

ロングショウカルの

アブラナ科野菜に対する施用効果

福岡県農業総合試験場 化学部

専門研究員 小田原 孝治

はじめに

最近、国民の健康や栄養に対する意識が高まる中、とくに農産物の健康維持に有用な機能性成分に対する関心が高まっている。厚生省の国民栄養調査に日本人のカルシウム摂取不足が報告されているが、アブラナ科野菜は好石灰植物で、他の野菜に比べてカルシウム含量が多いことが食品の栄養面から高く評価されている。

福岡県では数年前からアブラナ科野菜をジュース等加工用原料とする栽培が広がりつつあり、ジュース用として、ビタミンCのほかにカルシウム含量が高いことが望まれている。アブラナ科野菜はカルシウム要求量が高く、欠乏症の発生事例も多い。その原因究明のための試験研究は過去に数多く行われているが、今後はカルシウムなど野菜の機能性成分の吸収量を高めるための栽培技術の確立が重要と考えられる。

作物のカルシウム含量を高めるためには石灰質資材の効果的な施用が不可欠であるが、その資材として最も一般的に使われているものに炭酸カルシウム (CaCO_3) や消石灰 (Ca(OH)_2) がある。これらの資材は土壌を通して作物にカルシウムを

供給するだけでなく、土壌 pH を矯正する働きもある。その他の資材として、水によく溶け、速効的な硝酸カルシウム ($\text{Ca(NO}_3)_2$)、塩化カルシウム (CaCl_2) があるが、これらはいずれも流亡しやすいことと施用量によっては一時的に塩類濃度を上昇させる傾向があり、基肥施用には向かない。そのため、主に葉面散布や速効性の追肥として使用される。これに対して被覆硝酸石灰 (ロングショウカル) は、硝酸カルシウムの欠点を被覆することによって改良した緩効性石灰質肥料である。

ここではロングショウカルと消石灰の施用が加工用ナバナの生育とカルシウム含有率などにおよぼす影響について検討した結果を紹介する。

試験方法

試験は福岡県農業総合試験場豊前分場の水田 (細粒灰色低地土、灰褐系) で行った。試験構成は第1表に示すように消石灰およびロングショウカルを3段階に施用し、石灰無施用区に対してそれぞれ、消石灰標準区、消石灰倍量区、被覆硝酸石灰標準区 (以下硝カル標準区)、被覆硝酸石灰倍量区 (以下硝カル倍量区) とした。ロングショウカルは、25℃の畑状態で窒素成分の80%が溶出

本 号 の 内 容

§ ロングショウカルの アブラナ科野菜に対する施用効果	1
福岡県農業総合試験場 化学部 専門研究員 小田原 孝治	
§ 暖地稲作における被覆肥料の利用技術と 施肥診断システム	6
滋賀県農業試験場 環境部 主 査 柴 原 藤 善	

表1 試験構成および耕種概要 (小田原ら, 1994)

試験区名	成分施用量 kg/10a			
	CaO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
① 石灰無施用	0	21	21	21
② 消石灰標準	40	21	21	21
③ 消石灰倍量	80	21	21	21
④ 硝カル標準	40	21	21	21
⑤ 硝カル倍量	80	42	21	21

注1) 使用肥料: ①②③; 尿素入り硫加里ん安48号

④⑤; 被覆硝酸石灰, PK化成

注2) 耕種概要: 播種日; 1993年9月14日, 定植日; 10月21日

収穫日; 1994年2月10日

うね幅; 1.5m, 株間; 0.35m, 条間; 0.6m

するのに必要な日数が40日タイプのものを使用した。

ナバナはブラシカ・ザプスに属する在来種で, 耕種概要は第1表に示したとおりである。収穫方法は加工用であるため, 株ごと収穫した。そして本葉を上位, 中位, 下位および側枝と部位別に分けて, 養分吸収量を調べた。また土壌からの養分供給量の施肥区間の差を調べるため, 作物の根が実際に接している土壌溶液を土壌に埋め込んだポラスカップから真空採血管を用いて採取し, イオン組成を分析した。

結果

(1) 石灰質肥料の施用にともなう土壌の理化学

表2 土壌の理化学性 (小田原ら, 1994)

試験区	pH (H ₂ O)	EC	交換性陽イオン (me/100g)				Ca/Mg
			Ca	Mg	K	Na	
石灰無 初期 施用区 跡地	6.47	0.68	13.57	2.02	1.67	0.34	6.72
	6.53	0.09	12.05	1.52	0.90	0.22	7.93
消石灰 初期 標準区 跡地	6.57	0.66	15.19	2.02	1.43	0.31	7.52
	6.84	0.08	13.35	1.54	0.95	0.17	8.67
消石灰 初期 倍量区 跡地	6.99	0.79	17.82	2.03	1.57	0.29	8.78
	7.37	0.10	15.67	1.56	0.88	0.18	10.04
硝カル 初期 標準区 跡地	6.41	0.54	14.39	2.21	1.28	0.31	6.51
	6.86	0.15	14.36	1.87	0.95	0.21	7.68
硝カル 初期 倍量区 跡地	6.28	0.87	15.73	2.23	1.30	0.32	7.05
	6.80	0.26	15.69	1.62	0.55	0.18	9.69

注) 採土日: 初期; 11月4日, 跡地; 2月15日

採土位置: 0~15cm

性と土壌溶液組成の変化

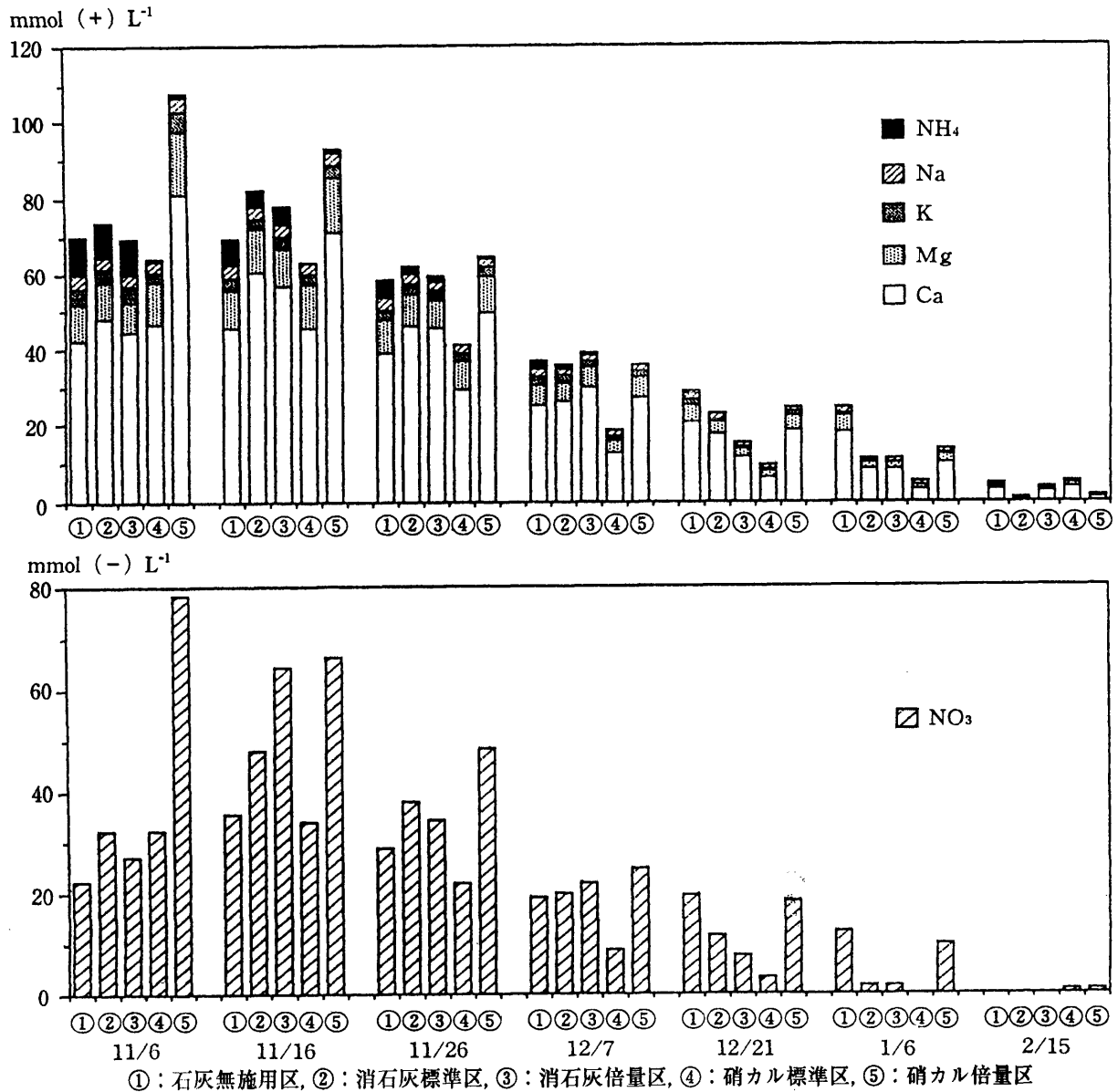
第2表に各試験区のナバナ生育初期及び栽培跡地土壌の分析結果を示した。石灰施用量の増加にともなって交換性カルシウム含量は増加したが, 増加量はナバナの生育初期では硝カル施用区の方が消石灰標準区や消石灰倍量区より小さかった。これは被覆肥料中の硝酸カルシウムの溶出が徐々に

に行われ, 1N酢酸アンモニウムで完全に抽出されていないためと考えられる。ナバナ栽培跡地の消石灰施用区では交換性カルシウム含量は初期に比べて 1.5~2.0me/100g 減少した。これに対して, 硝カル施用区ではほとんど変化しなかった。

第1図にナバナ生育中の土壌溶液イオン濃度の推移を示した。消石灰の施用効果をみると石灰無施用区, 消石灰標準区および消石灰倍量区におけるカルシウムイオン濃度は, 区間に大きな差はなく, 消石灰の施用は土壌溶液のカルシウムイオン濃度の上昇に直接つながらなかった。一方, NO₃イオン濃度は11月16日時点では消石灰の施用量が多いほど高くなったが, これは土壌pHが高いほど

硝酸化成作用が高まったためと考えられる。硝カル標準区のカルシウムイオン濃度は, 石灰施用量が同じ消石灰標準区より全期間を通じてやや低い濃度で推移した。これに対して硝カル倍量区のカリウムイオン濃度は消石灰倍量区に比べて生育前期の11月26日まで高い濃度で推移したが, その後は徐々に低下し, 石灰無施用区と同程度の値となった。また, 消石灰施用区に対して, 硝カル施用区では, 全期間を通じて NH₄

図1 ナバナ生育中の土壌溶液イオン濃度の推移



イオンはほとんど検出されなかった。全体的にみると、各試験区の陽イオンの合計濃度とNO₃イオン濃度の高低はほぼ対応していた。しかし、土壌の交換性カルシウム含量の高低と土壌溶液カルシウム濃度とは必ずしも一致せず、これは土壌中のカルシウム塩の形態によるものと考えられる。

(2) ナバナのカルシウム含有率

前述のような土壌条件で栽培されたナバナの収穫物の Ca, Mg, K の含有率を調べた結果を第3表に示した。

地上部株重は硝カル倍量区でのみ高い値を示し

たが、これは主として窒素施肥量が硝カル倍量区で高いことによるものと考えられる。カルシウム含有率は石灰無施用区、消石灰標準区および消石灰倍量区の間にはほとんど差がなく、消石灰施用の効果はみられなかった。これに対して硝カル標準区では、生育期間中の土壌溶液カルシウム濃度は石灰施肥量が同一の消石灰標準区に比べてやや低いにも関わらず、各葉位ともカルシウム含有率はやや高い値を示した。さらに硝カル倍量区では土壌溶液中のカルシウム濃度を反映してカルシウム含有率は最も高くなった。このように硝カル施

表3 ナバナの無機成分含有率および収量 (小田原ら, 1994)

試 験 区	本 葉*			側枝	地上部** 株重 g/株	
	上位葉	中位葉	下位葉			
石灰無 施用区	Ca	0.94	1.12	1.95	0.69 0.19 2.73	858 ± 97a
	Mg	0.25	0.17	0.15		
	K	3.73	3.88	4.88		
消石灰 標準区	Ca	0.97	1.25	2.15	0.73 0.18 2.68	873 ± 84a
	Mg	0.26	0.18	0.14		
	K	3.70	4.01	4.65		
消石灰 倍量区	Ca	0.96	1.19	2.07	0.74 0.18 2.62	877 ± 101a
	Mg	0.24	0.17	0.13		
	K	3.72	3.89	4.63		
硝カル 標準区	Ca	1.02	1.39	2.36	0.87 0.19 2.74	847 ± 53a
	Mg	0.25	0.19	0.17		
	K	3.67	3.89	4.71		
硝カル 倍量区	Ca	1.23	1.71	2.78	0.96 0.20 2.79	1085 ± 105b
	Mg	0.27	0.20	0.17		
	K	3.69	4.12	5.23		

注) 含有率の単位は乾物当たり%

* 上位葉: 15cm未満の未展開葉, 中位葉: 上から1~4葉の展開葉,

下位葉: 上から5~8葉の展開葉

** 平均値 ± SD, Duncan多重検定により異文字間に1%水準で有意差あり

用区は消石灰施用区よりナバナのカルシウム含有率が高くなる傾向であった。

考 察

土壌カルシウムの主要形態は①土壌コロイドに吸着されたカルシウムイオン(交換性カルシウム), ②土壌溶液中に溶存するカルシウムイオン, ③炭酸塩, 燐酸塩などの難溶性塩類の3つであり, これらは相互に依存しあっている。このなかで土壌溶液中のカルシウムは量的には少ないが化学反応上, かなめの役割を果たすとともに, 作物の生育培地として大切な役割を果たしている⁶⁾。本試験の結果からも, 土壌溶液カルシウム濃度は消石灰の施用では高まらなかった。ナバナに施用された消石灰の相当部分は, たとえば土壌有機物のカルボキシル基などの弱酸性解離基と

$2\text{COOH} + \text{Ca}(\text{OH})_2 = (\text{COO})_2\text{Ca} + \text{H}_2\text{O}$ のように反応し, カルシウムイオンが土壌有機物に吸着保持される。残りの $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の一部は;

土壌空気の CO_2 を吸収して難溶性の CaCO_3 となることが考えられる。一方, 硝酸カルシウムの場合は溶出すればもともと易溶性であるため, ほとんどそのまま土壌溶液中のカルシウム濃度に反映する。

このことはまた, 土壌溶液 NO_3^- イオン濃度とカルシウム濃度との対応関係から, 施肥する NO_3^- -N の量によって土壌溶液中のカルシウム濃度の制御が可能であることを示唆している。

このように土壌中のカルシウム塩の形態が, 作物によって直接吸収される土壌溶液のカルシウム濃度に影響することから, その形態の分別診断が重要である⁷⁾ことが理解できる。特に塩基飽和度が100%を越える土壌においては土壌溶液組

成のバランスを保つための施肥法を決定するうえで極めて重要な情報をもたらす。しかし, どのような肥料をどのくらい施用すると, 土壌溶液組成がどのようになるといった定量的な技術はまだほとんど確立していない。

ナバナの生育についてみると, 写真1に示すように生育初期に石灰無施用区や消石灰を施用した区では葉縁が白変しているのに対して, 硝カル施用区では全く異常が認められなかった。本試験ではその原因を確認していないが, このような症状はアンモニア毒性に起因する石灰欠乏症状として観察されている⁸⁾ようである。

ハクサイでは培地のカルシウム濃度が高いほど収量もカルシウム含有率も高い。ところが培地のカルシウム濃度は高ければよいというものではなく, 一定の濃度をこえると収量もカルシウム含有率も減少する^{1, 5)}。これは培地の塩濃度への作物の耐性によるものと考えられ, 施用したカルシウ

写真1 ナバナ生育初期の状況



左：硝カル標準区



右：消石灰標準区

ム塩の種類と作物によってその程度は異なる。

本試験で硝酸カルシウムを緩効性石灰質肥料としてでなく、そのままの形で施肥したとすれば、ほとんど土壤溶液中に溶け、電気伝導度の上昇により濃度障害が発生した可能性がある。硝酸カルシウムのような易溶性の肥料を緩効性にするこの意義は肥料成分の利用率の向上のほか、濃度障害発生抑制の抑制という点にもあるといえる。

窒素栄養との関係では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の比率を変えてキャベツを栽培すると、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の比率が低い方がカルシウム含有率が高まった³⁾。またハクサイでは NO_3 区の方が NO_3+NH_4 区より収量、カルシウム含有率ともにやや上回ったが、キャベツでは逆の傾向となり、作物によって培地の窒素形態への反応は異なる²⁾。本試験のナバナでも生育期間中の土壤溶液カルシウム濃度だけでなく、施肥窒素の形態もカルシウム吸収に影響し、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の存在がマイナスに作用していると推定される。

野菜の種類によってどのような組成の培地が好適であるかは、これまでの知見を参考にして施肥設計を組み立てる必要があるが、すべての品目について調査されているわけではないため、今後も栽培試験によるデータの蓄積が必要である。

文献

- 1) 堀 裕・山崎肯哉・上浜竜雄・青木正孝. 1960. 蔬菜の石灰栄養に関する研究(第2報)ハクサイの石灰欠乏症状ならびにその発生に及ぼす培養液組成および濃度の影響. 園学雑. 29, 169—180.
- 2) 池田英男・大沢孝也. 1982. 水耕培養液中のカリ, カルシウムの濃度並びに随伴陰イオンがそ菜のアンモニア過剰障害に及ぼす影響. 園学雑. 51, 309—317.
- 3) 岩田正利. 1962. 窒素形態の差異と蔬菜の生育(第3報)培養液の各種陽イオン濃度ならびに pH との関係. 園学雑. 31, 39—52.
- 4) 小田原孝治・和田信一郎・比良松道一・松江勇次. 1994. 石灰質肥料の施用とナバナのカルシウム含有率. 土肥誌. 65, 441—445.
- 5) TAKANO and SISA. 1964. The effects of salt concentration of culture solution and calcium supplied to the soil on the occurrence of marginal rot in Chinese cabbage. Jour. Jap. Hort. Sci. 33, 35—45.
- 6) 和田信一郎. 1992. コロイド特性からみた土壤 Ca の動態. 土肥要旨集. 38, 189—190.
- 7) 和田信一郎・兼子明. 1996. 塩基飽和度が100%を越える土壌における塩基の存在形態をめぐる問題. 農業および園芸. 71, 447—452.
- 8) 渡辺和彦. 1984. 野菜の要素欠乏と過剰症. タキイ種苗. 51—56.