

リンゴにおける鉄欠乏の要因

澤田 歩・谷川 法聖*

(地方独立行政法人青森県産業技術センターりんご研究所・
*地方独立行政法人青森県産業技術センター農林総合研究所)

Factors Related to Iron Deficiency in Apple
Ayumi SAWADA and Norimasa TANIKAWA *

(Apple Research Institute, Aomori Prefectural Industrial Technology Research Center.

*Agriculture Research Institute, Aomori Prefectural Industrial Technology Research Center)

1 はじめに

2007年に青森県内のリンゴ園で葉がクロロシ化する鉄欠乏の障害が発生し、前報¹⁾ではその症状の特徴と葉及び土壌の分析結果を報告した。この報告において、本障害が発生した土壌の化学的要因は、土壌の酸性化、可溶性重金属の過剰蓄積、リン酸の高濃度化のいずれかではないかと推測した。今回はこの推測に基づき、要因解析のためのポット栽培試験を行ったので報告する。

2 試験方法

(1) 土壌 pH 矯正試験 (試験① 2008年)

3月に障害発生園地における鉄欠乏症状発生樹の樹冠下、5～15cmの深さから供試土壌を採取した。養水分の流出を防ぐため、排水口を塞いだ素焼きポットに乾重1 kgの土壌を入れ、5月15日にM.26台木を植え付け、5日後に‘千秋’を接ぎ木した。この際、緩衝曲線法により算出した値を基に、pH(H₂O)6.0になるよう炭酸カルシウム(CaCO₂)を混和した土壌をpH矯正区、無処理土壌を対照区として、各区3ポット作製した。ポットは11月6日まで無加温のガラス室内で管理し、土壌の乾燥時に所定の尿素溶液を適量与えた。尿素溶液濃度は、6月には50ppm、7月には100ppm、8月から9月には200ppm、10月以降は0 ppmとした。

11月6日にポット栽培試験を終了し、ポットの土壌について化学性分析を行った。pHはH₂Oによる抽出で測定した。遊離酸化鉄はEDTA抽出法により抽出し、フェナントロリン比色法により508nmで比色定量した。可溶性銅及び可溶性亜鉛は0.1 N塩酸法により抽出し、原子吸光法により測定した。交換性マンガンは1 N中性酢酸アンモニウム液抽出法により抽出し、原子吸光法により測定した。

7月29日と11月6日の2回、各ポットにおいて最も長い新梢の葉を対象に、鉄欠乏症状の発生状況を調査した。この際、前報¹⁾に基づいて、網目状の症状を呈している成葉を障害葉とした。7月29日にSPAD値17.0未満の葉を障害葉として調査し、さらに11月6日は障害程度にばらつきがみられたため、SPAD値17.0未満を障害重度葉、SPAD値17.0～49.0を軽度葉として、調査した。

(2) 低 pH・高リン酸土壌再現試験 (試験② 2009年)

りんご研究所圃場内のリン酸肥料無施用区(30年以上リン酸肥料無施用)の土壌を供試した。生土4 kg(水分25.5%)にpH調整のために硫酸(98% H₂SO₄)と、リン酸濃度調整のためにリン酸カルシウム(Ca(H₂PO₄)₂·H₂O)をそれぞれ表1のような組み合わせで混和した。硫酸及びリン酸カルシウムの混和处理から約2週間後の5月4日に、各区の処理土壌を1/5000 aのワグネルポット(深型)に入れ、1年生の‘千秋’/M.26を植え付け、接ぎ木部位から10cm上部で切り戻した。各区1ポット作製した。以後、8月21日まで無加温のガラス室内で管理し、肥料として100ppm硫酸アンモニウム及び硫酸カリウム溶液を毎月各ポットに100ml与えた。灌水および薬剤散布は適時行った。

苗木の植え付け直前の5月4日(以下、栽培前と表記)と植え付け109日後の8月21日(以下、栽培後と表記)に、各区の土壌を採取し、化学性分析を行った。pHはH₂Oによる抽出、可給態リン酸はトルオグ法で分析を行った。

さらに栽培中は定期的に、新梢における鉄欠乏症状の発生状況を試験①に準じて調査した。

表1 A1～D5区における硫酸とリン酸カルシウムの添加量

	リン酸カルシウム					
	0g	20g	40g	80g	160g	
	0ml	A1	A2	A3	A4	A5
硫酸	4ml	B1	B2	B3	B4	B5
	8ml	C1	C2	C3	C4	C5
	12ml	D1	D2	D3	D4	D5

注) A1～D5は試験区の名前を示す。

3 試験結果

(1) 土壌 pH 矯正による土壌化学性の変化と障害発生程度への影響 (試験①)

ポット栽培試験終了時の土壌 pH は、pH 矯正区が5.34、無処理区が4.59であった。pH 矯正区の pH が矯正時よりやや低下しているのは、生育中にカルシウム等の陽イオンが吸収されたためと考えられた。遊離酸化鉄の濃度には区間差がみられなかった。可溶性銅、可溶性亜鉛及び交換性マンガンは pH 矯正により低下している傾向がみられ、中でも交換性マンガンの減少傾向が大きかった(表2)。

新梢の伸長が旺盛であった7月29日の調査では、無処理区で障害葉が多くみられていたのに対し、pH矯正区では障害葉はみられなかった。11月6日の調査では、7月29日に比べて全体的に障害葉の発生率は低くなっており、これは前報¹⁾の報告と同様に、伸長生長の緩慢化に伴い頂部葉への鉄要素の供給が充分になったためと考えられる。無処理区の症状はほぼ回復しており、pH矯正区では軽度の障害葉がみられたものの、その発生率は低かった(表3)。

表2 栽培後の土壌化学性(試験①)

処理区	pH (H ₂ O)	遊離 酸化鉄 (%)	可溶性	可溶性	交換性 マンガ ン
			銅	亜鉛	
			(g/100gDW)		
pH矯正区	5.34	0.63	6.58	2.62	1.62
無処理区	4.59	0.62	7.36	3.01	5.79

表3 鉄欠乏症状の発生状況(試験①)

調査日	処理区	調査 葉数 (枚)	発生率率 (%)	
			重度	軽度
			7月29日	pH矯正区
	無処理区	65	65.1	—
11月6日	pH矯正区	71	0.0	6.7
	無処理区	89	2.3	2.3

注) —: 未調査

(2) 低 pH・高濃度リン酸土壌による障害発生への影響(試験②)

苗木の植え付け直前における各処理区の土壌 pH と可給態リン酸濃度の分析値は、硫酸とリン酸カルシウムの相互作用による変動がみられたが、硫酸により pH は 5.5 付近から 4.0 程度まで低下し、リン酸カルシウムにより可給態リン酸は 0mg から 1000mg 付近まで増加した(図1)。栽培前と栽培後の土壌分析値に大きな差異はなかった。鉄欠乏症状の発生園地の土壌分析値¹⁾から、再現土壌の目標値を pH4.5 以下、可給態リン酸 100mg 以上とした場合、栽培前後ともこの土壌条件を再現していた区は C3 と D4 であった。

しかし、栽培期間中、全てのポットで鉄欠乏による障害葉はみられなかった(データ省略)。

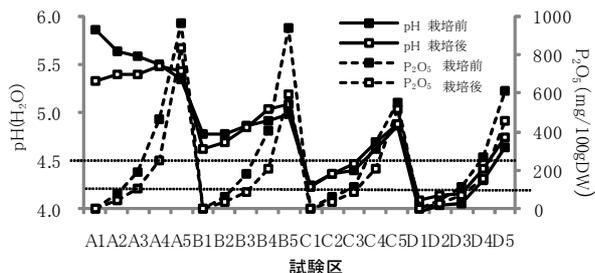


図1 栽培前後の土壌化学性(試験②)

4 まとめ及び考察

鉄欠乏の発生要因と推測した低 pH と高濃度の重金属について、ポット試験を行った結果、pH を改善することで、遊離酸化鉄の濃度は変化していないにもかかわらず、可溶性銅や亜鉛、交換性マンガンの鉄と拮抗作用を持つ可溶性重金属の濃度が低下し、生育旺盛時期の鉄欠乏症状が緩和される傾向がみられたが、発生が完全に抑制されたわけではなかった。

また、低 pH と高濃度のリン酸を組み合わせての試験では、障害発生園地と同レベルの pH と可給態リン酸濃度を再現できたにもかかわらず、すべての処理区で鉄欠乏症状が発生する兆候はみられなかった。このことからリンゴでは、野菜類で報告されているように²⁾、低 pH と高濃度のリン酸が要因となり、鉄欠乏が発生することはないと考えられた。

高濃度の重金属と高濃度のリン酸の相互作用について検討は行っていないものの、今回青森県の園地で鉄欠乏症状が発生したのは、過去の事例³⁾と類似し、重金属の蓄積による拮抗作用の増大が主要因であると考えられるが、強酸性土壌という、報告の少ないやや特異的な事例であった。土壌の酸性化は主要因ではないが、重金属類の拮抗作用の増大を助長しているものと考えられる。

比較的深根性であるリンゴは、表層土壌の化学性が悪化しても、下層土壌からの養分吸収が行えるため、通常は樹体生長に影響が及ぶほど鉄欠乏症状が発生することはない。しかし、本園地は非常に有効土層が浅く¹⁾、主な養分吸収を表層に依存しているため、表層土壌の化学性悪化の影響が長年の蓄積により表面化したと考えられる、県内でも非常に稀少な事例である。

引用文献

- 1) 澤田歩, 齋藤雅人, 谷川法聖. 2009. リンゴ‘千秋’に発生した鉄欠乏症状. 東北農業研究. 62:123-124
- 2) 清水武. 1990. 要素障害診断事典. 農文協. 193-194
- 3) 高橋英一, 吉野実, 前田正男. 1980. 作物の要素欠乏過剰症. 農文協. p. 34