

ソラマメしみ症の発生に影響を及ぼす土壌要因について

鹿児島大学農学部

准教授 樗木直也

1. はじめに

鹿児島県のソラマメ生産は、作付面積387ha、収穫量4990t（平成24年度野菜生産出荷統計，農林水産省）で、減少傾向にあるとはいえ日本一である。出荷量でも全国の35%ほどのシェアがあり、特に早出しの11月下旬から3月下旬までは市場をほぼ独占している。作型としては、僅かに発芽させた種子に対して花芽を分化させるため低温処理を行い、9月上旬に定植し11月下旬から収穫する抑制栽培と、11月に定植し翌年の春から収穫する普通栽培がある。作付けは種子島・屋久島から出水地域まで全県的に行われているが、主な生産地は指宿市を中心とした南薩地域である。

ところで、このソラマメ栽培において1980年代半ば頃から、子実中の種子の皮（種皮）がしみ状に褐変する種皮褐変障害、通称「しみ症」が発生し問題となってきた（写真1）。本障害がカルシウム欠乏症であることは、池田ら¹⁾や著者ら²⁾がほ場調査や水耕栽培による再現試験などにより、明らかにしている。

ここでは、現地の農家ほ場でなぜソラマメがカルシウム欠乏となるかを明らかにするために行ったほ場調査の結果から得られたいくつかの知見と本生理障害に対するカルシウム資材の葉面散布の効果について紹介したい。

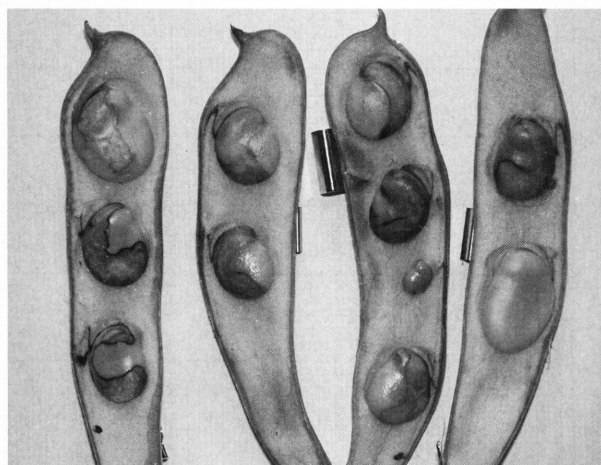


写真1. ソラマメの種皮褐変障害（しみ症）

本号の内容

§ ソラマメしみ症の発生に影響を及ぼす土壌要因について	1
-----------------------------------	---

鹿児島大学農学部

准教授 樗木直也

(トピックス) Nutricote 宇宙に行く!	7
--------------------------------	---

ジェイカムアグリ(株) 海外部

§ 寒冷地における水稲育苗管理の勘どころと苗箱施肥のすすめ	8
-------------------------------------	---

ジェイカムアグリ株式会社 東北支店

技術顧問 上野正夫

2. 指宿市ほ場においてソラマメのカルシウム吸収に影響を及ぼす土壌要因

ほ場調査は1998年から2000年にかけて、指宿市内の15か所のほ場（年度により異なるほ場を含む）を対象に実施した。年度ごとに少し内容は異なるが、基本的には定植1ヵ月後くらいの開花開始期から収穫盛期まで数回、各ほ場から土壌試料と植物体試料を採取した。ほ場を単位として、障害発生率や植物体カルシウム含有率と各土壌化学性との相関関係を検討し、本障害発生に影響を及ぼしている土壌要因を明らかにしようという戦略

である。

まず図1は、1998年の定植1ヵ月後の土壌化学性と開花開始期のソラマメ葉のカルシウム含有率との関係を示した散布図である。有意ではないが（有意確率は硝酸態窒素：0.072，交換性カリウム：0.065），土壌の硝酸態窒素含量，交換性カリウム含量とソラマメ葉のカルシウム含有率との間には負の相関がみられた。同様の関係は縦軸に障害発生率をとってもみられた。即ち土壌中の硝酸態窒素や交換性カリウム含量が多いほ場ほど，ソラマメ葉のカルシウム含有率は低く，障害発生率は高いという関係が認められた。このことから，土壌中に硝酸態窒素や交換性カリウムが多いとソラマメのカルシウム吸収が抑制され，本障害の発生に結びついていることが示唆された。

それでは硝酸態窒素と交換性カリウムではどちらの影響の方が大きいのだろうか。このことを検討するために，交換性カルシウムと硝酸態窒素，または交換性カルシウムと交換性カリウムを説明変数とし，障害発生率を目的変数とする重回帰分析を行い，その結果を表1に示した。そのモデルがほ場ごとの障害発生率の違いをどの程度説明できるかを示す決定係数は硝酸態窒素を組み合わせの方がやや大きく，モデル内での説明変数の影響の大きさを示す標準偏回帰係数も硝酸態窒素の

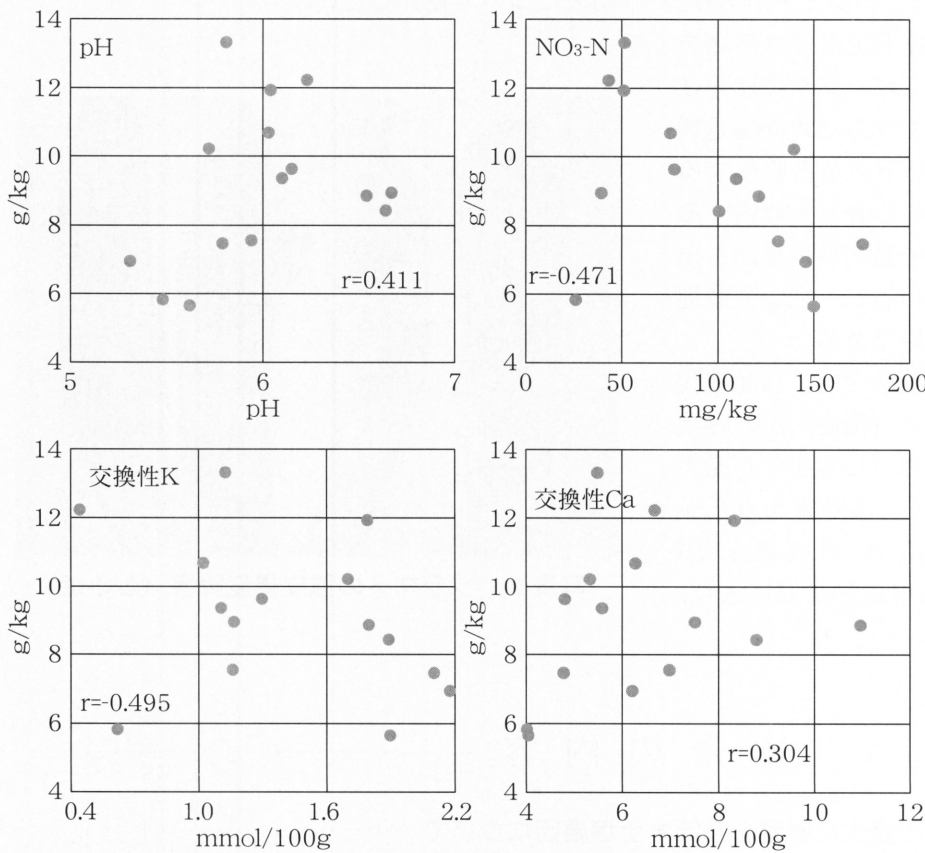


図1. 定植1ヵ月後の土壌化学性と開花開始期の葉カルシウム含有率との関係

表1. 土壌の交換性カルシウムと硝酸態窒素または交換性カリウムに対する障害発生率の重回帰分析の結果

	モデルの 有意確率	決定係数	標準偏回帰係数		
			交換性Ca	NO ₃ -N	交換性K
Ca-NO ₃ モデル	0.010	0.564	-0.318	0.604	
Ca-Kモデル	0.015	0.534	-0.510		0.559

方が大きかった。このことから、交換性カリウムよりも硝酸態窒素の方が障害発生率への影響が大きいのではないかと考えられた。

育が進むにつれて土壤中の硝酸態窒素含量や交換性カリウム含量はソラマメによる吸収にともなって低下していく。これに対して、交換性カルシウム

はソラマメの吸収量に対して土壤中に存在している量が多いので、栽培期間を通じてその含量があまり変化しないと考えられる。この栽培期間中の土壤化学性の推移を踏まえると、生育前半では土壤中の含量の高い硝酸態窒素や交換性カリウムがソラマメのカルシウム吸収に対して抑制的な影響を強く及ぼしているが、それらの含量が低下する生育後半には、交換性カルシウム含量のカルシウム吸収に対する促進的な影響がみられるようになったものと考察される。

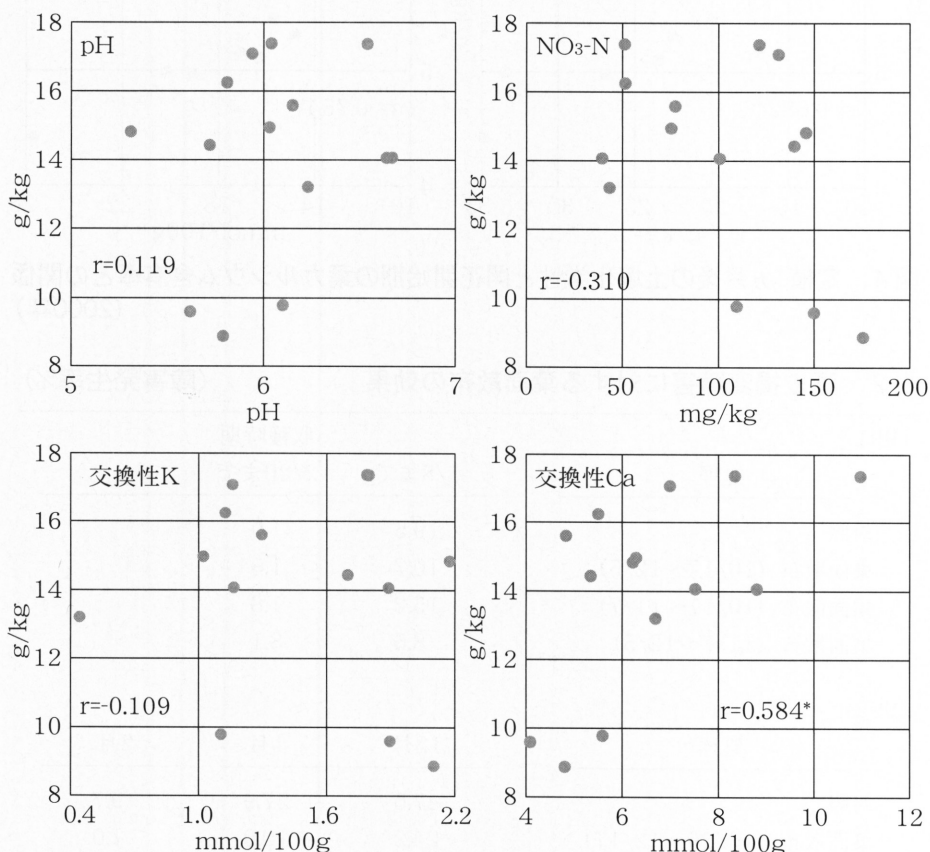
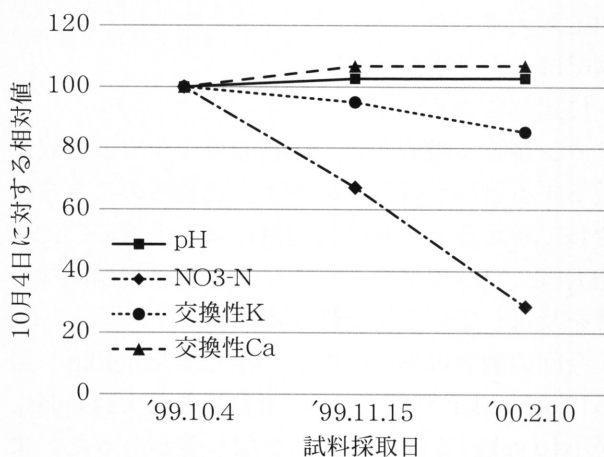


図2. 定植1ヵ月後の土壤化学性と収穫期の葉カルシウム含有率との関係 (1998)

次に、図2に1998年の定植1ヵ月後の土壤化学性と収穫盛期のソラマメ葉のカルシウム含有率との関係を示した。開花開始期でソラマメ葉のカルシウム含有率と相関のあった硝酸態窒素含量や交換性カリウム含量は相関がみられなくなり、交換性カルシウム含量との間に有意な正の相関がみられた。このことは生育前半ではみられた土壤中の硝酸態窒素や交換性カリウムのソラマメのカルシウム吸収への影響がみられなくなり、生育後半では交換性カルシウムが影響を及ぼしていると考えられる。これは土壤肥料関係者にとっては常識的なことかもしれないが、図3に示したように、基肥を施用するので土壤の硝酸態窒素含量や交換性カリウム含量は定植時には比較的高い。しかし生



調査した15ほ場の平均値を、10月4日の値 (pH:5.98, NO₃-N:100.6mg/kg, 交換性K:1.07mmol/100g, 交換性Ca:9.75mmol/100g) に対する相対値で示した

図3. 栽培期間中における土壤化学性の推移 (1999年)

ところで、図4は2000年の定植1ヵ月後の土壤の全炭素含量、陽イオン交換容量(CEC)と開花開始期のソラマメ葉のカルシウム含有率との関係を示した散布図である。土壤の全炭素含量およびCECとソラマメ葉のカルシウム含量との間には有意な負の相関がみられた。即ち土壤の全炭素含量が高くCECが大きいほ場ほど、ソラマメ葉のカルシウム含有率が低いという関係があった。この年の調査ほ場では、土壤の全炭素含量とCECとの間には有意な正の相関がみられ、有機物含量が高いことがCECの増大に結びついていると考えられた。有機物の施用や不耕起栽培により有機物含量が増加しCECが大きくなった土壤では、カリウムイオンに比べてカルシウム

イオンが強く吸着され、作物のカルシウム吸収が低下するという報告がある^{3,4)}。これらのことを総合して考えると、有機物施用による土壤のCECの増大は、ソラマメのカルシウム吸収に抑制的な影響を及ぼしている可能性がある。

今回の調査ほ場のCECは、最大25.7cmol/kg⁻¹、最小10.6cmol/kg⁻¹であり、全炭素含量も最大34.8g/kg⁻¹、最小10.9g/kg⁻¹でほ場によりかなり差があった。また調査の時に実施した農家の聞き取りによると、1作当たりの堆肥施用量は10a当たり最大2670kg、最小1040kgであった。このように、ほ場により堆肥の施用量にかなりの差があり、多くのほ場では

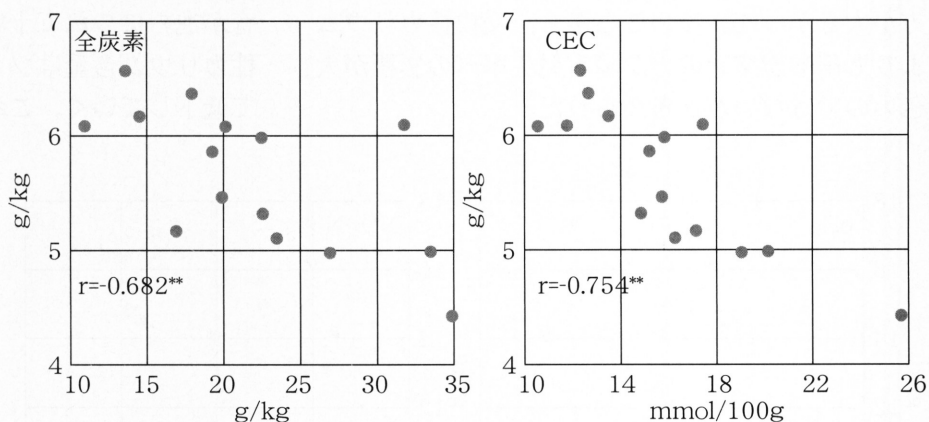


図4. 定植1ヵ月後の土壤化学性と開花開始期の葉カルシウム含有率との関係(2000年)

表2. 種皮褐変障害に対する葉面散布の効果 (障害発生率%)

1991年	処理	収穫時期			
		1/8まで	2/20まで		
	対照	19.5	0		
	葉面散布 (10/17~12/5)	10.7	1.6		
	葉面散布 (10/17~11/7)	15.2	1.8		
	葉面散布 (11/7~12/5)	8.6	3.1		
1992年	処理	12月	1月	2月	
		対照	47.0	27.9	9.7
		葉面散布 (10/29~12/17)	24.2	10.9	7.0
		葉面散布 (10/29~11/12)	28.7	16.8	13.0
		葉面散布 (11/19~12/17)	32.3	7.7	5.7

0.4%CaCl₂溶液(商品名:カルクロン)を1週間おきに散布
(平成3年度・4年度秋冬作試験成績書(土壤肥料) 鹿児島県農業試験場)

ソラマメを連作し、農家が慣行的に毎年同量程度の堆肥を施用し続けるとすれば、ほ場の土壤有機物含量やCECに堆肥施用の影響はあるものと考えられる。

3. カルシウム欠乏症対策としての葉面散布の効果

作物の栄養元素欠乏症に対して葉面散布はよく実施される対策である。しかし、このソラマメしみ症に対するカルシウム資材の葉面散布の効果は余り顕著ではない。表2は、鹿児島県農業試験場(現農業開発総合センター)が1991~1992年に指宿市内の農家ほ場で実施した現地試験の結果をま

とめたものである。兩年とも10月中・下旬から12月上・中旬にかけて毎週1回塩化カルシウム溶液を散布し、障害の発生率を調査している。葉面散布をしていない対照区と比べれば、葉面散布区では障害発生率が低くなる傾向はあるが、それでも10~30%のレベルで発生しており、対策としてはとても十分とは言えない。

この原因を解明するために、植物体表面に添加したカルシウムの吸収と移動について、カルシウムの放射性同位体 (^{45}Ca) を用いた試験を実施した(表3)。すでに下から10節前後まで着莢して

他の部位へは移動し難いためである。茎に添加した場合は、添加したカルシウムの3割程度はその節に着いている子実に移動しているが、4割はより上位の節の莖葉へ移動しており、蒸散の活発な部位へ移動していた。莢に添加した場合は、添加したカルシウムの1割足らずが内部の種子へ移動していた。

以上の試験結果から、ソラマメの子実が発生するカルシウム欠乏症であるしみ症に対してカルシウム資材の葉面散布の効果が低い理由は、散布する資材中のカルシウムの大部分が葉に付着しそこ

から他の部位へ移動しにくいために、障害発生部位である子実へ移動する量が少ないためであると思われる。従って、葉面散布の方法にも注意が必要で、葉より莢に直接散布すべきであり、莢が着いている茎の付近に重点的に散布した方が効果は高まると考えられる。生産現場では従来1つの株から4本の分枝を伸ばし、それを株の両側に誘引して1畝に2列仕立てる方法が一般的であった。しかし作業性を良くする観点から、1つの株からの分枝を片側だけに誘引し1畝1列に仕立てるL字型仕立てが推奨されている。この仕立て法は1列の植物体の両側から茎のそばに着いている莢に直接散布をする

ことができるので、カルシウム資材の葉面散布の効果を高める上でも好ましいものと考えられる。

4. 終わりに

トマト尻腐れ症に代表されるカルシウム欠乏症は、原因がわかっていてもなかなか防げない生理障害である。石灰を慣行的に施用しているようなほ場では土壤中のカルシウムが不足することは稀であり、多くの場合カルシウムが吸収されにくいような土壌条件が原因となっている。指宿市で発生しているソラマメのしみ症の場合も、土壌中の

表3. ソラマメ植物体の各部位に添加した ^{45}Ca の分布

		^{45}Ca 添加部位			
		葉(表)	葉(裏)	莖	莢
下位節	葉	0.01	0.01	0.05	0.02
	莖	0.00	0.01	0.23	0.12
	さや	0.00	0.01	0.11	0.07
	種子	0.00	0.00	0.01	0.00
添加節	葉	99.9	99.9	11.1	1.09
	莖	0.00	0.00	19.0	2.59
	さや	0.01	0.00	29.4	85.3
	種子	0.00	0.00	2.43	8.43
上位節	葉	0.01	0.02	29.6	0.84
	莖	0.01	0.06	4.02	1.03
	さや	0.00	0.00	0.15	0.06
	種子	0.00	0.00	0.00	0.01
展開節		0.01	0.01	3.86	0.41

各部位で検出された放射能の植物体全体の放射能に対する百分率で示した。枠で囲んだ部位が ^{45}Ca を添加した部位である。

いるソラマメのある節(10節くらい)の葉の表、葉の裏、葉柄の付根の莖、莢のそれぞれに ^{45}Ca を含んだ塩化カルシウム溶液を添加し、10日後植物体を収穫し部位ごとに分けて放射能を測定し、添加したカルシウムの分布を調べた。葉に添加した場合、部位が表裏に関わらず添加したカルシウムの99.9%は添加した葉に留まっており、ほとんど他の部位には移動しなかった。これはカルシウムは篩管移動性が低く、もっぱら導管内を蒸散流に従って移動するため、蒸散流の終点である葉から

硝酸態窒素や交換性カリウムの過剰によるカルシウムの吸収抑制が主な原因と考えられた。また堆肥の多量施用によるCECの増大も、ソラマメのカルシウム吸収を阻害する可能性が示唆された。

このように、しみ症の発生には土壌管理や施肥管理が重要な要因となっていることを紹介した。ソラマメのしみ症の発生が問題となってから30年近くが経過しようとしているが、いまだに現地のほ場では障害の発生が散見されるような状況である。合理的な土壌管理や施肥、葉面散布などの総合的な対策が徹底され、本障害の発生が皆無になることを期待している。

引 用 文 献

- 1) 池田健一郎ら (1999) ソラマメのしみ症発生に及ぼすカルシウム等の影響, 土肥誌, 70, 283-290
- 2) 樗木直也・堀口毅 (2000) 農家ほ場調査により推測されるソラマメ種皮褐変障害の原因, 土肥誌, 71, 372-377
- 3) Evangelou, V.P. and Blevins, R.L. (1985) Soil-solution phase interactions of basic cations in long-term tillage systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 49, 357-362
- 4) 木下忠孝ら (1980) 野菜に対するおがくず混合家畜ふん堆肥の利用に関する研究 (第1報) 牧之原台地黄色土における石灰・カリ飽和度の影響, 愛知農総試研報, 12, 171-176