

¹⁵Nで標識された窒素肥料の動態から見た 砂壌質露地畑でのキャベツの施肥量削減の可能性

久野智香子¹⁾・牧田尚之¹⁾・大橋祥範²⁾

摘要：¹⁵N標識肥料を用いて現地ほ場でキャベツの栽培試験を行った。基肥20 g-N m⁻²を施用した場合、12.4 g-N m⁻²が溶脱した。基肥を20 g-N m⁻²から14 g-N m⁻²に減らすことにより、窒素利用率が高くなった。1回目の追肥の窒素利用率は70%以上と高かった。しかし、2回目の追肥の窒素利用率は21~52%と低かった。収穫後、施肥窒素の作土中残存量は0.2~1.8 g-N m⁻²と少なかった。基肥14 g-N m⁻²、1回目の追肥8 g-N m⁻²、2回目の追肥4 g-N m⁻²の施用で収量に影響がなく、施肥基準より4 g-N m⁻²の施用量が削減できると考えられた。溶脱量の多い基肥の施用割合を減らし、窒素利用率の高い1回目の追肥の施用割合を増やすことにより窒素の溶脱も減少すると考えられた。

キーワード：¹⁵N標識肥料、露地畑、キャベツ、施肥窒素利用率

Possibility of Reduce of Fertilizer in Cabbage Fields by Assessing the Movement of ¹⁵N-labeled Fertilizer in a Sandy Loam Open Field

KUNO Chikako, MAKITA Naoyuki and OHASHI Yoshinori

Abstract: The present study was conducted to clarify the movement of nitrogen fertilizer in a sandy loam open field. Cabbage plants were cultivated using ¹⁵N-labeled fertilizer in an open field. Eluviation of initial fertilization was 12.4 g-N m⁻² when the initial fertilization was applied 20 g-N m⁻². Nitrogen availability became higher when the initial fertilization rate was reduced from 20 g-N m⁻² to 14 g-N m⁻². Nitrogen availability of the first additional fertilization was high (70%). However, nitrogen availability of the second additional fertilization was low (21-52%). Residual quantity of fertilizer nitrogen after crop harvest was considerably less (0.2-1.8 g-N m⁻²). The yield of cabbage was not affected when the initial fertilization was 14 g-N m⁻², and the first additional fertilization provided 8 g-N m⁻² and the second additional fertilization provided 4 g-N m⁻². It was considered that the quantity of fertilizer can reduce 4 g-N m⁻² than the standard fertilization. These results suggested that the eluviation of nitrogen was decreased by reducing the initial fertilization and increasing the first additional fertilization.

Key Words: ¹⁵N-labeled fertilizer, Open field, Cabbage, Fertilization nitrogen availability

本研究の一部は日本土壌肥料学会中部支部第91回例会（2011年10月）において発表した。

本研究は「環境保全型農業推進事業」により実施した。

¹⁾ 環境基盤研究部 ²⁾ 環境基盤研究部（現企画普及部）

(2012.10.9 受理)

緒言

農耕地からの窒素の流出に関する報告¹⁻³⁾は多く、露地野菜畑に肥料が過剰施用された場合、環境負荷の原因になると指摘されている。従って、農地からの窒素流出負荷量を低減するためには、作物の吸収特性に見合った適量の施肥により、窒素利用率を高め余剰窒素量を少なくすることが重要である。

愛知県の代表的露地野菜のキャベツでは、肥効調節型肥料の利用や局所施肥による減肥栽培の取り組みが行われている⁴⁻⁶⁾。

一方、施肥窒素の利用率は、土壌窒素肥沃度、降雨、堆肥施用等により変わることが考えられる。松田ら⁷⁾は、堆肥施用により化学肥料窒素の利用率が低下することを明らかにしている。作物に吸収される施肥窒素量については、¹⁵N標識肥料を利用することにより明確にできるが、キャベツについては検討事例が少ない。今回の試験では、愛知県のキャベツの主要産地である豊橋市内の肥料成分が溶脱しやすいと言われる砂壌質露地畑で、現在の分施方式である基肥、追肥2回の施肥体系において、施肥時期ごとの窒素利用率を¹⁵N標識肥料によるトレーサー試験により明らかにし、キャベツの施肥量削減の可能性を検討した。

材料及び方法

1 試験区の施肥設計

2009年から2011年までの3年間、豊橋市内の露地畑（土性SL）で¹⁵N標識肥料を使って、夏まきキャベツの栽培試験を行った。

2009年の試験区の施肥設計を表1に示した。2009年の試験は、施肥量を愛知県の夏まきキャベツの施肥基準に合わせて、基肥20 g-N m⁻²、追肥は各回5 g-N m⁻²に設定した。施肥時期ごとの窒素利用率を求めるために、基肥区（基肥のみ¹⁵N標識硫安（5 Atom%））、追肥1区（1回目の追肥のみ¹⁵N標識硝安：NO₃⁻、NH₄⁺両方ラベル（5 Atom%））、追肥2区（2回目の追肥のみ¹⁵N標識硝安（追肥1区と同じ））、全標識区（基肥、追肥2回すべて¹⁵N標識肥料、肥料の種類は他の試験区と同じ）を

設けた。試験規模は1区1.95 m²で、区の周辺は緩衝地帯として、標識されていない硫安、硝安を用いて試験区内と同様の施肥を行い、反復なしで行った。

2009年の試験において基肥の窒素利用率が低かったため、2010年は基肥の窒素利用率を高くすることを目的として試験を行った。2010年の試験区の施肥設計は表2に示した。基肥14 g-N m⁻²、追肥は各回8 g-N m⁻²に設定し、基肥区（基肥のみ¹⁵N標識硫安（5 Atom%））、追肥1区（1回目の追肥のみ¹⁵N標識硝安：NO₃⁻、NH₄⁺両方ラベル（5 Atom%））、追肥2区（2回目の追肥のみ¹⁵N標識硝安（追肥1区と同じ））を設けた。試験規模は1区3.51 m²で、区の周辺は緩衝地帯として、標識されていない硫安、硝安を用いて試験区内と同様の施肥を行い、反復なしで行った。

2011年は2回目の追肥の窒素利用率を明確にし、減肥方法を検討するために、基肥と2回目の追肥施肥量の削減を組み合わせた試験区を設けた。2011年の試験区の施肥設計は表3に示した。対照区（14-8-8 g-N m⁻²）、施肥削減1区（14-8-4 g-N m⁻²）、施肥削減2区（10-8-8 g-N m⁻²）、施肥削減3区（10-8-4 g-N m⁻²）を設けた。各区とも2回目の追肥のみ¹⁵N標識硝安（NO₃⁻、NH₄⁺両方ラベル（5 Atom%））を用いた。試験規模は1区2.34 m²で、区の周辺は緩衝地帯として、標識されていない硫安、硝安を用いて試験区内と同様の施肥を行い、反復なしで行った。

キャベツの品種はさちなみ（トヨハシ種苗（株））で、2009年は、石灰窒素施用8月16日、基肥9月14日、定植9月14日、1回目の追肥10月14日、2回目の追肥11月6日、収穫を1月20日に行った。2010年は、石灰窒素施用7月25日、基肥9月10日、定植9月16日、1回目の追肥10月18日、2回目の追肥11月18日、収穫を12月20日に行った。2011年は、石灰窒素施用8月1日、基肥9月14日、定植9月16日、1回目の追肥10月17日、2回目の追肥11月17日、収穫を1月18日に行った。

施肥時期ごとの窒素利用率を求めるために、すべて通常の肥料で栽培した無標識区を設けた。また、リン酸は過リン酸石灰で基肥施用時に15 g-P₂O₅ m⁻²、加里は硫酸加里で基肥施用時に20 g-K₂O m⁻²、追肥5 g-K₂O m⁻²を2回施用した。

表1 試験区の施肥設計（2009年）

試験区	石灰窒素 施用量 g m ⁻² (8/16施用)	施肥量 g-N m ⁻²				¹⁵ N標識肥料利用状況		
		基肥 (9/14施用)	追肥1 (10/14施用)	追肥2 (11/6施用)	施肥量 合計	基肥	追肥1	追肥2
基肥区	80	20	5	5	30	¹⁵ N標識硫安	硝安	硝安
追肥1区	80	20	5	5	30	硫安	¹⁵ N標識硝安	硝安
追肥2区	80	20	5	5	30	硫安	硝安	¹⁵ N標識硝安
全標識区	80	20	5	5	30	¹⁵ N標識硫安	¹⁵ N標識硝安	¹⁵ N標識硝安
無標識区	80	20	5	5	30	硫安	硝安	硝安

注) 定植：9/14 収穫：1/20

表2 試験区の施肥設計 (2010年)

試験区	石灰窒素 施用量 g m ⁻² (7/25施用)	施肥量 g-N m ⁻²				¹⁵ N標識肥料利用状況		
		基肥 (9/10施用)	追肥1 (10/18施用)	追肥2 (11/18施用)	施肥量 合計	基肥	追肥1	追肥2
基肥区	80	14	8	8	30	¹⁵ N標識硫安	硝安	硝安
追肥1区	80	14	8	8	30	硫安	¹⁵ N標識硝安	硝安
追肥2区	80	14	8	8	30	硫安	硝安	¹⁵ N標識硝安
無標識区	80	14	8	8	30	硫安	硝安	硝安

注) 定植: 9/16 収穫: 12/20

表3 試験区の施肥設計 (2011年)

試験区	石灰窒素 施用量 g m ⁻² (8/1施用)	施肥量 g-N m ⁻²				¹⁵ N標識肥料利用状況		
		基肥 (9/14施用)	追肥1 (10/17施用)	追肥2 (11/17施用)	施肥量 合計	基肥	追肥1	追肥2
対照区	80	14	8	8	30	硫安	硝安	¹⁵ N標識硝安
施肥削減1区	80	14	8	4	26	硫安	硝安	¹⁵ N標識硝安
施肥削減2区	80	10	8	8	26	硫安	硝安	¹⁵ N標識硝安
施肥削減3区	80	10	8	4	22	硫安	硝安	¹⁵ N標識硝安
無標識区	80	14	8	8	30	硫安	硝安	硝安

注) 定植: 9/16 収穫: 1/18

表4 試験ほ場の土壌の化学性

pH	EC (1:2.5) dS m ⁻¹ (1:2.5)	全窒素 g kg ⁻¹	全炭素 g kg ⁻¹	C/N	CEC cmol _c kg ⁻¹	交換性			可給態
						CaO g kg ⁻¹	MgO g kg ⁻¹	K ₂ O g kg ⁻¹	P ₂ O ₅ g kg ⁻¹
6.1	0.10	0.4	2.7	6.4	4.3	0.48	0.15	0.21	0.41

注) 土壌採取: 2009年7月21日

2 キャベツの収量及び窒素吸収量

キャベツの収量調査は2009年は1区4株で行い、¹⁵N吸収量分析用サンプルとした。2010年、2011年は1区10株で行い、¹⁵N吸収量分析用サンプルは、試験区内の中央4株を用いた。キャベツの全窒素は粉碎試料を炭素窒素分析計 (JM1000CN 株式会社ジェイ・サイエンス・ラボ、京都) で定量した。キャベツの安定同位体分析はSIサイエンス(株)に委託分析した。

3 施肥時期ごとの窒素利用率の算出方法

施肥時期ごとの窒素利用率 (以下窒素利用率) は次式から算出した。

$$\text{窒素利用率 (\%)} = \frac{(\text{キャベツの窒素吸収量 } g-N m^{-2} \times (\text{各試験区の}^{15}N\text{値 Atom\%} - \text{無標識区の}^{15}N\text{値 Atom\%}))}{(5 \text{ Atom\%} - \text{無標識区の}^{15}N\text{値 Atom\%})} \div \text{}^{15}N\text{標識肥料施用量 } g-N m^{-2} \times 100$$

4 試験ほ場の作付け前の土壌の化学性

2009年7月21日に試験ほ場の土壌の採取を行い、pH、EC、全窒素、全炭素、CEC、交換性塩基、可給態リン酸

の分析を行った。

5 収穫後の施肥窒素の土壌残存量

2010年1月20日に試験ほ場の土壌の採取を行い、キャベツ収穫後の土壌中の¹⁵N量を植物体と同様に委託分析した。土壌の仮比重1.2、作土深20 cmとして土壌中に残っている¹⁵N量を換算し、土壌残存量とした。¹⁵N標識肥料施用量からキャベツの¹⁵N吸収量と¹⁵N土壌残存量を差し引いた値を溶脱量とした。

試験結果

試験ほ場の化学性を表4に示した。全窒素、全炭素濃度は低く窒素肥沃度の低いほ場であった。

2009年、2010年のキャベツの生長量、窒素吸収量及び施肥時期ごとの窒素利用率を表5、6に示した。キャベツの生長量は結球部及び外葉部とも試験区の違いによる差はなかった。窒素吸収量は2009年がやや多く、33.7~39.1 g-N m⁻²、2010年は23.9~31.3 g-N m⁻²であった。

表5 キャベツの生長量及び窒素吸収量

試験年度	試験区	生長量		窒素吸収量		
		結球部 kg-FW m ⁻²	外葉部 kg-FW m ⁻²	結球部 g-N m ⁻²	外葉部 g-N m ⁻²	合計 g-N m ⁻²
2009年	基肥区	6.3	4.3	16.0	17.7	33.7
	追肥1区	7.2	4.7	19.1	20.0	39.1
	追肥2区	6.7	4.8	18.1	20.3	38.4
	全標識区	6.7	4.5	18.2	19.4	37.6
	無標識区	6.5	4.8	16.5	19.8	36.3
2010年	基肥区	7.6	3.9	16.3	15.0	31.3
	追肥1区	6.9	4.0	13.7	14.9	28.6
	追肥2区	7.3	4.4	15.1	15.8	30.9
	無標識区	6.0	3.4	12.1	11.8	23.9

表6 キャベツの施肥時期ごとの窒素利用率

試験年度	試験区	施肥時期	¹⁵ N標識肥料		¹⁵ N吸収量			施肥時期ごとの窒素利用率 ¹⁾ %
			施用量 g-N m ⁻²	結球部	外葉部	合計		
2009年	基肥区	基肥	20	3.2	3.6	6.8	34.2	
	追肥1区	1回目追肥	5	1.9	1.8	3.7	74.1	
	追肥2区	2回目追肥	5	1.3	1.3	2.6	52.0	
	全標識区	全施肥	30	5.2	4.8	10.0	33.3	
2010年	基肥区	基肥	14	4.2	4.3	8.5	60.6	
	追肥1区	1回目追肥	8	3.4	3.1	6.5	80.8	
	追肥2区	2回目追肥	8	0.9	0.9	1.8	22.5	

1) (キャベツの窒素吸収量×(各試験区の¹⁵N値-無標識区の¹⁵N値)/(5Atom%-無標識区の¹⁵N値))/¹⁵N標識肥料施用量×100

収穫期における施肥時期ごとに見た窒素利用率は、2009年の結果では、基肥34.2%、1回目の追肥74.1%、2回目の追肥52.0%、全施肥33.3%で、基肥の窒素利用率が低く、1回目の追肥の窒素利用率が高かった。基肥20 g-N m⁻²の施用量に対し、キャベツの¹⁵N吸収量は6.8 g-N m⁻²と少なかったため、2010年の試験では、基肥の施用量の割合を減らした。その結果、窒素利用率は基肥60.6%、1回目の追肥80.8%、2回目の追肥22.5%と基肥の窒素利用率が高くなり、2回目の追肥の窒素利用率が低くなった。基肥14 g-N m⁻²の施用によりキャベツに吸収された¹⁵N量は8.5 g-N m⁻²で、基肥量は2009年よりも少ないがキャベツに吸収された¹⁵N量はやや多かった。2009年の結果では、基肥からキャベツに吸収された¹⁵N量は、結球部3.2 g-N m⁻²、外葉部3.6 g-N m⁻²で、結球部と外葉部の¹⁵N吸収量に差はなかった。1回目の追肥、2回目の追肥も基肥と同様に、結球部と外葉部の¹⁵N吸収量に差はなかった。

2009年の収穫時における¹⁵N土壌残存量及び溶脱量を図1に示した。¹⁵N土壌残存量は基肥区0.8 g-N m⁻²、追肥1区0.2 g-N m⁻²、追肥2区0.3 g-N m⁻²、全標識区1.8 g-N m⁻²と少なかった。溶脱量は基肥区12.4 g-N m⁻²、追肥1区 1.1 g-N m⁻²、追肥2区2.1 g-N m⁻²、全標識区18.2 g-N m⁻²と基肥からの溶脱量が多かった。

2011年のキャベツの生長量、窒素吸収量の結果を表

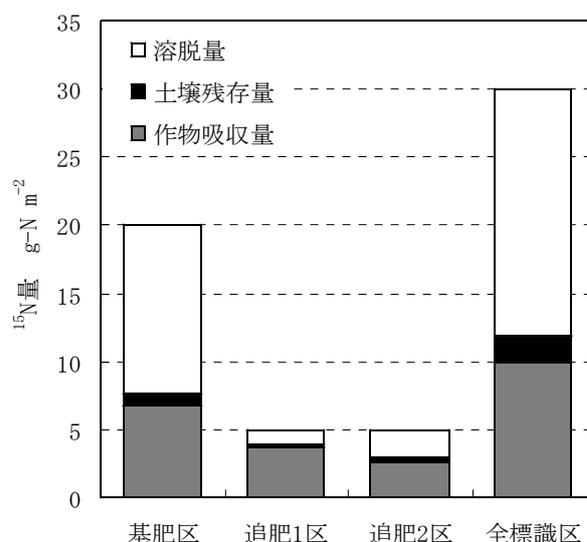


図1 ¹⁵N標識肥料施用時期の違いによる窒素の動態 (2009年)

注) 溶脱量：¹⁵N施肥量-¹⁵N作物吸収量-¹⁵N土壌残存量
土壌残存量：作土深20 cm、仮比重1.2として換算
収穫、土壌採取：2010年1月20日

表7 キャベツの生長量及び窒素吸収量

試 験 区	生長量		窒素吸収量		
	結球部	外葉部	結球部	外葉部	合計
	kg-FW m ⁻²	kg-FW m ⁻²	g-N m ⁻²	g-N m ⁻²	g-N m ⁻²
対 照 区	7.6	4.0	16.6	15.1	31.7
施肥削減1区	8.4	4.4	21.8	15.9	37.7
施肥削減2区	7.6	4.4	16.9	15.8	32.6
施肥削減3区	7.9	4.1	16.1	14.6	30.8
無 標 識 区	8.4	4.0	18.8	14.6	33.5

表8 キャベツの2回目の追肥の窒素利用率

試験年度	試 験 区	基肥	1回目	2回目	¹⁵ N吸収量			2回目の追肥の
		施用量	追肥施用量	追肥施用量 ¹⁾	結球部	外葉部	合計	窒素施用量 ²⁾
		g-N m ⁻²	%					
2011年	対 照 区	14	8	8	1.0	0.7	1.7	21.1
	施肥削減1区	14	8	4	1.0	0.6	1.5	38.6
	施肥削減2区	10	8	8	2.0	1.8	3.8	48.1
	施肥削減3区	10	8	4	0.9	0.7	1.6	40.0

1) 2回目の追肥のみ¹⁵N標識肥料

2) (キャベツの窒素吸収量×(各試験区の¹⁵N値-無標識区の¹⁵N値)/(5Atom%-無標識区の¹⁵N値))/¹⁵N標識肥料施用量×100

7に示した。試験区の違いによって、キャベツの結球部及び外葉部の生長量に差はなかった。

キャベツの2回目の追肥の窒素利用率の結果を表8に示した。¹⁵N吸収量は対照区1.7 g-N m⁻²、施肥削減1区1.5 g-N m⁻²で2回目の追肥施用量を削減しても¹⁵N吸収量は変わらなかったため、施肥削減1区の窒素利用率は対照区よりも高くなった。また、施肥削減2区の¹⁵N吸収量は3.8 g-N m⁻²で他の区と比較して多かった。

考 察

2009年の試験では、基肥の窒素利用率は34.2%と低く、基肥区は¹⁵N標識肥料施用量の62.0%が溶脱していたことから、キャベツ栽培において施肥窒素の利用率を向上するためには、基肥の窒素利用率向上が不可欠である。一方、2010年は基肥を14 g-N m⁻²としたが¹⁵N吸収量は2009年の結果よりもやや多く、2009年は6.8 g-N m⁻²、2010年は8.5 g-N m⁻²であった。基肥を削減しても、キャベツの窒素吸収量が減少しなかったことから、基肥を14 g-N m⁻²としても、キャベツの初期生育が劣ることはないと考えられ、基肥の削減により窒素利用率の向上が可能であると考えられた。また、基肥の削減により溶脱量は減少すると考えられた。渥美と新良⁸⁾の¹⁵N標識肥料を用いた埋設型ライシメーターのキャベツの栽培試験結果では、施肥窒素の47%がキャベツに吸収され、収穫時の土壌に4%残っていたとしている。渥美らの試験と比較して、2009年の全標識区の窒素利用率は33.3%と少なかった。しかし、渥美らの試験では全窒素施用量30g-N m⁻²のうち基肥は12 g-N m⁻²で、2009年の試験と比べて基肥の施用割合が少なかった。このことから、窒素利用率の向上には基肥割合を小さくすることが必要であると考えられた。また、収穫時の土壌残存量は6%であり、渥美らの試験と同

様に土壌に残る量は少ないことから、吸収されない窒素のほとんどが作土外に流出すると考えられた。

1回目の追肥の窒素利用率は、2009年、2010年の両年ともに高かった。岩間⁹⁾は、キャベツは外葉生長から結球開始までは窒素の要求度が高く、結球開始までに窒素がないとその後窒素を与えても生育は不良であるとしている。また、千葉県の冬どりキャベツ試験結果¹⁰⁾では、生育初期と後半の窒素吸収量は緩慢でS字型の吸収特性を示していた。1回目の追肥の窒素利用率が高かったのは、キャベツの窒素吸収が増加する時期と一致するためと考えられた。また、基肥や1回目の追肥からの¹⁵N吸収量は結球部と外葉部で変わらなかったため、生育初中期に外葉に吸収された窒素分は結球肥大に利用されていると考えられた。そのため、生育後半よりも生育初中期に十分窒素が供給された方が収量が安定すると考えられた。

2009年、2010年の試験では、2回目の追肥は1回目の追肥と比較して窒素利用率が低かった。これは、生育初中期に十分窒素が吸収されており、キャベツの生育に必要な窒素の不足分が少なかったためと考えられた。

2011年の試験では、基肥と2回目の追肥の窒素削減の可能性を明確にするために、基肥と2回目の追肥の削減量を組み合わせて試験を行った。対照区と比較して、施肥削減1区の収量及び2回目の追肥の¹⁵N吸収量は変わらなかった。しかし、施肥削減2区は対照区と比較して、2回目の¹⁵N吸収量が増加していた。この結果から、生育初中期の窒素施用量が十分である場合、施肥量を増やしても2回目の追肥の窒素吸収量は増えないと考えられた。しかし、生育初中期の窒素施用量が少ない場合、後半の窒素吸収量が増加すると考えられた。施肥削減2区よりも施肥削減1区の方が、結球

開始頃までの窒素供給量が十分にあり、キャベツの生育、収量が安定すると考えられた。

施肥削減3区では2回目の追肥の¹⁵N吸収量は増加しなかった。これは、生育初中期の窒素施用量が少なくても、2回目の追肥の窒素利用率は40~50%が限界で、4 g-N m⁻²の施用では必要な量を十分吸収できなかつたと考えられた。そのため、基肥10 g-N m⁻²、1回目の追肥8 g-N m⁻²を施肥した場合、2回目の追肥4 g-N m⁻²の施用量はやや少ないと考えられた。

基肥20 g-N m⁻²、追肥5 g-N m⁻²を2回施用が愛知県の実まきキャベツの施肥基準であるが、今回の試験結果から、基肥14 g-N m⁻²、1回目の追肥8 g-N m⁻²、2回目の追肥4 g-N m⁻²の施用でキャベツの収量に影響はなく、施肥基準より4 g-N m⁻²の施用量が削減できると考えられた。溶脱量の多い基肥の施用割合を減らし、窒素利用率の高い1回目の追肥の施用割合を増やすことにより窒素の溶脱も減少すると考えられた。

引用文献

1. 竹内誠. 農耕地からの窒素・リンの流出. 土肥誌. 68, 708-715(1997)
2. 山田良三, 白井一, 今川正弘. 赤黄色土露地野菜地帯における河川及び地下水の硝酸性窒素動態. 愛知農総試研報. 34, 79-84(2002)
3. 糟谷真宏, 坂西研二, 板橋直, 荻野和明, 廣戸誠一郎. 畜産を伴う赤黄色土野菜地帯の河川における窒素、リンの流出. 土肥誌. 81, 481-488(2010)
4. 永田茂穂, 清本なぎさ, 長友誠, 久米隆志. 被覆尿素の利用と施肥位置改善による露地野菜の省施肥術. 土肥誌. 72, 283-286(2001)
5. 小野寺政行, 三木直倫, 赤司和隆. キャベツの作条施肥による窒素3割減肥技術. 土肥誌. 71, 714-717(2000)
6. 松崎守夫, 亀川健一, 高橋智紀, 細川寿. 株元施肥と追肥が夏まきキャベツの収量と窒素蓄積に及ぼす影響. 北陸作物学会報. 39, 47-49(2004)
7. 松田晃, 山崎恭子, 間藤徹. 家畜糞堆肥と硝酸アンモニウムを併用した場合の窒素利用率の変動. 土肥誌. 80, 268-270(2009)
8. 渥美和彦, 新良力也. 砂地露地畑の冬どりキャベツ栽培における施肥窒素収支. 日本土壌肥料学会講演要旨集. 56, 273(2009)
9. 岩間誠造. 農業技術体系 野菜編 第7巻 キャベツ基礎編. 農山漁村文化協会. 東京. p. 29-36(2002)
10. 千葉県農林総合研究センター. キャベツの作型別窒素吸収特性. 平成15年度千葉県試験研究成果普及情報. (2003). http://www.pref.chiba.lg.jp/ninait/shikenkenkyuu/documents/24_6.pdf (2012. 8. 30参照)