

コカブの作型別窒素吸収特性と窒素施肥法

斉藤 研二・安藤 利夫*・八槇 敦

キーワード：コカブ、窒素吸収特性、窒素、施肥量、施肥窒素利用率

I 緒 言

カブは全国各地で栽培されており、それぞれの地域で地方品種が存在する。千葉県で栽培されているカブは西洋系の金町コカブであり、作付面積は1,230haである(関東農政局千葉統計・情報センター、2005)。千葉県においてコカブは主要な露地野菜の一つであり、東葛飾及び香取地域を中心に周年栽培が行われている。窒素施肥量は、作型によって異なり3~25kg/10a(千葉県、1994)であるが、窒素施肥量を合理的に求めた試験事例及び報告はみあたらない。

一方、1999年に公共用水域の環境基準項目に硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素が追加され、農耕地に施肥される窒素肥料がその汚染源の一つとして指摘されている(熊澤、1999)。露地野菜は麦や落花生などの普通畑作物より窒素施肥量が多く、農耕地に残存した余剰な窒素肥料は、地下水の硝酸態窒素濃度を高める危険性がある。

農作物の施肥量は、目標収量を得るために必要な養分量から養分の天然供給量を差し引き、それを肥料養分の利用率で除することで求めることができる(村山、1984)。これを露地野菜の窒素施肥量にあてはめると、目標収量を得るために必要な養分量は「目標収量に対応した収穫期の窒素吸収量」、養分の天然供給量は「無窒素区の窒素吸収量」、肥料養分の利用率は「施肥窒素利用率」となり、これらから窒素施肥量を求めることができる。さらに、播種から収穫期までの窒素吸収量の推移を把握することによって、適切な肥料の種類や施肥体系を判断することができる。

そこで、本試験ではコカブを対象に以上の窒素吸収特性を作型別に調査し、これらと実際の総収量から適正な窒素施肥法を明らかにすることを目的とした。また、適正な窒素施肥量とコカブの窒素吸収量から窒素収支を試算し、地下水の硝酸態窒素汚染の可能性について検討を行った。

本試験は、緊急技術開発促進事業「主要露地野菜の安定生産のための窒素施用法の確立」で行ったものである。本事業を実施するにあたり、当センター甲田暢男次長には多大な御尽力を頂いた。ここに記して厚く感謝を申し上げる。

II 材料及び方法

1. 試験の構成及びコカブの栽培概要

試験は、1999年から2002年に千葉県佐原市(現香取市)の千葉県農業試験場北総営農指導所畑作営農研究室(現千葉県農業総合研究センター北総園芸研究所畑作園芸研究室)の露地畑圃場(表層腐植質黒ボク土)で行った。

作型は、春どり栽培、夏どり栽培、秋どり栽培及びトンネル冬どり栽培の4作型とし、栽培概要は第1表のとおりである。

各作型とも、1994年3月に策定された千葉県主要農作物等施肥基準(千葉県、1994)の窒素施肥量を全面全層施肥した試験区を標準区とし、無窒素区と併せて各年次の共通試験区とした。ただし、トンネル冬どり栽培における施肥基準(千葉県、1994)の窒素施肥量は10月播種が18kg/10a、1月播種が25kg/10aであったため、標準区の窒素施肥量は24kg/10aとした。標準区の作型別の施肥量(窒素-リン酸-加里)は、春どり栽培が12-25-15kg/10a、夏どり栽培が3-12-12kg/10a、秋どり栽培が12-25-15kg/10a、トンネル冬どり栽培が24-30-30kg/10aとした。供試肥料はトンネル冬どり栽培がCDU-S555(窒素15%-リン酸15%-加里15%)、その他の作型は化成8号(窒素8%-リン酸8%-加里8%)を用いた。

標準区及び無窒素区の他に窒素施肥量、施用方法及び肥料の種類異なる数試験区を設定し、全試験区とも2反復とした。標準区を除く各試験区のリン酸及び加里の施肥量は、標準区と同量になるように、過リン酸石灰及び硫酸加里を施用した。施肥は播種の1~7日前に行った。なお、堆肥はすべての作型で無施用とした。

2006年9月20日受理

*現 千葉県印旛農林振興センター

第1表 コカブの耕種概要

作型	品種	播種 (月/日)	栽植密度 (株/10a)	生育日数 (日)	前作			
					1999年	2000年	2001年	2002年
春どり	白根(トーホク)	4/14~4/20	29,630	42~45	スイートコーン	ショウガ ^o	ショウガ ^o	ウコン
夏どり	白根(トーホク)	7/19~7/28	22,222	35~42	スイートコーン	ネ ^o	ネ ^o	ウコン
秋どり	白涼(トーホク)	9/24~9/28	29,630	54~66	スイカ	ネ ^o	ネ ^o	ギニアグラス
トンネル冬どり	白涼(トーホク)	11/20~11/28	29,630	94~105	ショウガ ^o	サトイ ^o	カンショ	ギニアグラス

注1) 各作型ともベッド幅は120cm、通路幅は60cmとした。夏どり栽培は1ベッド当たり6条、株間15cm、条間17cmとした。

夏どり栽培を除いた各作型は、1ベッド当たり8条、株間15cm、条間15cmとした。

注2) トンネル冬どり栽培では、PO系フィルムを外張りに、長繊維不織布(商品名:バスマイト(製造元ユニチカ))を内張りとする二重トンネルとし1月下旬から換気を開始した。トンネル冬どり栽培を除いた作型では、播種直後から防虫を目的とした割繊維不織布(商品名:ワリフ(製造元新日石プラスト))をトンネル被覆した。

2. コカブの収量

各作型とも、標準区の収穫適期に合わせて全試験区の収穫を行った。コカブは地上部と地下部が付いた形で出荷されるため、地上部及び地下部の新鮮重の合計を総収量とした。出荷規格(千葉県、1999)に基づき、外観品質が劣ったり地下部の直径が3.5cmに達しない個体を除いた重量を可販収量とした。

目標収量に対応した収穫期の窒素吸収量を求める際は、総収量を用いることとした。これは、可販収量を用いると外観品質が劣った個体や小さな個体が除外されているため、生産した全体の重量が反映されないためである。作型別の目標総収量は、主要産地の農業改良普及センター(現農林振興センター)に対する、地域の収量水準及び農家経営についての聞き取り調査により設定した。

3. コカブの全重及び窒素吸収量

コカブの生育期間中及び収穫期に植物体を採取し、水洗後に地上部と地下部に分けて新鮮重を測定し、その合計を全重とした。70℃で48時間乾燥した後乾物重を測定し、0.5mmメッシュで粉砕した試料を窒素分析に供した。試料の窒素含有率は乾式燃焼法(住化分析センター社製NC-900)で測定した。乾物率と窒素含有率から部位別の新鮮物当たり窒素含有率を、乾物重及び窒素含有率から部位別の窒素吸収量を算出した。地上部と地下部の窒素吸収量の合計を窒素吸収量とした。

4. 土壌の採取及び分析

施肥前及び収穫期に土壌を試験区ごとにホールオーガ(大起理化学工業社製)を用いて、地表面から90cmまで15cmごとに採取した。生土20gに純水90mLを加えて30分振とう後、No6ろ紙を用いてろ過し、フローインジェクション分析装置(日立製作所製K-1000形)を用いて、ろ液に含まれる硝酸態窒素を銅・カドミウム還元-ナフチルエチレンジアミン法で定量した(土壌環境分析法編集委員会編、1997)。ろ液中の硝酸態窒素濃度と含水率が

ら乾土当たりの硝酸態窒素含量を求めた。

可給態窒素含量は、土壌を風乾後に最大容水量の60%になるように水を添加した後に30℃で28日間培養し、増加した無機態窒素量とした。無機態窒素の定量については、硝酸態窒素は前出の方法で測定し、アンモニア態窒素はインドフェノール青吸光度法で定量した(土壌環境分析法編集委員会編、1997)。

III 結 果

1. 作型別の総収量

各作型の総収量を第2表~第5表に示した。

春どり栽培における標準区の総収量は、概ね目標総収量の3,900kg/10aを上回り、4か年の平均で4,377kg/10a、総収量に占める可販収量の割合(以下可販率とする)は94%であった(データ省略)。N75%全面全層区の総収量は標準区に対する指数で98~99%であり、標準区並みの総収量であった。ベッド部施肥とした場合、窒素施肥量を標準区の42%まで減肥しても、標準区並みの総収量が得られた。

夏どり栽培における標準区の総収量は、1999年を除き目標総収量の2,800kg/10a以上であり、4か年の平均で3,261kg/10a、可販率は89%であった。ベッド部施肥とした場合、総収量は標準区よりやや劣った。

秋どり栽培における標準区の総収量は、2001年を除き目標総収量の3,900kg/10a以上であり、4か年の平均で3,944kg/10a、可販率は93%であった。2001年における低収の原因は、播種直後の大雨による生育のバラツキであった。N75%全面全層区の総収量は標準区に対する指数で93~104%であり、標準区並みの総収量であった。ベッド部施肥とした場合、窒素施肥量を標準区の50%まで減肥しても、標準区並みの総収量であった。

トンネル冬どり栽培における標準区の総収量は、2000年を除き目標総収量の3,900kg/10a以上であり、4か年の平均で4,152kg/10a、可販率は93%であった。N50%

CDU全面全層施肥区及びN75%CDU全面全層施肥区の総収量は標準区に対する指数で96~114%であり、標準区並みであった。肥効調節型肥料のロング424(180日タイプ)を基肥窒素の全量または一部に用いた場合、総収量は標準区の87~92%と少なかった。これらの試験区では生育前半の地上部生育が標準区より劣った。

各作型における窒素施肥量と総収量の関係は、無窒素区のみが窒素施肥した試験区より総収量が低かったものの、窒素施肥区の中では総収量に大きな差はみられなかった。

コカブの場合、地下部の裂根やす入りが収穫物の品質を低下させる。裂根の発生程度は、春どり栽培及び夏どり栽培において窒素施肥量が多いほど多い傾向がみられたが、他の作型ではその傾向は明瞭ではなかった。す入りは、年次や試験区によって発生程度は異なったが、窒素施肥量との関係は不明であった。

2. 全重及び窒素吸収量の推移

各作型の標準区における全重の推移を第1図に示した。また、適切な肥料の種類や施肥体系を判断するために、窒素吸収量の推移を第2図に示した。全重及び窒素吸収量の推移はほぼ同様であり、春どり栽培、夏どり栽培及び秋どり栽培では、播種後20日頃まで緩やかに増加し、その後収穫期まで急激に増加した。播種後20日以降の全重及び窒素吸収量の増加速度は、夏どり栽培及び春どり栽培が秋どり栽培より速かった。トンネル冬どり栽培では、全重及び窒素吸収量の増加は播種後50日頃まで緩慢で、その後収穫期まで急激に増加し、その増加速度は他の作型より遅かった。

3. 目標総収量に対応した収穫期の窒素吸収量

目標総収量に対応した収穫期の窒素吸収量を求めるために、窒素吸収量と総収量の関係を、作型別に第3図~第6図に示した。春どり栽培及び秋どり栽培では窒素吸収量の増加にともなって総収量が増加したが、夏どり栽培では窒素吸収量の増加にともなう総収量の増加はみられなかった。トンネル冬どり栽培では、窒素吸収量が10kg/10a程度までは、窒素吸収量の増加にともなう総収量の増加がみられた。また、各作型とも、窒素吸収量が同じでも総収量は年次によって異なった。

このように、同一の作型でも同じ窒素吸収量に対する総収量が年次によって異なったため、目標総収量に対する窒素吸収量も年次によって異なった。春どり栽培の場合、目標総収量3,900kg/10aに対応した収穫期の窒素吸収量は、2001年の5kg/10aから1999年の10kg/10aまでの幅があった。同様にこのような年次間差を考慮すると、

第2表 コカブの春どり栽培における総収量

試験区	基肥窒素 施肥量 (kg/10a)	総収量(kg/10a)				
		1999年	2000年	2001年	2002年	平均
無窒素	0.0	61	<u>92</u>	70	78	76
N42% ベッド部施肥	5.0			<u>101</u>		
N50% 全面全層施肥	6.0	89				
N50% ベッド部施肥	6.0		<u>100</u>	<u>106</u>		
N60% 全面全層施肥	7.2				94	
N67% ベッド部施肥	8.0		<u>102</u>			
N75% 全面全層施肥	9.0	98	99	99	99	99
標準 N100%	12.0	3,874	<u>4,912</u>	<u>4,586</u>	<u>4,136</u>	<u>4,377</u>
N125%	15.0	100				

注1) 下線は目標総収量3,900kg/10aを超えたものを示す。

注2) 標準区を除く総収量は、標準区を100とした指数である。

第3表 コカブの夏どり栽培における総収量

試験区	基肥窒素 施肥量 (kg/10a)	総収量(kg/10a)				
		1999年	2000年	2001年	2002年	平均
無窒素	0.0	86	<u>92</u>	<u>98</u>	<u>98</u>	94
N33% ベッド部施肥	1.0		<u>94</u>			
N50% 全面全層施肥	1.5	85	<u>94</u>		<u>105</u>	
N50% ベッド部施肥	1.5			<u>97</u>		
N67% ベッド部施肥	2.0		<u>88</u>	<u>88</u>		
N75% 全面全層施肥	2.25			<u>95</u>	<u>107</u>	
標準 N100%	3.0	2,645	<u>3,908</u>	<u>3,037</u>	<u>3,454</u>	<u>3,261</u>
N200%	6.0	101				
N300%	9.0	98				

注1) 下線は目標総収量2,800kg/10aを超えたものを示す。

注2) 標準区を除く総収量は、標準区を100とした指数である。

第4表 コカブの秋どり栽培における総収量

試験区	基肥窒素 施肥量 (kg/10a)	総収量(kg/10a)				
		1999年	2000年	2001年	2002年	平均
無窒素	0.0	<u>104</u>	88	71	86	88
N50% 全面全層施肥	6.0	96				
N50% ベッド部施肥	6.0		<u>93</u>	98		
N67% ベッド部施肥	8.0		<u>97</u>	98		
N75% 全面全層施肥	9.0	<u>104</u>	<u>96</u>	93	<u>97</u>	<u>98</u>
N90% 全面全層施肥	10.8				<u>97</u>	
標準 N100%	12.0	<u>3,984</u>	<u>4,267</u>	3,131	<u>4,392</u>	<u>3,944</u>
N125%	15.0	99				

注1) 下線は目標総収量3,900kg/10aを超えたものを示す。

注2) 標準区を除く総収量は、標準区を100とした指数である。

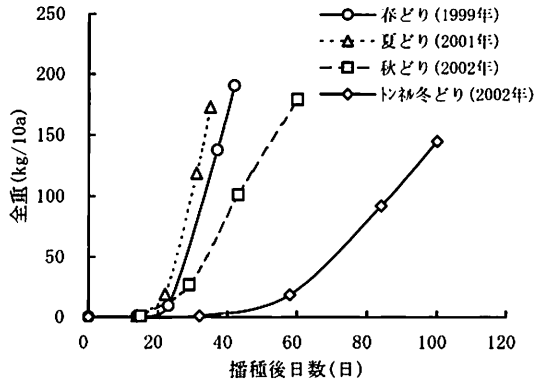
第5表 コカブのトンネル冬どり栽培における総収量

試験区	基肥窒素 施肥量 (kg/10a)	総収量(kg/10a)				
		1999年	2000年	2001年	2002年	平均
無窒素	0.0	<u>106</u>	76	<u>101</u>	84	93
N33% CDUベッド部施肥	8.0		92			
N50% ロング全面全層施肥	12.0		87			
N50% CDU:ロング=1:1 全面全層施肥	12.0			92		
N50% CDU:ロング=1:2 全面全層施肥	12.0			91		
N50% CDU全面全層施肥	12.0	<u>114</u>	109	<u>101</u>	<u>102</u>	<u>107</u>
N75% CDU全面全層施肥	18.0	<u>96</u>			<u>98</u>	
標準 N100%	24.0	<u>4,591</u>	3,526	<u>4,205</u>	<u>4,287</u>	<u>4,152</u>
N125%	30.0	<u>100</u>				

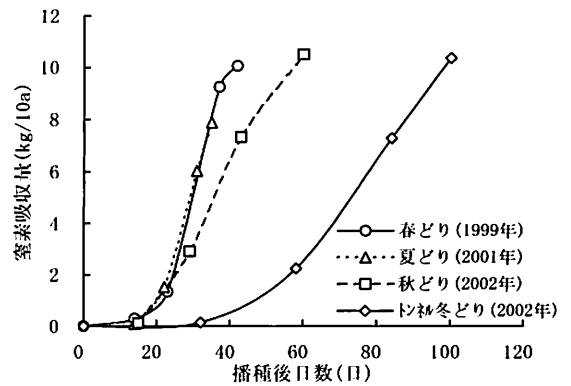
注1) CDUはCDU化成(15-15-15)、ロングはロング424(180日タイプ)(14-12-14)を示す。

注2) 下線は目標総収量3,900kg/10aを超えたものを示す。

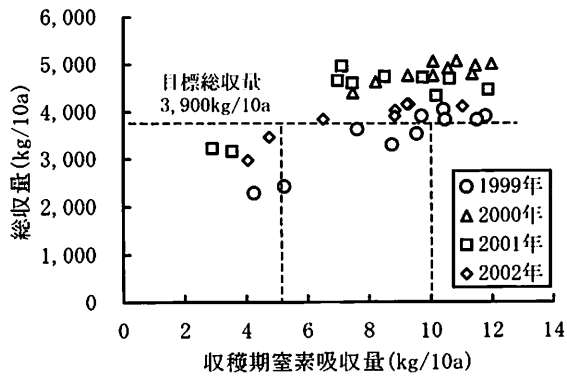
注3) 標準区を除く総収量は、標準区を100とした指数である。



第1図 コカブの標準区における作型別の全重の推移

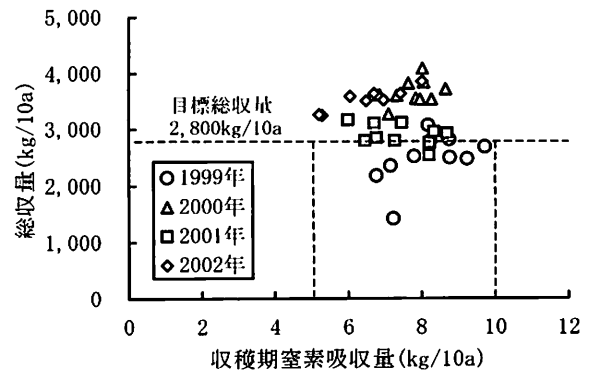


第2図 コカブの標準区における作型別の窒素吸収量の推移



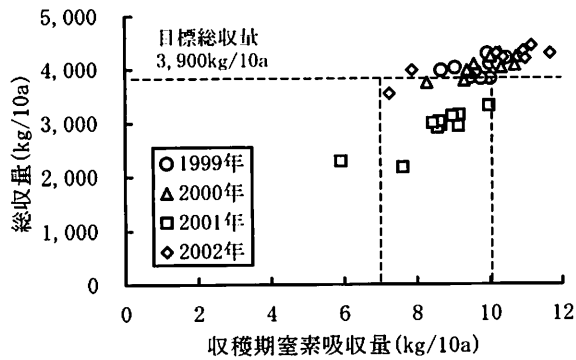
第3図 コカブの春どり栽培における窒素吸収量と総収量の関係

注) 各プロットは、各試験区の平均値ではなく反復のデータを示す。



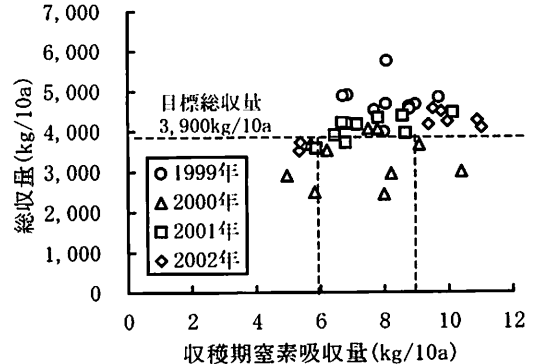
第4図 コカブの夏どり栽培における窒素吸収量と総収量の関係

注) 第3図の注) に同じ。



第5図 コカブの秋どり栽培における窒素吸収量と総収量の関係

注) 第3図の注) に同じ。



第6図 コカブのトンネル冬どり栽培における窒素吸収量と総収量の関係

注) 第3図の注) に同じ。

目標総収量3,900kg/10aに対応した収穫期の窒素吸収量は、秋どり栽培が7～10kg/10a、トンネル冬どり栽培が6～9 kg/10aと見込まれた。夏どり栽培では窒素吸収量

と総収量の間には明確な関係はみられなかったが、目標総収量2,800kg/10aに対応した窒素吸収量は5～10kg/10aの範囲とみられた。

4. 無窒素区の窒素吸収量

無窒素区の窒素吸収量は4か年の平均で、春どり栽培が5.6kg/10a、夏どり栽培が6.9kg/10a、秋どり栽培が8.1kg/10a、トンネル冬どり栽培が6.2kg/10aであった(第6表～第9表)。

5. 施肥窒素利用率

各作型の施肥窒素利用率を第6表～第9表に示した。標準区における施肥窒素利用率は、春どり栽培が31.8～66.8% (平均48%)、夏どり栽培が6.7～51.0% (平均29%)、秋どり栽培が0.2～29.1% (平均16%)、トンネル冬どり栽培が6.5～21.0% (平均13%)であり、作型が同一でも年次によって15～44ポイント異なった。標準区における施肥窒素利用率は作型によって異なり、春どり栽培に比べて、夏どり栽培、秋どり栽培及びトンネル冬どり栽培は低かった。

標準区に比べて窒素施肥量の少ない試験区では、標準区よりも施肥窒素利用率が向上し、施肥窒素利用率の4か年の平均では、春どり栽培N75%全面全層施肥区が54%、秋どり栽培N75%全面全層区が20%、トンネル冬どり栽培N50% CDU全面全層施肥区が19%であり、各作型とも4～6ポイント上昇した。

6. 作型別の施肥前及び収穫期の土壤中硝酸態窒素含量並びに施肥前土壤の可給態窒素含量

作型別の施肥前及び収穫期の土壤中硝酸態窒素含量を第7図～第10図に示した。施肥前の土壤中硝酸態含量は、前作及び休閑期間の降水量の影響をうけ、作型による差よりも年次による差が大きかった。特に秋どり栽培では、深さ0～15cmの硝酸態窒素含量が、スイカが前作であった1999年は5mg/100g乾土以上と多く、ギニアグラスが前作であった2002年は0.5mg/100g乾土と少なかった。

収穫期の土壤中硝酸態窒素含量は、各作型とも施肥前の土壤中硝酸態窒素含量が多い場合には、窒素施肥した試験区が無窒素区より多く、窒素施肥の影響がみられた。しかし、施肥前の土壤中硝酸態窒素含量が少ない場合には、窒素施肥した試験区、無窒素区とも硝酸態窒素含量は1mg/100g乾土以下と少なかった。ただし、トンネル冬どり栽培の標準区では、施肥前の土壤中硝酸態窒素含量が0.5mg/100g乾土以下と少ない場合でも、収穫期の深さ0～15cmの硝酸態窒素含量は2mg/100g乾土以上と多く、施肥窒素の影響がみられた。

施肥前土壤の深さ0～15cmにおける可給態窒素含量を第10表に示した。各作型、各年次の可給態窒素含量は1.3～5.2mg/100g風乾土であり、県内黒ボク土野菜畑における調査結果の1～8mg/100g風乾土(千葉農試、

第6表 コカブの春どり栽培における施肥窒素利用率及び無窒素区の窒素吸収量

試験区	基肥窒素 施肥量 (kg/10a)	施肥窒素利用率 (%) (無窒素区の窒素吸収量(kg/10a))					
		1999年	2000年	2001年	2002年	平均	
無窒素	0.0	(4.8)	(7.8)	(3.2)	(6.4)	(5.6)	
N42%	ベッド部施肥	5.0		80.0			
N50%	全面全層施肥	6.0	57.0				
N50%	ベッド部施肥	6.0		30.3	76.3		
N60%	全面全層施肥	7.2			45.3		
N67%	ベッド部施肥	8.0		35.8			
N75%	全面全層施肥	9.0	58.0	32.4	74.8	51.4	
標準	N100%	全面全層施肥	12.0	44.3	31.8	66.8	48.0
N125%	全面全層施肥	15.0	45.9				

注1) ()内の数字は無窒素区の窒素吸収量(kg/10a)である。

注2) 施肥窒素利用率 (%)

$$= (\text{試験区の窒素吸収量} - \text{無窒素区の窒素吸収量}) \div \text{基肥窒素施肥量} \times 100$$

第7表 コカブの夏どり栽培における施肥窒素利用率及び無窒素区の窒素吸収量

試験区	基肥窒素 施肥量 (kg/10a)	施肥窒素利用率 (%) (無窒素区の窒素吸収量(kg/10a))					
		1999年	2000年	2001年	2002年	平均	
無窒素	0.0	(7.0)	(7.4)	(7.1)	(6.1)	(6.9)	
N33%	ベッド部施肥	1.0	61.0				
N50%	全面全層施肥	1.5	49.3	44.0		17.3	
N50%	ベッド部施肥	1.5		0.0			
N67%	ベッド部施肥	2.0		0.0	11.5		
N75%	全面全層施肥	2.25			28.0	50.2	
標準	N100%	全面全層施肥	3.0	51.0	33.0	26.7	6.7
N200%	全面全層施肥	6.0	21.8				
N300%	全面全層施肥	9.0	27.9				

注) 第6表の注1)、注2)に同じ。

第8表 コカブの秋どり栽培における施肥窒素利用率及び無窒素区の窒素吸収量

試験区	基肥窒素 施肥量 (kg/10a)	施肥窒素利用率 (%) (無窒素区の窒素吸収量(kg/10a))					
		1999年	2000年	2001年	2002年	平均	
無窒素	0.0	(9.3)	(8.8)	(6.8)	(7.6)	(8.1)	
N50%	全面全層施肥	6.0	9.8				
N50%	ベッド部施肥	6.0		10.7	32.2		
N67%	ベッド部施肥	8.0		17.5	26.5		
N75%	全面全層施肥	9.0	10.3	15.0	23.1	30.3	
N90%	全面全層施肥	10.8				34.9	
標準	N100%	全面全層施肥	12.0	0.2	14.4	21.3	29.1
N125%	全面全層施肥	15.0	3.7				

注) 第6表の注1)、注2)に同じ。

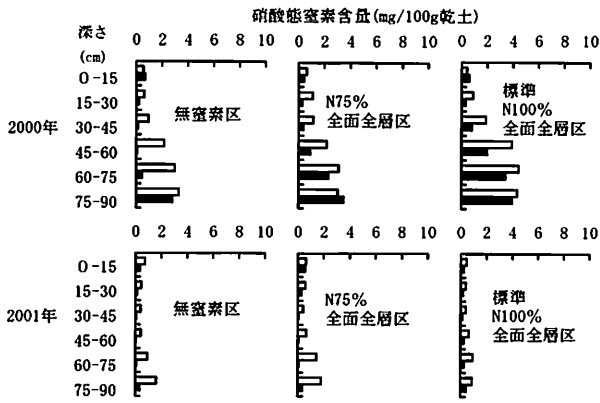
第9表 コカブのトンネル冬どり栽培における施肥窒素利用率及び無窒素区の窒素吸収量

試験区	基肥窒素 施肥量 (kg/10a)	施肥窒素利用率 (%) (無窒素区の窒素吸収量(kg/10a))					
		1999年	2000年	2001年	2002年	平均	
無窒素	0.0	(6.8)	(5.4)	(7.3)	(5.4)	(6.2)	
N33%	CDUベッド部施肥	8.0	22.6				
N50%	ロング全面全層施肥	12.0	12.1				
N50%	CDU:ロング=1:1 全面全層施肥	12.0		0.0			
N50%	CDU:ロング=1:2 全面全層施肥	12.0		0.0			
N50%	CDU全面全層施肥	12.0	10.7	24.1	4.7	36.5	
N75%	CDU全面全層施肥	18.0	11.4			26.4	
標準	N100%	CDU全面全層施肥	24.0	6.5	15.4	8.8	21.0
N125%	CDU全面全層施肥	30.0	6.7				

注1) CDUはCDU化成(15-15-15)、ロングはロング424(180日タイプ)(14-12-14)を示す。

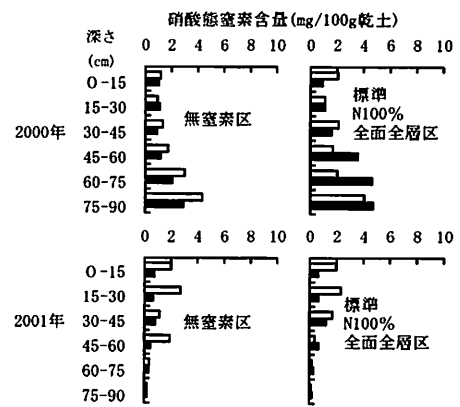
注2) 第6表の注1)、注2)に同じ。

2001)の範囲内であった。



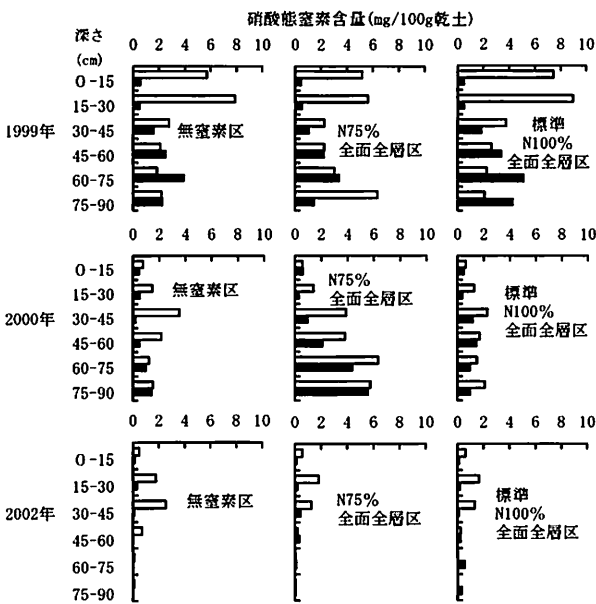
第7図 コカブの春どり栽培における施肥前及び収穫期の土壌中硝酸態窒素含量

注) 白抜きが施肥前、黒が収穫期を示す。



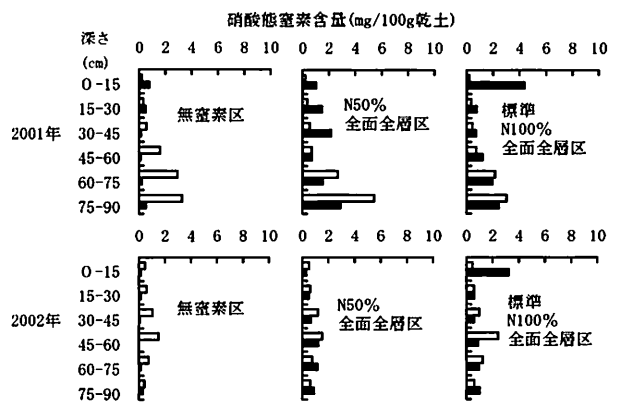
第8図 コカブの夏どり栽培における施肥前及び収穫期の土壌中硝酸態窒素含量

注) 白抜きが施肥前、黒が収穫期を示す。



第9図 コカブの秋どり栽培における施肥前及び収穫期の土壌中硝酸態窒素含量

注) 白抜きが施肥前、黒が収穫期を示す。



第10図 コカブのトンネル冬どり栽培における施肥前及び収穫期の土壌中硝酸態窒素含量

注) 白抜きが施肥前、黒が収穫期を示す。

第10表 コカブ施肥前土壌の深さ0～15cmにおける可給態窒素含量

作型	(mg/100g風乾土)			
	1999年	2000年	2001年	2002年
春どり	3.0	5.2	2.6	1.7
夏どり	2.5	2.6	1.3	1.4
秋どり	1.8	2.3	1.8	2.2
トンネル冬どり	2.3	2.1	1.9	1.7

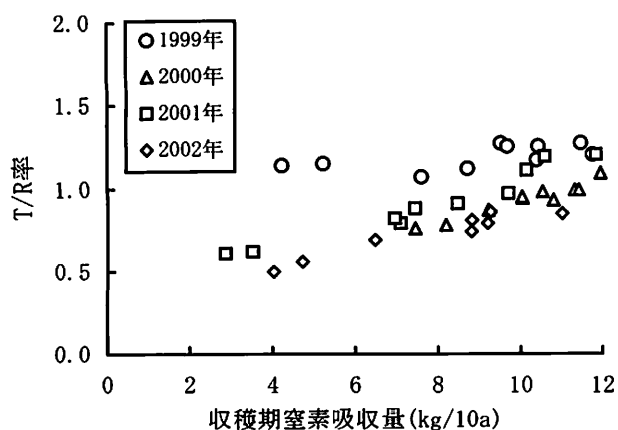
IV 考 察

本試験では村山 (1984) の考え方に基づき、目標総収量に対応した収穫期の窒素吸収量、無窒素区の窒素吸収量、施肥窒素利用率といった窒素吸収特性から、窒素施肥量を求めようとした。また、杉山 (1966) も野菜について同様の考え方を示し、主要産地において施肥試験に取り組む必要性を述べている。事実、そのような問題意識のもとに、1960年頃から野菜について各地で精力的な施肥試験が行われ、養分吸収特性が取りまとめられた (杉山ら、1966)。

1. コカブの窒素吸収特性

コカブの窒素吸収特性に関して、今回の試験結果と既往の報告を比較すると以下のとおりである。

小川・酒井 (1986) の報告では、5月21日に播種し、窒素を20kg/10a施肥した場合、コカブの地下部新鮮重は1,000kg/10a、窒素吸収量は6.6kg/10a、施肥窒素利用率は30.4%であった。地下部新鮮重の2倍を総収量とみれば、総収量は2,000kg/10a程度である。小川・酒井 (1986) の報告と播種期が最も近い作型は、今回の試験では春どり栽培であり、窒素吸収量と総収量の関係は1999年の結



第11図 コカブの春どり栽培における窒素吸収量とT/R率の関係

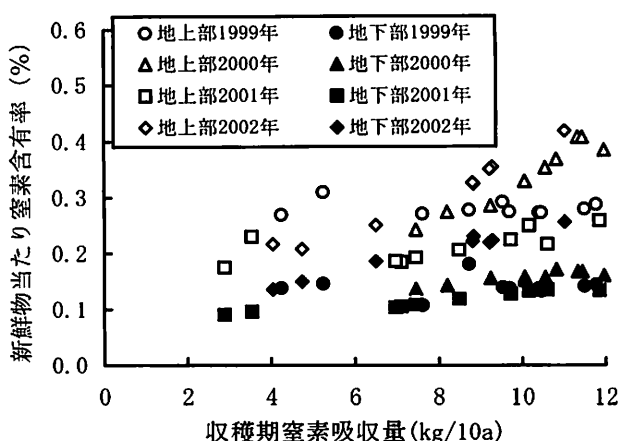
注) T/R率=地上部新鮮重÷地下部新鮮重

果と合致する(第3図)。春どり栽培の施肥窒素利用率は、窒素施肥量12kg/10a(標準区)の場合48%で、小川・酒井(1986)の報告より高い。一般的に施肥窒素利用率は減肥により向上するといわれており、今回の試験結果も同様であったことから、施肥窒素利用率が小川・酒井(1986)の報告より高かった理由は、窒素施肥量の違いによるものと考えられる。小川・酒井(1986)の報告には無窒素区の窒素吸収量が示されていないが、施肥窒素利用率等から計算すると0.5kg/10aであり、春どり栽培の無窒素区窒素吸収量の5.6kg/10aと比較すると、はるかに少ない。この差は、土壌の窒素肥沃度の差によるものと考えられる。今回の試験の中でも秋どり栽培の場合、1999年は施肥前の土壌中硝酸態窒素含量が他年次より多く、無窒素区の窒素吸収量も9.3kg/10aと他年次より多かった。

今回の試験の窒素吸収量と総収量の関係において、窒素吸収量が同じでも総収量が他の年次より少ない事例が、春どり栽培及び夏どり栽培では1999年、秋どり栽培では2001年、トンネル冬どり栽培では2000年にみられた。これは、地上部新鮮重に対する地下部新鮮重の比率(以下T/R率とする)が、他年次より高かったことによるものと考えられる。

春どり栽培を例にすると、T/R率は第11図に示したように、1999年が1.1~1.3であり、他年次の0.5~1.2より高かった。他方、新鮮物当たり窒素含有率は第12図に示したように地上部が0.18~0.42%であり、地下部の0.09~0.26%より高かった。T/R率が高い、すなわち新鮮物当たりの窒素含有率の高い地上部の割合が多く、かつ窒素吸収量が同じであれば、総収量は低くなると考えられた。このことは、他の作型でも同様と考えられた。

夏どり栽培では、窒素吸収量と総収量間に明確な関係がみられなかった(第4図)。その理由の一つとして、



第12図 コカブの春どり栽培における窒素吸収量と地上部及び地下部の窒素含有率の関係

試験区に設定した窒素施肥量の設定幅が他作型では15kg/10a以上であったのに対して9kg/10aと少なかったことが考えられる。その結果、窒素吸収量の幅が各年次で3kg/10a以下、4か年全体でも4.4kg/10aと小さく、窒素吸収量の増加にともなう収量の増加が明確でなかったと推察される。さらに、前述したように窒素吸収量が同じでも総収量が他の年次より少ない1999年のデータも含まれているため、4か年全体でみた場合に窒素吸収量と総収量との関係が明確ではなかったと考えられる。

2. 窒素吸収特性及び総収量からみた作型別の適正な窒素施肥量

コカブの作型別の窒素施肥量を求めることを目的として、前述したように窒素吸収特性を調査した。これらの調査結果に基づき計算した窒素施肥量を第11表に示した。

前述したように、各作型とも目標総収量に対応した収穫期の窒素吸収量は年次によって異なったが、いずれの年次でも目標総収量を安定して確保できる点を考慮して、計算にはその最大値を用いた。無窒素区の窒素吸収量及び施肥窒素利用率は4か年の平均値を用いた。なお、夏どり栽培では目標総収量に対応した収穫期の窒素吸収量が明確ではなかったため、計算は行わなかった。

窒素吸収特性から計算した窒素施肥量は、春どり栽培が8.1kg/10a、秋どり栽培が9.5kg/10a、トンネル冬どり栽培が14.7kg/10aであった。一方、総収量でみると、春どり栽培では窒素施肥量9kg/10a(N75%全面全層区)、秋どり栽培では同9kg/10a(N75%全面全層施肥区)、トンネル冬どり栽培では同12kg/10a(N50%CDU全面全層施肥区)で、概ね目標総収量が確保できた。

窒素吸収特性から計算した窒素施肥量と総収量からみた窒素施肥量は、春どり栽培及び秋どり栽培ではほぼ等

第11表 コカブの窒素吸収特性から計算した窒素施肥量及び総収量からみた適正な窒素施肥量

作型	目標総収量に 対応した収穫期の 窒素吸収量 ¹⁾	無窒素区の 窒素吸収量 ²⁾	施肥窒素 利用率 ³⁾	窒素吸収特性 から計算した 窒素施肥量	総収量からみた 窒素施肥量 ⁴⁾	適正な窒素施肥量
	(kg/10a)	(kg/10a)	(%)	$(a - b) \div c \times 100$	(kg/10a)	(kg/10a)
	a	b	c			
春どり	10	5.6	54	8.1	9	9
夏どり	—	—	—	—	3	3
秋どり	10	8.1	20	9.5	9	9
トンネル冬どり	9	6.2	19	14.7	12	12

注1) 目標総収量に対応した収穫期の窒素吸収量の最大値 (第3図、第5図及び第6図)。

注2) 第4か年の平均値 (第6表、第8表及び第9表)。

注3) 施肥窒素利用率が標準区より向上した、春どり栽培N75%全面全層施肥区(第6表)、秋どり栽培N75%全面全層区(第8表)、トンネル冬どり栽培N50%CDU全面全層施肥区(第9表)の4か年の平均値。

注4) 目標総収量が概ね確保できた試験区の窒素施肥量 (第2表~第5表)。

しかつが、トンネル冬どり栽培では前者が後者より2.7kg/10a多かった。その理由として、目標総収量に対応した収穫期の窒素吸収量を9kg/10aとしたことが過大であったと考えられる。前述したように窒素吸収量が同じでも総収量は年次によって異なり、窒素吸収量の最大値の9kg/10aは2000年の結果から求めた。しかし、2000年は他の年次と比べて窒素吸収量及び総収量ともにバラツキが大きく、目標総収量に対応した窒素吸収量を過大に見込んでしまったものと推察される。

春どり栽培、秋どり栽培及びトンネル冬どり栽培における適正な窒素施肥量は、標準区並みの総収量が得られた試験区における窒素施肥量が適当であると考えられた。これは、概ね目標総収量が確保されていることと、トンネル冬どり栽培ではやや差が大きかったものの窒素吸収特性の面から裏付けられているからである。

以上のことから、適正な窒素施肥量は、春どり栽培が9kg/10a、秋どり栽培が9kg/10a、トンネル冬どり栽培が12kg/10aと考えられた。また、夏どり栽培では、目標総収量の確保及び後述する窒素収支から判断して、窒素施肥量3kg/10a(標準区)が適正と考えられた。

適正な窒素施肥量は作型によって異なり、生育期間の気温が高い作型では少なく、気温が低い作型では多かった。主要農作物等施肥基準(千葉県、1994)における他の根菜類及び葉菜類の窒素施肥量も同様な傾向であった。コカブについて窒素吸収特性の面からその要因をみると、トンネル冬どり栽培の場合は施肥窒素利用率が春どり栽培より低いことが窒素施肥量の多い要因となっていた。夏どり栽培については、窒素吸収量と総収量の間に関係はみられなかったものの、目標総収量が2,800kg/10aと他の作型に比べて少ないために、目標総収量に対応した収穫期の窒素吸収量が少なく、その結果適正な窒素施肥量が春どり栽培より少なかった可能性がある。

3. 適正な肥料の種類及び施肥体系

窒素吸収量の推移をみると、春どり栽培、夏どり栽培及び秋どり栽培では、播種後20日以降に窒素が急激に吸収された。一方、岩田・歌田(1968)は、時期別の窒素欠除試験の結果から、生育中期ころまで十分窒素を効かせ葉部生長を早く完了させるとともに、後期には窒素があまり効きすぎない方が根部の肥大には好都合であると述べている。これらの作型は生育期間が35~66日と短いため、生育中期までの窒素肥効を確保する点では基肥に速効性肥料を用い、追肥は不要と考えられた。

トンネル冬どり栽培では、急激な窒素吸収の開始時期が他の作型より遅く、その後の窒素吸収速度も遅いとともに生育期間は100日前後と長かった。また、肥効調節型肥料のロング424(180日タイプ)を基肥窒素の全量または一部に用いた場合、生育前半の地上部生育が劣って総収量が少なかった。岩田・歌田(1968)の試験結果と併せて考えると、コカブの生長過程からみて生育前半の50日間程度にわたって持続的な肥効を確保することが必要であり、基肥にはCDUのような緩効性肥料を用い、追肥は不要と考えられた。

4. 窒素収支による環境負荷の評価

本報で明らかにした適正な窒素施肥量が環境に及ぼす影響を評価するために、窒素の施肥による投入量と作物による持ち出し量の差である窒素収支を作型別に試算した(第12表)。持ち出し量は目標総収量に対応した収穫期の窒素吸収量の最小値とし、窒素収支の最大値を見積もった。作型別の窒素収支は、夏どり栽培が-2kg/10aとマイナスになり、他の作型はすべてプラスとなった。千葉県における土壌浸透水量は年間約750mmと見込まれ(八槇ら、2003)、窒素収支の余剰分がすべて硝酸態窒素として流亡すると想定すると、土壌浸透水の硝酸態窒素濃度は、春どり栽培が5.3mg/L、秋どり栽培が2.7mg/L、トン

第12表 コカブの適正な窒素施肥量における作型別の窒素収支及び土壌浸透水の硝酸態窒素濃度の試算値

作型	投入量 ¹⁾	持ち出し量 ²⁾	窒素収支	土壌浸透水の硝酸態窒素濃度 ³⁾
	(kg/10a) a	(kg/10a) b	(kg/10a) a - b	(mg/L)
春どり	9	5	4	5.3
夏どり	3	5	-2	-
秋どり	9	7	2	2.7
トンネル冬どり	12	6	6	8.0

注1) 適正な窒素施肥量 (第11表)。

注2) 目標総収量に対応した収穫期の窒素吸収量の最小値。

注3) 圃場の窒素収支のプラス分がすべて硝酸態窒素として流亡すると想定し、土壌浸透水量を年間750mmとして計算。

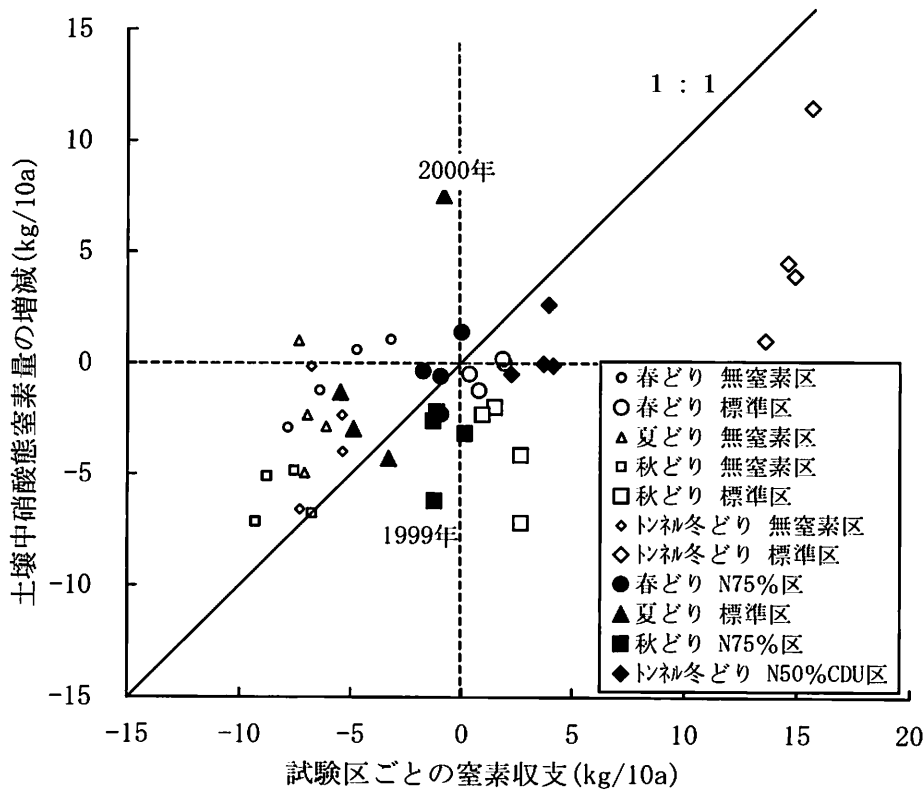
ネル冬どり栽培が8.0mg/Lと試算された (第12表)。これらのことから、コカブ1作では、どの作型でも地下水の硝酸態窒素濃度が環境基準を超過するような環境負荷はないと考えられた。

環境負荷の程度は、コカブの施肥前と収穫期の土壌中硝酸態窒素量の増減からも評価できる可能性がある。これを確認するために、試験区ごとに求めた窒素収支と土壌中硝酸態窒素量の増減の関係を第13図に示した。

対象とした試験区は、無窒素区、標準区及び適正な窒素施肥量の試験区 (春どり栽培はN75%全面全層区、夏どり栽培は標準区、秋どり栽培はN75%全面全層区、トンネル冬どり栽培はN50%CDU全面全層区)である。試験区ごとの窒素収支は、窒素施肥量から試験区ごとのコカブの窒素吸収量を差し引いて求めた。また、土壌中硝酸態窒素量の増減は、第13図の注2)に示した方法で、収穫期の硝酸態窒素量から施肥前の硝酸態窒素量を差し引いて求めた。

試験区ごとの窒素収支は、適正な窒素施肥量の試験区では、夏どり栽培の2000年及び秋どり栽培の1999年を除いて土壌中硝酸態窒素量の増減と1:1の関係にあった。適正な窒素施肥量における土壌中硝酸態窒素量の増減は夏どり栽培の2000年を除いて2.6kg/10a以下であり、この点からも、適正な窒素施肥量では地下水の硝酸態窒素濃度が環境基準を超過するような環境負荷はないと考えられた。なお、無窒素区及び標準区については、試験区ごとの窒素収支と土壌中硝酸態窒素量の増減が必ずしも1:1の関係にない場合もあった。

コカブは周年栽培されているため、同一圃場で複数の



第13図 試験区ごとの窒素収支と土壌中硝酸態窒素量増減の関係

注1) 試験区ごとの窒素収支=窒素施肥量-コカブの窒素吸収量

注2) 土壌中硝酸態窒素量の増減=収穫期の硝酸態窒素量-施肥前の硝酸態窒素量

ただし、収穫期の硝酸態窒素量は深さ0~90cmを対象とし、施肥前の硝酸態窒素量はコカブ生育期間中の降雨による硝酸態窒素の下方移動を考慮して、作型及び年次により深さ0~90cmないし深さ0~75cmを対象とした。対象とする層の硝酸態窒素含量に土壌仮比重(67g/100cm³)を乗じて硝酸態窒素量とした。

作型が作付けられる可能性がある。土壌浸透水の硝酸態窒素濃度の試算結果からみて、トンネル冬どり栽培を含むコカブの複数の作型が作付けられる場合には、土壌浸透水の硝酸態窒素濃度が10mg/L以上になる可能性がある。地下水の硝酸態窒素汚染を回避するためには、トンネル冬どり栽培の後作に吸肥力の強い作物を導入することが望ましいと考えられる。

V 摘 要

コカブの春どり栽培、夏どり栽培、秋どり栽培及びトンネル冬どり栽培を対象に、窒素吸収量の推移、目標総収量に対応した収穫期の窒素吸収量、無窒素区の窒素吸収量、施肥窒素利用率といった窒素吸収特性を調査し、これらと総収量から適正な窒素施肥法を明らかにした。

1. 窒素吸収量の推移等からみて、基肥には春どり栽培、夏どり栽培及び秋どり栽培では速効性肥料を、トンネル冬どり栽培では緩効性肥料を用いることが適当であり、すべての作型において追肥は不要であった。
2. 窒素吸収特性及び総収量からみた適正な窒素施肥量は、春どり栽培が9kg/10a、夏どり栽培が3kg/10a、秋どり栽培が9kg/10a、トンネル冬どり栽培が12kg/10aであった。
3. 適正な窒素施肥量による窒素収支から試算した土壌浸透水の硝酸態窒素濃度は、各作型とも10mg/L以下であったが、トンネル冬どり栽培を含むコカブの複数の作型が作付けられる場合には、10mg/L以上になる可能性があった。

VI 引用文献

- 千葉県 (1994). 主要農作物等施肥基準: 207-210.
- 千葉県 (1999). 千葉県園芸作物出荷規格 (青果物編): 1.
- 千葉県農業試験場 (2001). 千葉県耕地土壌の実態と変化: 52.
- 土壌環境分析法編集委員会編 (1997). 土壌環境分析法: 243-245, 251-253, 257-259. 博友社. 東京.
- 岩田正利・歌田明子 (1968). 窒素供給時期の差異が数種そ菜の生育・収量に及ぼす影響. 園学雑, 37: 57-66.
- 関東農政局千葉統計・情報センター (2005). 平成16年産青果物生産出荷統計 (千葉県): 28-29.
- 熊澤喜久雄 (1999). 地下水の硝酸態窒素汚染の現況. 土肥誌, 70: 207-213.
- 村山登 (1984). 作物栄養・肥料学: 175-178. 文永堂出版. 東京.
- 小川吉雄・酒井一 (1986). 畑地からの窒素の流出抑制. 農及園, 61: 15-20.
- 杉山直儀 (1966). 蔬菜総論: 182-184. 養賢堂. 東京.
- 杉山直儀・石沢修一・野本亀雄・堀裕 (1966). そ菜に関する土壌肥料研究集録: 1-355. 全国購買農業協同組合連合会. 東京.
- 八槇敦・斉藤研二・安西徹郎 (2003). 千葉県における農地に関する窒素収支. 千葉農総研研報, 2: 69-77.

Nitrogen Absorbing Characteristic and Nitrogen Fertilizing Method of Small Turnips in Different Cropping Types

Kenji SAITOU, Toshio ANDOU* and Atsushi YAMAKI

Key words : Nitrogen Absorbing Characteristic, Nitrogen, Recovery rate of fertilizer nitrogen

Summary

Spring-, summer-, and autumn-harvest cultivations and tunnel-covered winter-harvest cultivation of small turnips were studied for nitrogen absorption characteristics, such as flux in nitrogen absorption, harvest-time nitrogen absorption for total target yield, nitrogen absorption in a plot of no nitrogen application, and the recovery rate of fertilizer nitrogen. These values and total yields were used to find a proper method for nitrogen application.

1. Judging from flux in nitrogen absorption, readily available fertilizers are appropriate as a basal dressing for the spring-, summer-, and autumn-harvest cultivations; slow release fertilizers are appropriate for the winter-harvest tunnel cultivation. No top dressing was necessary for any of the cropping types.
2. The proper amount of nitrogen application judged from the nitrogen absorption characteristics and the total yields was 9 kg/10a for the spring-harvest cultivation, 3 kg/10a for the summer-harvest cultivation, 9 kg/10a for the autumn-harvest cultivation, and 12 kg/10a for the winter-harvest tunnel cultivation.
3. The concentration of nitrate-nitrogen in the soil water calculated from nitrogen balance resulting from the proper amounts of nitrogen application was 10 mg/L or less with all the cropping types. However, the concentration could be higher than 10 mg/L when a number of cropping types of small turnips including the winter-harvest tunnel cultivation were planted.

*Present Address: Inba Agriculture and Forestry Promotion Center