

作物栄養生理研究の最新動向・環境保全型農業への活用

渡辺和彦

1. 作物根は特定の孔から養分を吸収している

藤原徹らは、2002年にホウ素の Transporter BOR1 (特定の孔の一種) を、馬建鋒らは 2006年にケイ素の Transporter Lsi1 を、各々高等生物界で初めて同定、機能解明した。藤原らの研究を参考にヒトにおけるホウ素 Transporter NaBC1 の同定も 2004年にされた。NaBC1 欠如の細胞では増殖が停止する。すなわち、ホウ素はヒトにおいても必須であることが遺伝子的に証明された。

またケイ素はカルシウム以上にヒトの骨形成に大きく関与していることも Framingham Offspring Cohort 研究 (2004年) で明らかになった。ホウ素はアメリカ農務省の研究で、血中女性ホルモン濃度を高く維持し骨形成に関与する(1987年)。また、高齢者の脳の活性維持に重要な役割をしていることも 1994年に明らかになっている。

2003年にノーベル化学賞を受賞した Peter Agre は、水 Channel (特定の孔の一種)、Aquaporin を 1988年に単離同定した。村田和義らは 2000年に水分子が Aquaporin を通過するとき、一分子ごとに検査されていることを発見した。作物における Aquaporin の研究も進んでいる。すなわち、野菜や果物に含まれている水は、Aquaporin により検査されて入った貴重な水である。ケイ素やホウ素も同様で、ヒトの健康にも大きな貢献をしていた。

2. 作物根は養分吸収のために酸やアミノ酸を出している

根は養分吸収のために、あるいは有害物を吸収しないように各種有機酸やアミノ酸類を溶出している。特に鉄は畑状態では三価鉄の形態のため吸収されにくい。そこでイネ科作物はムギネ酸類を根より溶出し、三価鉄をムギネ酸で抱き込んで根に吸収している。アルカリ土壌では作物に鉄欠乏症状が発生しやすい。そこで、例えば、イネ科牧草を梨の根元に混植すると鉄欠乏症状が発生しにくい。アルカリ土壌地帯での鉄欠乏対策にイネ科作物の混植は、有効と考えられる。

なお、耐酸性作物であるソバは根圏にシュウ酸をだす。シュウ酸と結合したアルミニウムは、根に吸収されない。耐酸性の強いムギはリンゴ酸を根圏にだす(松本英明ら)。またリン欠乏土壌ではルーピンはクエン酸を根より放出し、根圏のリンを可溶化している。硝酸イオン、マグネシウムの施用も根からのクエン酸溶出を活発にする。根からのクエン酸放出量は作物間差が大きい(松本真悟ら)。輪作、混作はこのような観点からも作物の生産性に影響している。

3. 健全な作物は病害虫に強い

ケイ素がイネのいもち病などに効果のあることは古くから(1927年・川島録郎ら)知られていた。キュウリでもつる割れ病、うどんこ病に効果のあることは 1982年に三宅靖人らが報告している。その効果は、葉を物理的に硬くすることや、養分吸収の改善、受光体勢の向上による光合成能の向上が主要因とされていた。ところが、1998年カナダの Belanger らは、キュウリがうどんこ病に罹病すると、ケイ素施用はキュウリの Phytoalexin である

Rhamnetin の生成を促進していることを発見した。注：Phytoalexin とは、作物がストレスや病害に対する自己防御反応の 1 つとして生成される抗菌物質の 1 つ。その後、アメリカの Datonoff らはいもち病においてケイ素施用はイネの Phytoalexin である Momilactone 生成を促進していることを 2004 に発見している。すなわちケイ素は作物における自己免疫機構、全身獲得抵抗性（SAR：Systemic Acquired Resistance）誘導に関与していたのである。

ケイ素を吸収しない作物ではカルシウムが重要な役割をしていた（杉本琢真と演者）。現代農業 2008 年 6 月号 106～111 頁に紹介しているが、ダイズ茎疫病にはギ酸カルシウムが実用的であった。ケイ素、カルシウム以外では銅、マンガンなどが病害抵抗性増強に大きく寄与していることが明らかになっている。

4. 光とマグネシウムについて

リン過剰作物では光により黄化する生理障害が発生する。ところがマグネシウムを十分施用していると光の障害を受けにくい（演者の実験）。葉の黄化は大半が活性酸素障害だが、マグネシウムには活性酸素除去効果があった。日本では土壌 pH 調整剤として苦土石灰が多く用いられていたが、近年の有機栽培志向によりカキガラが主として用いられている農地では、土壌中のマグネシウム含有率が低下している。食生活の欧米化の影響であるが厚生労働省の栄養摂取調査結果（2008 年）でも近年の日本人はマグネシウム不足である。2004 年マグネシウムは糖尿病に効果があることがアメリカでの大規模な研究結果として公表された。足のつり、けいれんはマグネシウム不足のシグナルである。タイ東北部の出稼ぎ労働者の突然死は千葉百子ら（2004 年）の研究によるとマグネシウム不足の可能性もある。土壌中のマグネシウムにも注意したい。

一方、日本国内では黄色蛍光灯による夜蛾防除が実用化されている。歴史的には野村健一（1965 年）の発見だが、果樹では内田正人が平均空間照度 1lx、10a 当たり 40W 黄色灯 7 灯という設置基準を 1978 年に提示し、ナシ、リンゴ、ミカンなどの吸汁夜蛾の被害防除に広く普及している。現代では、成虫そのものの吸汁被害でなく、夜間に産卵して孵化した幼虫が葉や蕾を食害する花卉・野菜類においても利用可能なことが明らかになっている。カーネーションのシロイチモンジヨトウ、オオタバコガ。オオバ（青ジソ）のハスモンヨトウ。スイートコーンのアワノメイガで効果が確認されている。

5. 有機物過剰連用による収量低下と病虫害被害増加

堆肥施用は、農産物の収量増に効果がある。しかし、堆肥の過剰連用により収量が低下し、病虫害発生が多くなることがある。窒素の過剰蓄積もその要因の 1 つである。他の要因の一つは、演者らの 2003 年の発見であるが、微生物が活発になりすぎると、土壌中マンガンが不溶化する。外観的なマンガン欠乏障害が堆肥の 10t 以上/10a/年連用地帯のシュンギクで多発した。外観障害が発生しなくともマンガン不足により根のリグニン含有率が低下し、センチュウ被害も増えることがある。マンガン以外にも銅は有機物と結合し不溶化しやすい。また、堆肥中のリン過剰で、亜鉛含有率が低下する事例もある。

6. 迅速養分テスト法による栄養診断

土壌中の肥料成分の過不足は土壌や作物体を分析しないと正確な判断ができない。高価

な分析機器が手許にある場合はよいが、演者が開発した非常に便利で安価な迅速養分テスト法を最後に紹介する。試薬は古くから一般分析で使用されている試薬である。

試験管に正常な土壌と異常な土壌を各々目測で約 1g あるいはハサミで 2mm 程度の切断した植物体を各々 5、6 切れ採取し、蒸留水を約 2ml 添加し、そこに所定の試薬を 2 滴入れる。そして発色した色の濃淡を比較する。これでどちらの土壌や作物体が養分を多く含んでいるか判断できる。講演会当日、皆さんの前で実演させていただく。