご活用いただき、高品質・安定多収にお役立ていただければ幸いです。

▼表2 「B作」(ホウ素・ソルビトール混合肥料)のダイコンへの使用方法

処理時期a	播種25日後	1回目散布から10日後
処理方法b	「B作」200g/水100L/10aを葉面散布	「B作」200g/水100L/10aを葉面散布
期待される効果	根部肥大開始期のホウ素供給	根部へのホウ素供給

- a) 多少の前後(5日程度)は問題ありません。
- b) 水量を変化させたい場合は、面積当りの資材量を一定としてください。

図1▶
ホウ素+ソルビトール混合肥料「B作」の葉面散布によるダイコン体内へのホウ素取り込み量の比較



参考文献
渡辺和彦2009. ホウ素(B):葉面散布でよく吸収され、病害虫にも効果。『ミネラルの働きと作物の健康』(農文協)126-132。
Bellaloui et al. 1999. Plant Physiol. 119: 735-742.
Camacho-Crustobal et al 2008. J. Integ. Plant Biol. 50: 1247-1255.
Hu et al. 1997. Plant Physiol. 113: 649-655.
O'Neill et al. 2001. Science 294:846-849.