

えた。生育ステージ1期は、土壤窒素発現量として、春先の圃場乾燥実態に応じて土壤窒素無機化量を推定し、利用率を考慮することにより吸収窒素量を推定し、不足する窒素量を速効性窒素で充足することにした。2期は、土壤窒素発現量として、地温上昇効果による発現量と下層土からの発現量、並びに、利用率を考慮することにより、吸収窒素量を推定し、不足する窒素量を緩効性被覆窒素で充足することにした。

以上のことから、収量水準と地力差別に、全量基肥一発施肥技術における窒素吸収パターンを類型化し、施肥体系を提示した(表-2)。

表-2 全量基肥一発施肥技術における窒素吸収パターン類型化、並びに、施肥体系

目標収量 (kg/10a)	地力	時期別窒素吸収量(Ng/m <sup>2</sup> )			Total	吸収 パターン	施肥体系 (kg/10a)
		移植-6/30	6/30-穂揃	穂揃-成熟			
600	低	4.0	5.0	2.0	11.0	I	速効性+Sタイプ (2-3) (6)
	高	3.5	5.5	2.0	11.0	II	ブレンド肥料 (6)
700	高	3.5	6.5	2.5	12.5	III	速効性+Sタイプ (2-3) (5-6)

## 6. おわりに

経済の安定成長と情報化時代の中で、21世紀

は、「人間と自然との共存の時代」と目されている。この中で、農業の果たす役割も大きく、水田土壤の機能を活用した水田農業への期待が高まるものと思われる。とくに、農業生産の基本である窒素肥沃度の増強対策を生態系の中でサイクルとして考え、それをうまく活用しながら、農業の持続的発展を目指すことが重要と考えている。

そのため、著者らは、農業の根幹である土壤の地力維持向上を図りつつ、水田土壤の窒素肥沃度に焦点をあて、水田特有の機能である地力温存型の性質を解析し、地力と施肥の合理的利用に基づいた高位安定生産、高品質の稲作を確立することを目指してきた。

その中で、今回は、2回にわたり、農家の要望に答えうる実用的な施肥技術として、地域別、品種別に目標収量に応じた理想的窒素吸収パターンを作成し、それに誘導するための要因解析(緩効性被覆肥料の溶出パターン、土壤窒素の発現パターン、水稲による利用率)を進めながら、窒素吸収シュミレーションの精度を高め、全量基肥一発施肥技術としての施肥設計プログラミングの考え方を提示した。本施肥法が、施肥メニューの一つとして位置づけられ、農家に受け入れられる技術として定着すれば幸いである。

## カルシウム欠乏による園芸作物の

### 生理障害の症状と対策及び展望(その2)

チッソ旭肥料株式会社

技術顧問 草野 秀

#### 3. 各作物のカルシウム欠乏症発生の要因

(その1)で述べたカルシウム欠乏症の発症する作物の内でも、その必要性、被害程度等で問題となっている代表的作物について、欠乏症状の現われ方、発症しやすい条件等を既往の成果によって整理した結果は第2表のとおりとなった。

表からは作物の種類が異なっても、障害の発生条件とその原因については、共通性のある次の諸要因が読みとれる。

① 発症の時期は、その時期としては高温であり

土壤は乾燥気味であるか、又は過湿から過乾へと急変のあったとき。

② 多肥、特にアンモニア態チッソや加里が多施用されており、土壤溶液の塩類濃度が高いとき、又は逆に強酸性土壤であるとき。

③ 作物のカルシウム含量が少なく、チッソ、カリウム含量は多く、アンバランスとなっているとき。

④ その時期の生育、肥大が旺盛である、又は根の吸収力が減退するとき。

- ⑤ これらの障害の主要な原因は、作物のその部位へカルシウムの吸収移行が少ないために起こるカルシウム欠乏症である。またはチッソ、カリウム、マグネシウム等他成分とのアンバランス症である。

第2表 石灰欠乏症の症状と発生条件

作物と症状名	症状と時期等	発症しやすい条件と要因
トマ 尻ぐされ	幼果時に果実尖端が水浸状となり、肥大に伴いやがて腐敗する。	① 高温で、土壌が乾燥気味。酸性土壌で石灰欠乏。 ② 多肥条件（特にアンモニア態チッソ，加里，苦土の過多と石灰不足）で土壌溶液濃度が高い。 ③ 幼果時の果実中のカルシウム含有率が0.12～0.15%以下。 ④ 旺盛な代謝に応じられぬカルシウムの移行状態でペクチン酸カルシウムの減少。
ピーマン 尻ぐされ	梅雨明け後幼果時に果実尖端組織が水浸状となり、えそを起し、黒変して軟化腐敗する。軽症の時は褐変する。	① 高温，乾燥時。 ② 多肥，多アンモニア，多加里。 ③ 果実内へのカルシウムの供給不足。 ④ 果実肥大が著しい。1果当たりの葉数が多い。摘心。
ハクサイ 芯ぐされ	ハクサイの22～27枚の範囲の葉先が褐色となり、次第に腐敗する。生育中外観では見分けがつかず縦切りして始めて認められる。	① 定植後40日間，特に10～30日の間の土壌が乾燥気味に経過。 ② アンモニア態チッソ，加里濃度や土壌溶液濃度が高い。（塩基飽和度が，90～170%，平均110%で発生） ③ 高温で，初期の生育速度がはやい。また，軟弱で根が浅く弱っている。 ④ 土壌の石灰含有量が少ない。
ジャガイモ (そうか病)	放線菌の一種が塊茎に寄生して起る。始め塊茎表面に褐色隆起小斑点を生じ，病勢が進むとクレータ状の陥没を生じあばたとなる。	① 乾燥した砂質土，深耕・天地返し後の圃場，一般的には土壌の乾燥。地温は25～30℃が菌の増殖適温。 ② 石灰施用によるpHの0.2以上の急激な上昇。 ③ 土壌のpHが中性～弱アルカリ性，一方，作土層のpH4.7以下の強酸性土壌。 ④ 罹苗種いも使用。 ⑤ 未熟堆肥の使用（鶏ふん堆肥など） ⑥ 連作による地力の低下。
サトイモ 芽つぶれ症	頂芽葉鞘部の先端や全部が淡褐色に軟腐し，芽つぶれとなる。7月下旬から発症するが，生産上は8月下旬以後が重要である。	① 土壌水分が過湿から過乾に急変した時，平坦熟畑より丘陵山畑で多い。 ② 加里の多施用，ホウ素の欠乏。 ③ いもの肥大生長の最大のステージが発症時期と重複する分化次位。発症は孫いもで多い。 ④ いものカルシウム含量が健全いもの半量程度で，チッソと加里は逆にやや多い。
メロン 酸酵果	着果後30日頃から果肉が水浸状となり，酸酵臭がある。症状が進むと果皮にも水浸状条斑が出て来る。果皮に異状はなく，収穫後果梗から汁が吐出するものもある。	① 土壌乾燥，高夜温，低温，日照不足，排水不良。 ② 多肥，特にアンモニア態チッソ，加里の多施用，生の厩肥の多施用で土壌溶液濃度が高い。 ③ 初期生育旺盛，過繁茂，カボチャ台木使用による草生強でチッソ，加里の吸収増とカルシウムの吸収減。 ④ 強い着果数制限，整枝。 ⑤ 果実のカルシウム不足が直接の原因で，葉のカルシウム含有率も低い。

作物と症状名	症状と時期等	発症しやすい条件と要因
ナシ ユズ肌症	果面にユズ肌状の凹凸を生じ、ひどい時は、果頂から赤道部にかけて全面的に硬化する。6月下旬より発症し、8月には明瞭となる。	① 特に6月下旬～7月下旬の果実発育期の高温、干ばつ気味。 ② 砂土、粘質土、浅耕土、南面圃、地下水位変動の大きな沖積土、一方、多雨年に根の湿害の出る圃。 ③ 多肥と土壌の石灰含量不足。 ④ 細根発達の少なくなる10年以上の木。 ⑤ 徒長枝の基部や徒長枝の多い主幹に近い果実。 ⑥ 果実のカルシウム含量少なく、可溶性カリウムが多い。
リンゴ ビターピット	果実赤道部から帯窪部にかけて、果肉2～3mmの深さまでスリパチ状に褐変する斑点性障害、収穫直前に目立つ、貯蔵中の発生もある。	① アンモニア態チッソ及び加里の多肥用(特に5月)。 ② 排水不良で水分過剰。 ③ 強剪定、強摘果、若木や生育のよい結果枝など果実肥大を促進する栽培法。 ④ 果実のカルシウム欠乏が要因、特に果皮のカルシウム含量は400 ppm 以下で少なく、カリウム、マグネシウム含量は多い。葉及び果実中のチッソ、カリウム含量も多い。

## 〔備考〕 参考文献

- トマト……森俊人：農業技術大系 1988, 伊藤：野菜園芸技術 1989, 西尾俊彦：滋賀短大報, 1984,  
ピーマン……加藤徹：農業技術大系 1985, 園学発要旨 1979～81, 野菜園芸大百科 1989.  
ハクサイ……小林尚武, 古川豊：宮対淡路支部 1987～89, 技術指針：三原農協 1987, 武井昭夫：農業と科学 1990.  
ジャガイモ……鶴内孝之, 三好知治, 竹内昭士郎：農業技術大系 1981～86, 青森農試：概要 1989, 長崎農試：概要 1989.  
Kazusige Goto : Soil Sci, Plant Nutr, 1985, 田代暢哉：九州農業研究 1985.  
サトイモ……宮路龍典：農業技術大系 1986, 鹿児島農試報 1976, 加治俊幸他：土肥誌 1988, Ichiro Tanabe : Soil Sci, Plant Nutr. 1980～81, 鹿児島農試大隅：概要 1988.  
メロン……五島一成：土肥誌 1985, 農及園 1985, 東隆夫他：農及園 1983, 松田照男：研究成果 1979, 古田勝己：農及園 1976, 花田勝美：九大農学芸誌 1981.  
ナシ……田辺賢二：農業技術大系 1989, 園学雑 1982, 鳥取大農報 1982, 林真二：最新園芸技術 1979, 川俣恵利：東京農試研報 1981, 山根忠昭他：島根農試研報 1973.  
リンゴ……松井巖：農業技術体系 1989, 山崎利彦：最新園芸技術 1979, 福田博之：園学雑 1986, 福元将志：土肥誌 1987, JARK 1987, 横田清：園学雑 58 別1 1989.

但し、表中のジャガイモについては主因は病原菌であり、表中では異分子である。唯、この作物もカルシウムの吸収量は多く、第1図には示さなかったが同図の指数では40となる。多収とするには土壌に石灰資材を施用する必要があるが、そうか病は石灰多用で多発するため、別途の対策が必要となる。

前記共通性のある要因は視野を変えてみると、

- ① 土壌の石灰含量が過少か過多の場合
  - ② 土壌水分が過乾か過湿の場合
  - ③ 作物生育としては根の活力減退か、地上部又はその部位附近の生育が旺盛の場合
- となり、いずれも各作物にとっては極端な条件であり、正常でない栽培・環境条件下で発症していることもうかがえる。

## 4. 障害への対策技術の現状

これら作物の障害の防止法は、その原因が発症

時点より可なり前に起こっている場合が多いため、病虫害防除の薬剤散布とは多少趣を異にしている。発症してからでは遅いことになり、予防法が対策の主流であろう。

基本的には第2表に示された諸要因と原因に対して、適当な対応策を講ずればよいことになる。そのため、同表の各作物についてとられている対策の現状をまとめて第3表に示した。

表から共通性のある対策を読みとると次の諸事項が挙げられる。

- ① 適時に適量のかん水等をして、特に発症に係る時期の土壌水分状態を良好に維持する。
- ② チッソ、加里肥料を減肥し、他方石灰資材を施用して、各成分間のバランスを良くする。
- ③ 地温、気温、作物体温を適温に下げる対策をとる。
- ④ 加里成分の少ない完熟堆肥を施用し、緩衝能

第3表 各作物の石灰欠乏症の対策の現状

作物と症状名	対 策
ト マ ト 尻 ぐ さ れ	① pH 5.5 以上への酸性矯正 ② 硝酸系肥料の施用 ③ 減肥 ④ 土壌溶液濃度の適正化 ⑤ 土壌温度・水分変動を少なくする ⑥ 夏期は作物体温を下げる ⑦ 塩化カルシウム0.5%液の新葉, 新果房への散布
ピ ー マ ン 尻 ぐ さ れ	① ハウスを遮光し低温化 ② 適正かん水により低地温化 ③ 適正な施肥量と追肥を守る ④ 有機質肥料を導入して緩衝能増大 ⑤ 石灰剤溶液の葉面散布
ハ ク サ イ 芯 ぐ さ れ	① 定植後40日頃までは適時にかん水 ② 深耕し水のタテ移動を多くする ③ 塩類濃度を上げない(緩効性肥料の併用) ④ 減肥 ⑤ 地温を下げる(マルチ等) ⑥ 排水をよくする ⑦ 発生しにくい品種を選ぶ ⑧ 葉面散布は効果がない
ジャガイモ (そうか病)	① 無病種いもの使用 ② 完熟堆肥の施用 ③ 土壌 pH は 5.1~5.5 ④ ソルゴー等との輪作 ⑤ 土壌消毒 ⑥ pH を上昇させない石灰資材施用 ⑦ 耕盤の破碎 ⑧ 減肥等の施肥改善 ⑨ かん水
サ ト イ モ 芽 つ ぶ れ	① 石灰資材の施用・追肥 ② 加里含量の少ない堆肥施用 ③ 適正なかん水 ④ 加里肥料の減肥 ⑤ 発症しにくい品種の選定
メ ロ ン 酸 酵 果	① チッソ, 加里肥料の減肥 ② 成熟日数45日の有効積算温度を950~1000℃の範囲とする ③ 土壌水分は pF 2.3~2.5 の範囲とする ④ 適正な台木と着果 ⑤ キレート石灰等の葉面散布 ⑥ 硝酸系肥料の施用
ナ シ ユ ズ 肌	① 深耕 ② 堆肥の施用 ③ 酸性矯正の石灰施用 ④ 細根を維持する中耕法 ⑤ 排水を良くする ⑥ 7月末~8月始めの適正かん水 ⑦ 加里等の減肥と夏肥の適正化 ⑧ 適正な整枝, 摘果とマンジュウマメナシ台木の使用
リ ン ゴ ビターピット	① チッソ肥料の減肥 ② 土壌の石灰飽和度を10%, 又は3~4 me 以上とする石灰の施用 ③ 加里と苦土の飽和度は10%以下に減肥 ④ 関係湿度90%での冷蔵 ⑤ 蟻酸カルシウム0.5%液等石灰資材の散布 ⑥ 硝酸系肥料と石灰の併用

〔備考〕 参考文献は第2表と同じ。

等地力を向上させる。

⑤ 塩化カルシウム, 蟻酸カルシウム等の0.5%程度の溶液を発症しやすい部位や葉面等に散布する。

⑥ 抵抗性のある品種や台木を導入する。

これらの対策は単一な事項で障害を可なり軽減させることの出来るものもあるが, 各要因は相互に関連することが多いため, 総合的に対応することが必要であろう。

但し, 表中のハクサイ及びキャベツ等結球性の野菜類では前記の石灰溶液の葉面散布は新葉への付着がないため, その効果は認められていない。また, ナシ, リンゴ等の果実では, 着果の上下位置等で果皮のカルシウム含量に著しい差があり, 発症していない果実のカルシウム含量が, 発症し

ている他位置のカルシウム含量より少ない場合のあることが知られている。このため, 他の作物の単純なカルシウム欠乏による症状とは区別して, チッソ, カリウム等他成分とのバランス関係を重視した対策が必要とされている。またリンゴでは蟻酸カルシウムの散布により, 単にビターピットの障害の軽減だけでなく, 伸長抑制, 色づき, 貯蔵中の油脂上りの抑制等ポストハーベストにも効果のあることが注目されている。

## 5. カルシウム欠乏症の予防についての展望

好カルシウム性の作物でカルシウム欠乏症が出やすいのは確かであるが, 同じ作物でも障害の全く出ない圃場, 障害の少ない年度, 農家等のあるのも事実である。これらの優良事例の土壌等の環境条件, 施肥等の栽培条件等を解明し, その条件

に合わせる様に対策を取ることで、大部分の障害は予防出来ることとなる。前記の6項目の諸対策を総合的に実施すれば、障害は可なり軽減され得るはずであろう。なお、表示の各作物は連作の割合の多い作物であり、表記はしなかったが、禾本科作物等カルシウム吸収量の少ない作物との輪作体系の確立も重要な対策とされている。

将来の展望としては、適地適作を前提とした適水分維持管理のための個人、団体等による灌排水施設等の基盤整備、養分のバランスを適正化するための土壌・作物栄養診断技術の確立と普遍化、土づくり、等を一層充実させることが必要である。石灰剤溶液の葉面散布も対症療法としてではなく、予防的に利用すべきであろう。しかし結球葉菜類では効果は認められず、他の作物の場合も附着性、散布後の降水による効果の減退、散布労力等の問題もあり、決め手とはならない。リンゴでは果実中のカルシウムのうち、その年に根から吸収したカルシウムは約1%で、99%は貯蔵カルシウムに依存しているとの推定もある(清藤1990)。やはり根からカルシウムを吸収させるのが根本的な解決法となろう。

はじめに述べたが、わが国では土壌中に充分量の石灰が含まれていても、作物はそれを吸収できずに欠乏症をだしている事例が増加している。これは多肥等により土壌溶液の塩類濃度が過剰なためであり、この様な状態下ではカルシウムの吸収が抑制されることは既に明らかにされている(嶋田, 1967)。本冊子「農業と科学」第390号(1990)では武井氏もその理由として、土壌消毒によりア

ンモニア態チッソが多くなるため、カルシウムの吸収量が少なくなること、土壌溶液の滲透圧が高いと、石灰濃度が高くても吸収は阻害されること、石灰濃度が高く溶液の滲透圧が低いほど、吸収は旺盛となること、等を述べている。

この様な土壌も視野に入れ、カルシウム欠乏を起こしやすい作物も対象として、チッソ旭肥料(株)では新開発資材として被覆硝酸石灰の検討を始めている。硝酸石灰は潮解性があるため、わが国では肥料としてあまり流通していないが、被覆により取り扱いやすく、硝酸態チッソとカルシウムを適濃度で継続的に溶出させる機能を持たせている。大部分の園芸作物は硝酸態チッソを好み、カルシウムとは相乗的に吸収されるため、他の肥料よりカルシウムの吸収量を増加させることは容易に推察できる。前記武井氏のデータでもハクサイの例で証明されている。この新資材は土壌溶液の塩類濃度を高めないため、本邦で増加しているカルシウムが充分にあっても、カルシウム欠乏を起こす土壌での障害軽減防止対策に役立つものと思われる。この資材は硝酸態チッソ12%、石灰(CaO)23%の成分保証の肥料である。現在、各作物に最適なカルシウム量と、他成分との吸収バランスを良くするための他の肥料との配合法、施肥法等は未解決であり、第2表のうちの野菜類について平成2年度から全農で組織的な試験が開始されている。理論的にはカルシウム欠乏症の軽減防止に役立つことの明らかなこの資材は、実証的にも圃場試験データの集積により、各作物ごとに次第に明らかとなってくるものと期待される。