

[短報]

各種露地野菜における有機質肥料の化学肥料窒素代替性

中本 洋*

施肥窒素の50%以上を有機質肥料で与える栽培に対する各種露地野菜の適性を検討した。キャベツ栽培において窒素の全量を各種有機質肥料で施肥した際の規格内収量は、窒素無機化の速い魚かすあるいはナタネ油かすを主体とした有機質肥料区が、発酵鶏ふん、米ぬか油かす区を上回った。次いで、各種露地野菜において、魚かす主体有機質肥料を用いて施肥窒素を50%および100%の2水準で代替した際の全量化学肥料栽培に対する規格内収量比を比較した。規格内収量比90%以上を確保できる代替率の上限は、ニンジン、ダイコンでは100%、キャベツ、ハクサイ、ブロッコリーでは50%であった。ただし、キャベツ、ハクサイにおいても、マルチを使用することにより100%の代替が可能であった。

緒言

化学合成農薬を減らして栽培するなど特色のある生産方法で生産された農産物への消費者の関心の高まりを反映して、「特別栽培農産物に係わる表示ガイドライン」(平成15年改正)では化学合成農薬、化学肥料双方を地域慣行の5割以上減らして栽培された農産物が特別栽培農産物として表示できるとされた。また、農水省の農地水環境保全向上対策や引き続き環境保全型農業直接支払交付金(平成23年度~)では、化学肥料、化学合成農薬の5割低減の取組が支援対象要件の一部とされており、これらの取組の今後の拡大が予想される。

このような減化学肥料栽培を進めるには、化学肥料に代わって有機物を利用することが必要となり、露地野菜において地域にある堆肥等の有機物を代替利用した減化学肥料あるいは無化学肥料栽培が検討されており¹⁾²⁾³⁾⁴⁾、収量性と環境への窒素負荷から堆肥の施用限界量も検討されている⁹⁾。しかしながら、有機物による代替率を高めた栽培法に対する各種野菜の適性は必ずしも明らかではない。

そこで、比較的窒素の無機化が速やかで化学肥料の代替性が高いと考えられる有機質肥料を用いて施肥窒素の50%以上を代替する栽培に対する各種露地野菜の適性を比較した。

試験方法

1 有機質肥料の窒素無機化特性とキャベツ収量への影響
魚かすを主体とする混合有機質肥料(以降、魚かす主体有機)4点、魚かす粉末、ナタネ油かすを主体とする混合有機質肥料(以降、ナタネ主体有機)、米ぬか油かす、発酵鶏ふんの未風乾肥料を乳鉢で粉碎し、試料とした。100mL容のポリビンに褐色森林土表層土壌20gと窒素4mg相当量を混合し、土壌水分を30%にして20で42日間培養し、順次無機態窒素を測定した。供試有機物の種類と保証成分を表1に示す。

次に、施肥窒素の全量を各種有機質肥料で施用した際のキャベツの収量性を比較した。有機質肥料は表1に示した魚かす主体有機Aおよびナタネ主体有機、米ぬか油かす、発酵鶏ふんの4種を供試し、それぞれ全量を基肥施用した。2001年はキャベツ「金系201号」、2002年はキャベツ「楽園」を春まき作型で栽培した。窒素施肥量を20kg/10aとして保証成分値に基づいて有機質肥料の施用量を設定した。リン酸およびカリは、土壌中の含量が北海道施肥ガイドの土壌診断基準値以上のため、施肥量が収量に及ぼす影響は小さいと考え、有機質肥料の成分量を差し引くことなく、 P_2O_5 14、 K_2O 18kg/10aを苦土重焼リンと硫酸カリで施肥した。なお、化学肥料区は硫安を用いて施肥量の30%を結球始期に分施し、無窒素区も設けた。栽培試験は両年とも中央農試の褐色低地土で1区18m²、2連で行った。各年の供試土壌の熱水抽出性窒素含量はそれぞれ3.2、4.0mg/100gであった。

2011年9月6日受理

* 北海道立総合研究機構中央農業試験場, 069-1395 夕張郡長沼町(現:同機構上川農業試験場, 078-0397 上川郡比布町)

E-mail: nakamoto-hiroshi@hro.or.jp

表1 供試有機質肥料の種類と保証成分および窒素含有率

肥料	種類	形状	肥料の保証成分(%)		窒素含有率(%)
			窒素	リン酸	
魚かす主体有機A	混合有機質肥料	ペレット	7.0	4.0	8.0
魚かす主体有機B	混合有機質肥料	粉末	8.0	5.0	9.3
魚かす主体有機C	混合有機質肥料	ペレット	6.0	5.5	6.0
魚かす主体有機D	混合有機質肥料	ペレット	5.5	5.0	7.1
魚かす粉末	魚かす	粗砕粉末	—	—	7.3
ナタネ油かす主体有機	混合有機質肥料	ペレット	5.0	1.5	6.4
米ぬか油かす	米ぬか油かす	粉末	2.0	4.0	3.0
発酵鶏ふん	特殊肥料	粗粒状	—	—	3.6

2 有機質肥料を主体とする栽培に対する各種露地野菜の適性

施肥窒素の全量および半量を有機質肥料由来とした有機100%区、有機50%区および化学肥料区、無窒素区を設定し、6種野菜、キャベツ、ハクサイ、ブロッコリー、スイートコーン、ダイコン、ニンジンに2000～2002年に栽培した。有機質肥料は魚かす主体有機A、化学肥料は硫酸を用いた。施肥量は北海道施肥標準に準拠した。有機質肥料の施肥量設定およびリン酸・カリ施肥は試験1と同様に行った。ダイコンと2000年のハクサイはマルチを使用し、その他は無マルチで栽培した。キャベツ、スイートコーンおよび無マルチ栽培年のハクサイでは、北海道施肥ガイドに準じ硫酸施用分は分施を行った。有機質肥料は窒素無機化が比較的遅いことから全量を基肥施用した。供試土壌は褐色森林土1筆、1区面積は9～18m²、2連で行った。供試土壌の熱水抽出性窒素含量は4.7mg/100gであった。耕種概要を表2に示す。

3 マルチ栽培によるキャベツ、ハクサイの収量安定化

窒素質肥料の全量を有機質肥料で代替した場合に収量低下がみられたキャベツ、ハクサイを対象に、改善技術として2001～2002年にマルチ栽培を検討した。試験処理は白黒マルチ、無マルチと施肥窒素の全量を有機質肥料とした有機100%区、全量を硫酸とした化学肥料区および無窒素区を組み合わせた。有機質肥料は魚かす主体有機Aを使用した。無マルチ・化学肥料区では、窒素施肥量のうち、ハクサイは20%、キャベツは30%を結球始期

に分施し、この他の区では全量を基肥に施用した。窒素施肥量および有機質肥料の施肥量設定、リン酸・カリ施肥は試験2と同様に行った。ハクサイは春まき作型で品種「無双」を用い、2001年と2002年に褐色森林土各1筆で栽培した。キャベツは2002年に3土壌を用い、ハクサイと同一の褐色森林土では春まき作型・品種「金系201号」、泥炭土および淡色黒ボク土では晩春まき作型・「楽園」を栽培した。土壌の熱水抽出性窒素含量は2001年褐色森林土が4.7、2002年褐色森林土、泥炭土、淡色黒ボク土はそれぞれ6.3、16.0、4.7mg/100gであった。1区面積は14.4～19.8m²、2連で行った。

結果および考察

1 有機質肥料の窒素無機化特性とキャベツ収量への影響

供試した魚かす主体有機およびナタネ主体有機の窒素含有率は6%以上と高く、米ぬか油かす、発酵鶏ふんの窒素含有率はそれぞれ3.0、3.6%と低かった(表1)。培養試験における有機質肥料の窒素無機化率の推移を図1に示す。魚かす主体有機の窒素無機化率は培養7日後で24～42%程度で、その内3種は28日後に60%となり、42日後にはすべての肥料でおよそ60%以上となった。これに比べて魚かすの窒素無機化速度は速く、7日後で無機化率は約50%に達した。ナタネ主体有機も魚かす主体有機に比べて窒素無機化速度はやや速い傾向であった。発酵鶏ふんはこれらより無機化速度は遅く、米ぬか油かすはさらに遅かった。このように、供試肥料の窒素無機化特性は比較的速いナタネ油かす有機、魚かす主体有機

表2 各露地野菜の耕種概要

作物	作型	品種	栽植密度(株/10a)	施肥量(kg/10a)			窒素分施割合 ¹ (%)	植付け形態	マルチ
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
キャベツ	春まき	金系201号	5,555	20	14	18	30	セル成型苗	なし
ハクサイ	春まき	無双	3,333	22	18	20	20	セル成型苗	2000年のみ白黒
ブロッコリー	春まき	緑嶺	4,167	14	14	12		セル成型苗	なし
スイートコーン	露地直播	カクテルE-51	3,333	15	24	13	40	種子	なし
ダイコン	春まき	春北海	5,333	7	18	20		種子	シルバー
ニンジン	晩春まき	向陽2号	55,556	12	20	15		シーダーテープ	なし

1 硫酸施用分のみ分施を6月下旬に行った。ただし、マルチをした2000年のハクサイは分施なし。

と遅い発酵鶏ふん、米ぬか油かすに分けられ、既往の報告5)と同様であった。

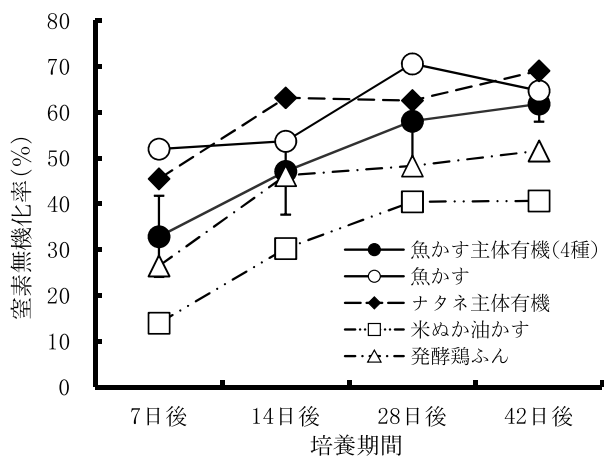


図1 培養試験における各種有機質肥料の窒素無機化率の推移

キャベツを供試して窒素全量を有機質肥料で栽培した結果、生育期間が88日間と通常より長かった2001年では、魚かす主体有機区とナタネ主体有機区の規格内収量は化学肥料区に比べて同等以上であったが、米ぬか油かす区、発酵鶏ふん区では収量低下が大きかった(表3)。生育期間が68日とほぼ通常であった2002年では何れの有機質肥料区も減収したが、化学肥料区を基準(=100)とした規格内収量比は魚かす主体有機区で70、ナタネ主体有機区で80と収量低下はやや小さく、一方、米ぬか油かす区では規格内収量はほとんどなかった。みかけの窒素利用率は何れの有機質肥料も化学肥料由来の窒素利用率に比べて兩年とも低く、有機質肥料間で比較すると魚かす主体有機、ナタネ主体有機由来の窒素利用率は米ぬか油かす、発酵鶏ふんに比べて高かった。

このように、キャベツにおける施肥窒素の全量を有機質肥料とする栽培は、化学肥料区に比べて減収するリスクが高まり、その減収程度は窒素無機化速度が遅く、窒

素利用率が低い米ぬか油かす、発酵鶏ふんで大きかった。一方、魚かす主体およびナタネ主体の有機質肥料は、有機質肥料を主体とする栽培に適すると考えられる。タカナにおける報告例でも施肥窒素の全量を各種有機質肥料で栽培した場合に、窒素無機化が速いナタネ油かす、魚かす⁶⁾では硫安区とほぼ同じ収量を示し、窒素利用率も近いとしている⁷⁾。

2 有機質肥料を主体とする栽培に対する各種露地野菜の適性

前項で有機質肥料を主体とする栽培に適すると考えられた魚かす主体有機質肥料を用いた結果、化学肥料区の規格内収量を基準(=100)とした有機50%区の規格内収量比は何れの野菜も概ね90%以上を確保した(図2)。有機100%区の規格内収量比は試験年次を平均するとニンジン(114)>ダイコン(107)>スイートコーン(88)

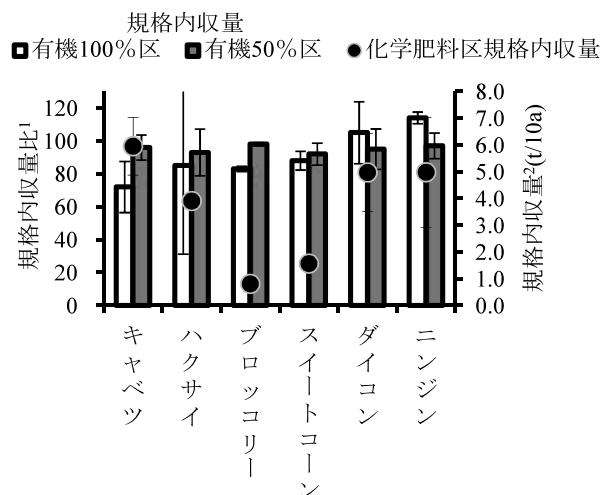


図2 有機質肥料区の規格内収量比および化学肥料区の規格内収量

- 規格内収量比は各年の化学肥料区の規格内収量を100とした値
- 化学肥料区の規格内収量は3カ年の平均値。
- ただし、ハクサイは2001・2002年、ニンジンは2000、2001年の値。
- エラーバーは最小、最大。

表3 各種有機質肥料で栽培されたキャベツの規格内収量、窒素吸収量および窒素利用率

処理区	2001年					2002年				
	総重 (t/10a)	規格内 収量 (t/10a)	同左 ¹ 比	窒素 吸収量 (kg/10a)	窒素 ² 利用率 (%)	総重 (t/10a)	規格内 収量 (t/10a)	同左 ¹ 比	窒素 吸収量 (kg/10a)	窒素 ² 利用率 (%)
魚かす主体有機区	12.7	7.2	120	16.8	68	9.3	3.7	70	14.2	39
ナタネ主体有機区	10.2	5.9	98	13.9	53	9.4	4.3	80	16.2	48
米ぬか油かす区	8.2	3.6	60	10.2	35	5.1	0.2	3	8.7	14
発酵鶏ふん区	7.7	2.2	36	9.6	32	5.7	3.3	62	12.2	30
化学肥料区	13.5	6.0	100	19.3	80	10.4	5.4	100	19.2	62
無窒素区	2.5	0.1	2	3.3	—	3.7	0.0	0	5.6	—

1 化学肥料区の規格内収量を100とした比。

2 みかけの窒素利用率=(施肥区の窒素吸収量-無窒素区の窒素吸収量)/窒素施肥量×100

表4 各野菜の窒素吸収量¹及び施肥窒素利用率²

作物	窒素 施肥量 (kg/10a)	有機100%区		化学肥料区		無窒素区 窒素吸収量 (D) (kg/10a)
		窒素吸収 量(B) (kg/10a)	有機由来 窒素利用率 (%)	窒素吸収 量(B) (kg/10a)	硫酸由来 窒素利用率 (%)	
キャベツ	20	14.6	49	16.9	61	4.7
ハクサイ	18	12.5	41	15.4	54	3.6
ブロッコリー	14	11.7	57	14.4	76	3.8
スイートコーン	15	11.5	50	13.2	61	4.1
ダイコン	7	7.7	49	7.1	41	4.3
ニンジン	12	12.7	54	9.5	27	6.3

¹ 2000～2002年の平均値。ただし、ハクサイは2001・2002年、ニンジンでは2000、2001年の値。

² みかけの有機（硫酸）由来窒素利用率：(B-D) / (N施肥量) × 100

>ハクサイ (85) > ブロッコリー (83) > キャベツ (72) の順となり、ダイコン、ニンジンでは化学肥料区とほぼ同等の収量が得られた。有機質肥料は窒素無機化が遅いことから生育期間が長い野菜で有利に働くと考えられるが、生育期間はスイートコーン (104～114) > ニンジン (92～110日間) > キャベツ (71～78) > ブロッコリー (60～67) > ハクサイ (54～57)・ダイコン (54～56) であり、生育期間の序列は収量性とは一致しなかった。

ダイコン、ニンジンでは窒素施肥量と有機100%区の窒素吸収量はほぼ同水準となっており、みかけの有機質肥料由来の窒素利用率は化学肥料の窒素利用率を上回っていた (表4)。一方、有機100%区で減収したスイートコーン、ハクサイ、ブロッコリーおよびキャベツでは、みかけの有機質肥料由来の窒素利用率は化学肥料の利用率より低下しており、有機100%区で窒素吸収量は少なかった。山縣らは圃場において有機態窒素を施用したときの窒素吸収量に作物間差を認めており¹⁰⁾、ダイコン、ニンジンの結果が栽培条件によるものか作物間差によるものか検討する必要がある。

本試験では、ダイコンはマルチ栽培としている。施肥全量を有機物とした条件においてもマルチは窒素溶脱抑制に有効であることが指摘されており⁴⁾、土壌水分保持による有機質肥料の無機化促進も想定すると、ダイコンにおいて有機100%区の窒素吸収量が多かった要因はマルチ栽培の影響が大きかったと考えられる。

ニンジンは生育期間が長いこと、生育前半は緩慢な生育を示し、養分吸収もわずかで生育中後半に養分吸収量を増す特性があり、有機質肥料の無機化に相対的に合致していると考えられる。松本⁸⁾によるとニンジン、チンゲンサイ、ホウレンソウの窒素吸収量は硫酸施用区よりナタネ油かす施用区で増加しており、土壌中の無機態窒素だけではなく、有機物の施用によって増加する有機態窒素も直接吸収している可能性を指摘している。本試験でもニンジンでは、有機100%区の窒素吸収量は化学肥料区に比べて多くなっていた。

これらのことから、マルチ栽培を前提とするダイコン

は、有機質肥料を主体とする栽培に適し、また、ニンジンも窒素吸収特性から見て、同栽培に対する適応性は高いと考えられる。

他の4種野菜では、有機100%区の規格内収量は化学肥料区に比べて少なかった。このうち、キャベツ、ハクサイ、ブロッコリーでは、有機100%区の規格内の平均1個重がやや軽かったことに加えて規格内割合が規格以下の小球あるいは不整形花らいの発生により低下した (データ省略)。しかしながら、有機50%区におけるこれら3種野菜の規格内収量比はそれぞれ96、93、98と化学肥料区に近くなった。これは速効性である化学肥料と組み合わせることにより初期生育が改善されたためと考えられ、この3種野菜では有機質肥料による50%までの窒素代替は可能と考えられる。

スイートコーンでは、有機100%区で同様に減収がみられ、規格内割合は化学肥料区との差がなく、1穂重が軽くなったことにより規格内収量が減少していた (データ省略)。また、無窒素区でも規格内割合が0とならない場合もあった。栄養生長から生殖成長に転換するスイートコーンでは、窒素吸収量の減少が規格内割合に影響を与えづらい野菜と考えられる。したがって、スイートコーンでは1穂重は減少するものの窒素質肥料を有機質肥料に100%代替することは可能と考えられる。さらに窒素代替率を50%とすることで1穂重が重くなる傾向がみられ、1穂重を重視する場合には窒素代替率を50%とすべきである。

以上のように各種野菜への有機質肥料の窒素代替性について論じたが、環境要因との関連でその妥当性を考察する。愛知の冬作キャベツ栽培において堆肥を用いた無化学肥料栽培の収量は8月下旬定植の作型では化学肥料を用いた対照区と同等であったが、9月下旬定植の低地温条件では50%となり、地温低下による窒素供給不足を指摘している¹⁾。このように、有機質肥料の窒素無機化速度は地温の影響を受けることから、主に春まき作型で行った本試験に比較して地温が高い作型では、有機質肥料の代替性はより向上すると考えられる。また、スイカ

における有機質肥料を使用した減化学肥料栽培では、有機質肥料の代替性に土壌窒素肥沃度が影響を及ぼすことが指摘されている5)。本試験の供試土壌は熱水抽出性窒素含量が4.7mg/100gであり、北海道施肥ガイドの区分における中庸な窒素肥沃度水準で実施されたものであるため、適応範囲は広いと考えられる。

3 マルチ栽培によるキャベツ、ハクサイの収量安定化
ハクサイの無マルチ・化学肥料区の規格内収量を100とした規格内収量および窒素吸収量、みかけの窒素利用率を表5に示す。白黒マルチ系列において有機100%区の規格内収量比は2001年、2002年で190、151とマルチによる顕著な増収効果が認められ、有機50%区も増収した。窒素吸収量はいずれの施肥区でも白黒マルチにより増加した。有機質肥料由来の窒素利用率は白黒マルチにより若干高まる傾向を示したが、硫安由来窒素利用率の52～55%に比べて40～44%と低かった。

キャベツの規格内収量、規格外収量、窒素吸収量を図3に示す。無マルチ・有機100%区の規格内収量は無マルチ・化学肥料区を下回り、窒素吸収量も少なかった。これに比較して白黒マルチ・有機100%区では規格内収量は無マルチ・化学肥料区とほぼ同水準の6 t/10a程度であった。有機100%区の窒素吸収量も白黒マルチにより増加し、無マルチ・化学肥料区と同程度の19kg/10aであった。

ハクサイ、キャベツにおいて無マルチ・化学肥料を基

準とした有機100%区の規格内収量比は、無マルチ系列では低かったが、マルチ系列では同等であった。また、無マルチ系列に比べてマルチ系列区では窒素吸収量が増加しており、生育中の土壌の無機態窒素含量はマルチ系列で多くなっていた(データ省略)。したがって、ダイコンと同様にマルチを使用することで、ハクサイ、キャベツにおいても有機質肥料による100%の窒素代替が可能と考えられる。

以上の結果から、各種露地野菜における有機質肥料の化学肥料窒素代替性と留意事項を表6にとりまとめた。

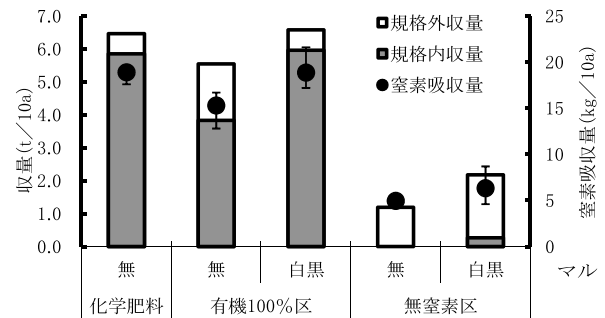


図2 キャベツの収量、窒素吸収量に対するマルチの効果
現地3圃場の平均値。エラーバーは最小、最大。

表5 ハクサイの規格内収量、窒素吸収に対するマルチの効果

年次	マルチ	規格内収量比 ¹		有機100%区		化学肥料区		無窒素区 窒素吸収量(D) (kg/10a)
		有機100%区	有機50%区	窒素吸収量(B) (kg/10a)	有機由来 ² 窒素利用率 (%)	窒素吸収量(B) (kg/10a)	硫安由来 ² 窒素利用率 (%)	
13	無	47	103	13.3	41	17.7	61	4.2
	白黒	190	155	16.1	44	17.8	52	6.5
14	無	123	83	11.7	40	13.2	46	3.0
	白黒	151	132	13.0	40	16.3	55	4.2

1 無マルチ・化学肥料区の規格内収量(13年:3.90、14年:3.91t/10a)を100とした指数。

2 みかけの有機(硫安)由来窒素利用率: (B-D) / (N施肥量) × 100

表6 各種露地野菜における有機質肥料の化学肥料窒素代替性

露地野菜	化学肥料窒素の代替性および留意点
キャベツ、ハクサイ、ブロッコリー	50%代替可能。ただし、マルチを使用するとキャベツ、はくさいでは100%代替。
スイートコーン	50%代替可能。ただし、1穂重を重視する場合は50%代替とする。
ダイコン	100%代替可能。マルチの使用を前提とする。
ニンジン	100%代替可能。生育が旺盛になりやすいので留意する。

評価の前提：化学肥料栽培の90%以上の収量水準を目標とする。魚かす、ナタネ油かす、ダイズ油かすおよびそれらを主体とする窒素無機化の速い有機質肥料を用いる。

謝辞 本稿のとりまとめに際し、北海道立総合研究機構中央農業試験場農業環境部長志賀弘行博士にご校閲をいただいた。示して謝意を表します。

引用文献

- 1) 井上恒久, 今川正弘, 西脇謙二, 白井一則. 稲わら堆肥連用鈹質畑土壌における露地野菜の養分吸収と無化学肥料栽培. 愛知県農業総合試験場研究報告. 28, 157-164 (1996)
- 2) 石井貴, 田中有子, 武井昌秀, 小山田勉. 露地野菜輪作畑輪作地帯における化学肥料代替施用技術について. 茨城県農業総合研究センター園芸研究所研究報告書. 11, 15-22 (2003)
- 3) 甲木哲也. 露地野菜栽培における土壌残存硝酸態窒素削減のための家畜ふん堆肥施用法. 日本土壌肥料学会雑誌. 74, 357-361
- 4) 北田敬宇, 高村幸英, 藤田和久. 露地野菜栽培における有機物を活用した持続的安定生産技術. 石川県農業総合研究センター研究報告. 20, 15-26 (1997)
- 5) 小宮山誠一, 赤司和隆, 山上良明, 熊谷秀行. スイカに対する各種有機質肥料の肥効評価. 日本土壌肥料学会雑誌. 68, 458-461 (1997)
- 6) 許斐健治, 中島靖之, 伊藤嘉明. 野菜に対する有機質肥料の施用効果, 第1報有機質肥料の窒素無機化パターン. 福岡県農業総合試験場研究報告B. 4, 63-66 (1984)
- 7) 許斐健治, 中島靖之, 伊藤嘉明. 野菜に対する有機質肥料の施用効果, 第2報タカナの生育・収量に及ぼす影響. 福岡県農業総合試験場研究報告B. 4, 67-72 (1984)
- 8) 松本真吾. 土壌の可給態窒素の実態と作物によるその特異的吸収. 島根県農業試験場研究報告. 34, 1-46 (2003)
- 9) 小野寺政行. 露地野菜に対する収量と環境保全からみた堆肥の施用限界量. 今月の農業. 44(11), 84-88 (2000)
- 10) 山形真人, 阿江教治, 大谷卓. 作物の生育反応に及ぼす有機態窒素の効果. 日本土壌肥料学雑誌. 4, 345-353 (1996)

Substitution capability of organic fertilizer for chemical nitrogen on the selected vegetables grown under open field

Hiroshi NAKAMOTO*¹

Summary

Suitability of the selected vegetables for nitrogen application mainly (over 50%) based on organic fertilizers were compared in open field.

Under the conditions where all of nitrogen was applied by organic fertilizers, the marketable leaf yield of cabbage with treatment of fish meal and rapeseed meal were higher than that of poultry manure and rice bran. The order of the marketable yield reflected the nitrogen mineralization rates of organic fertilizers.

Then, the marketable yield ratios of organic fertilizer treatments (50% or 100% of nitrogen were applied by organic fertilizer mainly consists of fish meal) to chemical fertilizer treatments were examined using carrot, Japanese radish, cabbage, Chinese cabbage and broccoli.

Carrot and Japanese radish were able to attain the yield target (90% of chemical fertilizer treatments) even applying all of nitrogen as organic fertilizers, while cabbage, Chinese cabbage and broccoli required 50% of nitrogen from chemical fertilizer to attain the yield target. Under plastic film mulch condition, cabbage and Chinese cabbage were able to attain yield target by 100% organic fertilizer nitrogen.

*¹ Hokkaido Research Organization Central Agriculture Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-1395 Japan (Present; Kamikawa Agriculture Experiment Station, Pippu, Hokkaido, 078-0397 Japan)
E-mail: nakamoto-hiroshi@hro.or.jp