

ニンジンを中心とした作付体系と施肥処理がニンジンの収量、品質、 土壌溶液硝酸態窒素濃度およびキタネグサレセンチュウ密度に及ぼす影響

浦上敦子*¹・浦嶋泰文*¹・佐藤文生*¹・森下昌三*²

目 次

I はしがき	51	1. 作付体系と施肥処理が全収量に与える影響	55
II 材料および方法	52	2. 作付体系と施肥処理が秋作ニンジンの主根サイズと規格内率に与える影響	56
III 結果	52	3. 作付体系がキタネグサレセンチュウ密度に与える影響	56
1. 作付体系と施肥処理が全収量に与える影響	52	4. ニンジン連作区における施肥処理が深さ60cmの土壌溶液中硝酸態窒素濃度に与える影響	56
2. 作付体系と施肥処理が秋作ニンジンの主根サイズと規格内率に与える影響	53	5. 総合考察	56
3. 作付体系がキタネグサレセンチュウ密度に与える影響	54	V 摘要	57
4. ニンジン連作区における施肥処理が深さ60cmの土壌溶液中硝酸態窒素濃度に与える影響	55	引用文献	57
IV 考察	55	Summary	58

I はしがき

ニンジン等露地野菜生産における化学肥料等の多量施用は、土壌への肥料成分の過剰集積や地下水汚染など環境への負荷を引き起こす原因となっている。また、連作あるいは高頻度に同じ野菜が作られることによる連作障害も大きな問題となっている。

一方、ニンジンのような土地利用型野菜の販売は輸入野菜との競合で厳しい状況におかれ、これとの差別化が必要である。このような状況においては環境と調和した体系的な養分管理と病害虫の耕種的防

除を行いつつ、安定した収量・品質をあげることができる生産技術の確立が急務である。

ここではニンジンを中心とした露地野菜の作付体系において、化学肥料の削減およびキタネグサレセンチュウの輪作による防除法の確立を目的として、化学肥料の堆肥による代替および化学肥料削減がニンジンの収量・品質、土壌溶液中の硝酸態窒素濃度に及ぼす影響およびキタネグサレセンチュウ密度に対する作付の影響を複数年にわたって検討した。

平成14年9月24日受付 平成14年12月16日受理

*¹ 野菜茶業研究所

*² 北海道農業研究センター

II 材料および方法

材料として、ニンジン「向陽2号」(タキイ種苗)、ダイコン「献夏青首」(サカタのタネ)、サトイモ「石川早生」を用いた。ニンジンは春作が4月上旬播種、7月下旬に収穫し、秋作は8月上旬播種、12月上旬に収穫した。ダイコンは4月中旬播種、6月下旬収穫、サトイモは4月上旬播種、10月中旬に収穫した。

施肥処理は化学肥料のみ(ニンジンでは春作20-20-20、秋作25-25-25; CDU15-15-15を各134, 167kg/10a茨城県施肥基準量)を施用する区を「化学区」とし、牛ふん堆肥(グランドフード活性堆肥0.71-0.77-0.57全秋酪農)で窒素量の3/4(1997年春は1/2)を代替し1/4量の化学肥料を施用する区を「堆肥区」、また化学肥料を1/4(1997年)または1/2(1998年以降)に減肥した区を「減化学区」として、播種前に全面全層施肥した。ダイコン(春作12-12-12; ハイラック14-14-14を86kg/10a)、サトイモ(15-15-15; ハイラック14-14-14を107kg/10a)もニンジン同様の施肥処理を行い、1997年秋から表1のような作付体系で作物を栽培した(サトイモ作付は2000年のみ)。なお、1998年秋作のみ化学区の1/2量の化学肥料を無肥料区を除く全処理区に全面全層施肥した。また、作付

前の耕起時に苦土石灰(100 kg/10a)を散布した。

栽植密度はニンジンが15×20 cm、ダイコンが30×40 cm、サトイモが70×60 cmとし、1区面積が22.5 m²、3反復とした。試験区の間には幅1.5 mの無肥料区を設け、乱塊法によって試験区を配置した。

収量調査にあたっては各反復区中央部からダイコン20株、ニンジン30株、サトイモ10株を収穫し、重量と規格内率(収穫本数から岐根・裂根など規格外品を除いた本数を規格内品とした)を調査した。ニンジンのサイズはS以下: 110g以下, M: 110~160g, L: 160~250g, 2L以上: 250g以上とした。

線虫密度は各反復区内6カ所から表土(0~10 cm)を採取し、ベルマン法により土壌20 gあたりのキタネグサレセンチュウ数を作付前と作付後に調査した。

土壌溶液は、ポーラスセラミックカップによる採水装置(大起理化工業)⁽⁴⁾を試験区畝間の深さ60 cmに播種直後埋設し、作付終了時まで降雨直後、経時的に土壌溶液を採取した。土壌溶液中の硝酸態窒素濃度はコンパクトイオンメーター(日立堀場)により測定した。採水装置は2反復とし、試験期間を通じて同一畝への採水装置埋設は一度のみとした。

表1 作付体系

作付体系	1997秋	1998春	1998秋	1999春	1999秋	2000春	2000秋	2001春	2001秋
ニンジン連作	ニ*	ニ	ニ	ニ	ニ	ニ	ニ	ニ	ニ
ダイコンー ニンジン輪作	ニ	ダ**	ニ	ダ	ニ	ダ	ニ	ダ	ニ
ニンジン連作 (サトイモ)	ニ	ニ	ニ	ニ	ニ	サトイモ		ニ	ニ
ダイコンーニンジン 輪作(サトイモ)	ニ	ダ	ニ	ダ	ニ	サトイモ		ダ	ニ

* ニ: ニンジン

** ダ: ダイコン

III 結 果

1. 作付体系と施肥処理が全収量に与える影響

全収量については施肥3処理間で多重比較を行ったが、Tukey法5%水準で有意差が認められたものは

なかった。ニンジン連作区の収量については、1999年は堆肥区(堆肥代替量が標準施肥量の1/2または等量)、減化学区(標準の1/4量)は化学区に比べ低い傾向にあった(表2)。ダイコンーニンジン輪作区

表2 各種作付体系における施肥処理が各作物の全収量(kg/10a)に及ぼす影響

作付体系	施肥	1999年		2000年		2001年	
		春	秋	春	秋	春	秋
ニンジン 連作	化学	2557±702*	5397±216	2325±845	4668±1099	1896±113	3226±1201
	減化学	1713±185	4462±196	2275±323	4210±762	1798±200	3086±1129
	堆肥	2160±15	4413±711	2873±395	6288±1971	2147±513	3053±826
ダイコン- ニンジン輪作	化学	2712±808	5273±775	4737±1597	5341±2066	4196±2333	4581±658
	減化学	2272±188	5448±276	3982±668	5088±667	4279±2552	5428±1401
	堆肥	1928±455	5700±132	2918±427	7149±1445	5182±340	4827±1193
ニンジン 連作 (サトイモ)	化学	—	—	—	サトイモ 5440±727	ニンジン 4197±285	ニンジン 5243±750
	減化学	—	—	—	5665±578	3917±410	3588±941
	堆肥	—	—	—	4508±815	4617±507	5260±940
ダイコン- ニンジン輪作 (サトイモ)	化学	—	—	—	サトイモ 5958±950	—	ニンジン 5164±1035
	減化学	—	—	—	5962±708	—	5907±2075
	堆肥	—	—	—	6497±1123	—	6156±985
		減化学:1/4	:1/4	:1/2			:1/2
		堆肥:1/2	:4/4	:3/4+1/4化学			:3/4+1/4化学

*: 標準偏差

の春のダイコン作では減収傾向にあったものの、秋のニンジン作では化学区と同等かそれ以上の収量が得られる傾向がみられた。

2000年以降は、ニンジン連作区のニンジン作では減化学区の収量が化学区に比べやや低い傾向であった。ダイコン-ニンジン輪作区では2000年における減化学区のニンジン収量は化学区より劣る傾向が認められたが、2001年には減化学区の収量が化学区より優る傾向にあった。一方、堆肥区では2年間を通じ化学区に比べ収量が高い傾向が見られた。また、牛ふん堆肥施用による増収量はダイコン-ニンジン輪作区のほうがニンジン連作区より大きい傾向があった。

また、2000年にはニンジン連作区およびダイコン-ニンジン輪作区の畑の一部にサトイモを栽培した。サトイモの収量は、減化学区も化学区と同等であった。サトイモ栽培後のニンジン収量はニンジン連作の堆肥区は化学区と同等かそれ以上であったが、減化学区は化学区より低い傾向であった。ダイコン-ニンジン輪作区でのサトイモ栽培後のニンジン作は堆肥代替、減化学区ともに化学区の収量を上回る傾向が認められた。

2. 作付体系と施肥処理が秋作ニンジンの主根サイズと規格内率に与える影響

それぞれの作付体系における秋作ニンジンの主根サイズを施肥処理ごとに比較すると、ニンジン連作区に比べダイコン-ニンジン輪作区におけるニンジンは大きいサイズのものが多い傾向が認められた(図1-1~1-3)。

1999年にはダイコン-ニンジン輪作区のニンジン主根サイズは化学区と減化学・堆肥区ではほぼ同様なサイズの分布を示したが、ニンジン連作区では減化学・堆肥区で小さくMサイズ以下のものが多い傾向があった。2000年はニンジン連作・ダイコン-ニンジン輪作区ともに堆肥区で主根サイズが大きく、2L以上のものが多い傾向であった。化学区と減化学区は、ニンジン連作区の減化学区で小さくS以下がやや多い傾向があったほかは、ほぼ同様なサイズ分布であった。2001年のニンジン連作区はダイコン-ニンジン輪作区に比べ全体に主根サイズが小さい傾向があったが、同じニンジン連作区間でもサトイモ跡では大きめで、サトイモ作付前の1999年とほぼ同様のサイズ分布であった。ダイコン-ニンジン輪作区では減化学区・堆肥区で主根サイズが化学区に比べやや大きめの傾向であった。

前年にサトイモを作ったニンジン連作区の主根は、ニンジン連作を続けた区に比べて大きいものが多い傾向がみられた。またダイコンーニンジン輪作区お

よび前年にサトイモを作ったニンジン連作区では、減化学および堆肥区の主根サイズ分布が化学区に比べ同等か大きいものが多い傾向が認められた。ニンジン連作区では化学区と同等かやや小さいものが多い傾向であった。

ニンジン連作区とダイコンーニンジン輪作区において、1999年秋から2001年秋にかけての秋作ニンジンの規格内率の推移を見たところ、ニンジン連作区では70から80%で安定していたが、ダイコンーニンジン体系では、2000年および2001年は70%以下となり、規格内率が低かった(図2)。サトイモ作付後の2001年秋作ニンジンでは、ニンジン連作・ダイコンーニンジン輪作区ともに70~80%の規格内率であった。

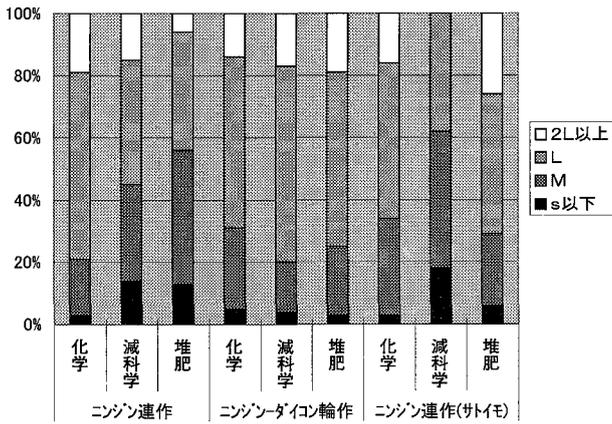


図1-1 1999年秋作ニンジンの主根サイズにおよぼす施肥と作付の影響

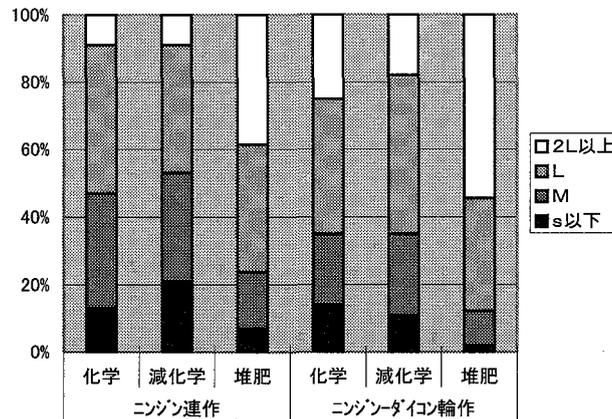


図1-2 2000年秋作ニンジンの主根サイズにおよぼす施肥と作付の影響

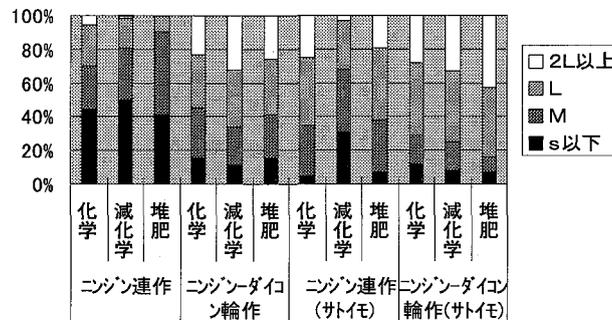


図1-3 2001年秋作ニンジンの主根サイズにおよぼす施肥と作付の影響

3. 作付体系がキタネグサレセンチュウ密度に与える影響

試験区におけるキタネグサレセンチュウ密度は、1997年の試験開始当初はほぼゼロに近かったが、いずれも寄主作物であるニンジンあるいはダイコンの作付により徐々に密度が増加した。ニンジン連作区およびダイコンーニンジン輪作区において、2000年にサトイモを作付けした結果、キタネグサレセンチュウの密度がニンジン連作区およびダイコンーニンジン輪作区に比べ大きく減少し、サトイモ収穫後はほぼゼロになった。低密度状態は翌年の春作収穫時まで維持された(図3)。

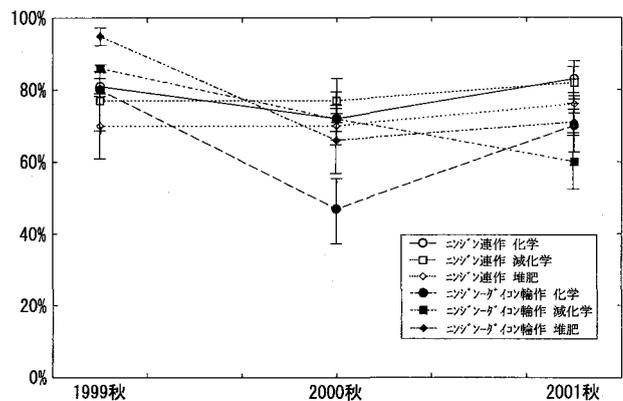


図2 作付体系ごとの秋作ニンジン規格内率の推移 (バーは標準誤差 (n=3))

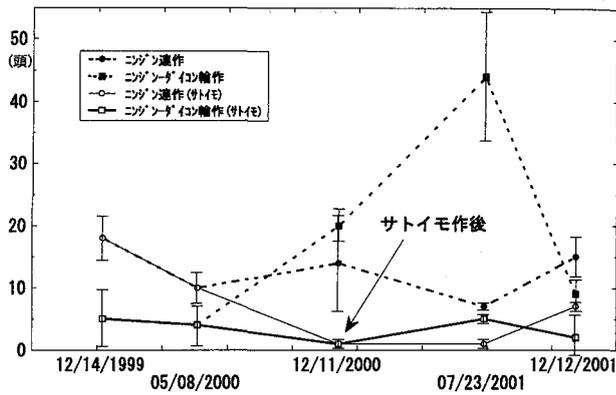


図3 土壌20gあたりのキタネグサレセンチュウ数の推移
バーは標準誤差 (n=9)

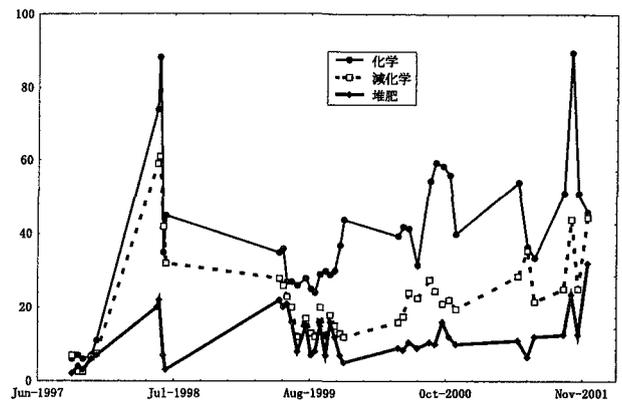


図4 ニンジン連作区 (1997年秋～2001年秋)における深さ60cmでの土壤溶液中硝酸態窒素濃度(ppm)の推移

4. ニンジン連作区における施肥処理が深さ60cmの土壤溶液中硝酸態窒素濃度に与える影響

深さ60cmにおける土壤溶液中の硝酸態窒素濃度を1997年秋からニンジン連作区で継続的に調査した。その結果、硝酸態窒素濃度は作付開始当年である1997年秋作は9月末から12月初めまで12ppm以下と低い濃度で推移した。その後、変動はあるものの、2000年あたりから化学施肥区で40～60ppmの高い

値を示すようになり、90ppmを越す値も計測された(図4)。一方、減化学区では、2000年頃から20ppm前後の値で推移し2001年後半には一時40ppm近い値も認められたが、全体に化学区に比べ低い値を示した。堆肥区では、2001年半ばまで10ppm程度の値にとどまり、2001年後半には20ppm程度の値が計測されたが、施肥処理の中ではもっとも低い値であった。

IV 考 察

1. 作付体系と施肥処理が全収量に与える影響

ダイコンーニンジン輪作区におけるニンジン作の場合、1999年秋および2001年の春・秋作で化学肥料を50%削減した場合にも化学区以上の収量が得られる傾向が認められた。しかしその他の作期およびダイコン作、ニンジン連作区においては化学区に比べやや劣る傾向であった。この結果を踏まえて、2000年以降の堆肥区は1/4を化学肥料で与え、残り3/4を堆肥で代替し、減化学区も標準の1/2量とした。施肥窒素の1/4量を化学肥料で与えるようになった2000年以降のニンジン作で、牛ふん堆肥で施肥窒素の等量を代替した場合(堆肥区)に化学区と同等かそれ以上の収量が得られる傾向がみられた。ニンジン作では2000年秋以降黒葉枯病が特にニンジン連作区で多く発生した。ニンジン連作区の収量は同時期のダイコンーニンジン輪作区のニンジン作収量に比

べ低く、黒葉枯病の影響と考えられた。

土屋と新田⁹⁾は北海道十勝地方において、前年度にテンサイ、バレイショ、ニンジンなど7種類の作物を栽培した跡地に施肥量を変えてニンジンを栽培し、標準量および約35%施肥量を増減した場合の収量を調査した。この結果によると、ニンジンの総収量はコムギ、バレイショ跡で多収となり、裸地、ニンジン跡では低収となった。

今回の試験においてもニンジン連作区で低収となり、土屋と新田の報告と同様の結果が得られた。なお、ニンジン連作区では黒葉枯病が発生し、特に2000年以降の収量が輪作区に比べ低い傾向であった。ダイコン作後のニンジン作では、ニンジン連作区に比べ化学肥料を削減しても化学肥料標準施肥区に比べて同等かそれ以上の収量を上げた年次が多く、作付体系が影響したのと考えられた。

2. 作付体系と施肥処理が秋作ニンジンの主根サイズと規格内率に与える影響

秋作ニンジンの主根サイズも全収量と同様に作付体系によって施肥処理の影響が異なって現れた。2000年および2001年において、ニンジン連作区では化学区に比べ減化学区の主根サイズが全体に小さい傾向がみられたが、ダイコンおよびサトイモの入ったダイコン-ニンジン輪作区では化学区と同等かやや大きい傾向であった。

土屋と新田⁽⁴⁾の結果では、ニンジン主根の規格外割合は前作がニンジンの場合に最も高く、初期生育の不良と収穫前の黒葉枯病による曲根と矮小根が多かった。今回の試験結果では、ニンジン連作区の方がダイコン-ニンジン輪作区に比べると規格内率が安定しており、特に2000年と2001年にはダイコン-ニンジン輪作区で規格内率が低下した。これは春のダイコン作でキタネグサレセンチュウが増加した影響と考えられた。

3. 作付体系がキタネグサレセンチュウ密度に与える影響

キタネグサレセンチュウは寄主範囲が広く、ニンジンでは根部が正常な形に生育しない、いわゆる寸詰まりニンジンが発生し、問題となる。ダイコンでは、収量自体には影響を与えないものの、表面に白い斑点痕を残すため、商品価値が著しく下がる。近岡ら⁽¹⁾はポット試験において、サトイモ(土垂)を5ヶ月間栽培した後の土壌50gあたりのキタネグサレセンチュウ密度は栽植前の185から11に減少したと報告した。Yamada and Nakagawa⁽⁵⁾は、キタネグサレセンチュウの寄主作物であるダイズとダイコンの後にサトイモ(石川早生)を栽培する作付体系において、土壌20gあたりのキタネグサレセンチュウ密度がダイズ栽培後は37、ダイコン作後は41に対し、サトイモ作後は0であったと報告している。今回の結果でも、これまでと同様にサトイモ作付によるキタネグサレセンチュウの密度低下効果が確認された。キタネグサレセンチュウ防除にはマリーゴールドを栽植する方法が一般的だが、経済作物であるサトイモの栽培により密度低減を図ることができれば、化学農薬の代替法として農家への普及が期待できる。

4. ニンジン連作区における施肥処理が深さ60cmの土壌溶液中硝酸態窒素濃度に与える影響

今回試験を行った圃場はそれまで野菜を栽培したことがなく、試験前はダイズ・トウモロコシ、緑肥等を栽培していた。それらの施肥量は野菜作に比べると低く、作付期間は長い。そのため、第1回作付にあたる1997年秋作は各処理区とも10ppm程度の低い硝酸態窒素濃度を示した。しかし、ダイコン・ニンジンの作付けが続いた2000年には、特に化学区で硝酸態窒素濃度が高くなり、下層土への移行が明らかに認められた。減化学区や堆肥区でも硝酸態窒素濃度は高まったが、化学区に比べれば低く抑えられた。

久野⁽⁶⁾は牛ふん堆肥連用区、化学肥料区、化学肥料半量+牛ふん堆肥区、化学肥料+牛ふん堆肥区を設けてダイコンを栽培し、栽培期間中の深さ20、40、60cmにおける土壌溶液中の硝酸態窒素濃度を測定した。その結果、化学肥料区における土壌溶液中の硝酸態窒素濃度は70-100mg/lであったのに対し、牛ふん堆肥区および化学肥料半量+牛ふん堆肥区では50mg/l以下だった。このように、化学肥料の減量または牛ふん堆肥による代替は、今回の結果と同様に下層土における土壌溶液中の硝酸態窒素濃度を低く抑えると考えられた。久野の試験では牛ふん堆肥の施用量が3t/10a(全窒素55.6kg/10a)と本試験に比べ高かったこともあって、本試験での堆肥区における有機物の地下への流亡はそれほど大きくはなかったと考えられる。

5. 総合考察

本試験の結果から、ニンジン連作においては黒葉枯病など病害の蔓延のおそれがあり、その回避のためにはダイコンなど他作物との輪作が望ましいことが分かった。今回の試験結果では、ダイコンとの輪作により、化学肥料の削減および牛ふん堆肥による代替を行っても収量が安定する可能性が明らかにされた。しかし、ニンジン・ダイコンをともに寄主作物とするキタネグサレセンチュウが発生する場合には、ダイコン-ニンジン輪作区を続けると線虫密度が高くなり、規格内率が低下した。この場合にはサトイモなどの非寄主作物を組み合わせて、輪作を行うことが線虫密度抑制に有効であった。本試験はこ

のように、効果的な輪作を行うことにより、連作に比べて安定的に化学肥料の削減および耕種的防除ができる可能性を示唆した。

化学肥料の堆肥による代替効果については、堆肥の種類や化学肥料との組み合わせの影響など更に細

かく検討する必要がある。また、植物寄生性線虫の環境保全型防除法として、今回用いたような非寄主作物（サトイモ）の栽培と、対抗植物の鋤き込みや太陽熱消毒とを組み合わせることによって更に安定した密度抑制効果が期待される。

V 摘 要

ニンジンを中心とした露地野菜の作付体系における、化学肥料の削減および輪作によるキタネグサレセンチュウの防除法の確立を目的として、1997年秋から2001年秋にかけてニンジン連作またはダイコンーニンジンの輪作体系でニンジン、ダイコンを栽培し、2000年には一部でサトイモを栽培した。それぞれの作付体系において、標準量を化学肥料で与える区、標準量の半量を化学肥料で与える区、標準量を牛ふん堆肥で代替した区を設けた。

この結果、ニンジン連作区の収量はダイコンーニンジン輪作区のニンジン作の収量より低い傾向があった。ダイコンーニンジン輪作区の化学肥料50%削減処理では1999年秋、2001年の春・秋のニンジン作においては標準量化学肥料区以上の収量が得られたが、化学肥料50%削減処理区の他の作期およびダイコン作、ニンジン連作区では化学肥料全肥区より少ない傾向があった。施肥窒素の1/4量を化学肥料

で与えるようになった2000年以降は、牛ふん堆肥で施肥窒素の等量を代替した場合、ニンジンの収量はニンジン連作で化学区と同等かそれ以上となる傾向がみられた。牛ふん堆肥施用によるニンジンの増収量は、ダイコンーニンジン輪作区でニンジン連作区より大きい傾向が認められた。ニンジン連作区およびダイコンーニンジン輪作区では、2000年春～秋にサトイモを作付けした結果、キタネグサレセンチュウの密度が減少し、翌年の春作収穫時まで低密度状態が維持された。

深さ60 cmにおける土壌溶液中の硝酸態窒素濃度はニンジンを連作した結果、2000年あたりから特に化学区で高くなった。以上の結果から、効果的な輪作を行うことにより、連作に比べて安定的に化学肥料削減および耕種的防除を行うことができる可能性が示唆された。

引 用 文 献

1. 近岡一郎・大林延夫・推名清治 (1982) 緑肥作物等の夏作への導入とキタネグサレセンチュウおよびサツマイモネコブセンチュウの発生動向. 日本線虫研究会誌, 11, 19-23.
2. 久野智香子 (1997) 牛糞堆肥連用畑における下層土への肥料成分・有機物の移動. 愛知農総試研報, 29, 135-140.
3. 土屋一成・新田恒夫 (1996) 野菜類と畑作物の合理的前後作組み合わせ技術の開発1) 前作物がニンジンの生育・収量・品質に及ぼす影響. 北農試研究資料, 55, 49-69.
4. 渡辺久男・結田康一・木方展治 (1988) アルミナ質ポーラスカップを用いた土壌水採取装置の適用性. 農環研報, 4, 199-219.
5. Yamada, M. and I. Nakagawa (1998) Sustainable Vegetable Growing-How to Control Injury of Nematodes by Cropping System-. 園芸学会雑誌, 67, 1229-1231.

Effect of Crop Rotation and Reduced Chemical Fertilization on Nitrate Nitrogen Concentration in Soil Solution, Control of Root Lesion Nematodes, *Pratylenchus penetrans* (Cobb) and Yield of Carrot.

Atsuko Uragami^{*1}, Yasufumi Urashima^{*1}, Fumio Sato^{*1} and Masami Morishita^{*2}

Summary

Carrot (*Daucus carota* L.) was cultivated in continuous cropping or in combination with radish (*Raphanus sativus* L.), and/or Taro (*Colocasia esculenta* Schott) from 1997 to 2001. In continuous carrot cropping, spring crop was sown in early April and harvested in late July, then the autumn crop was sown in early August and harvested in early December. In radish-carrot combination, radish was sown in the middle of April and harvested in late June. Then carrot was sown in early August and harvested in early December as in continuous cropping. Taro was sown in early April and harvested in the middle of October only in 2000. In each cropping system, standard amount of chemical fertilizer, half amount of chemical fertilizer, or cow manure substituted for 3/4 of chemical fertilizer plus 1/4 of chemical fertilizer was applied.

In radish-carrot cropping system, the yield of carrot in the half amount of chemical fertilizer plot seemed to be as high as the one in the standard in 1999 autumn, 2001 spring and autumn. In other harvests, the yield tended to be lower in the half fertilizer plot. In manure-applied plot, the yield was as high as standard chemical fertilizer plot after 2000.

Population density of root lesion nematodes (*Pratylenchus penetrans* Cobb) was decreased after cultivation of Taro. The population density was kept low even after carrot cultivation in the next spring. Sodium nitrate concentration in soil solution at 60cm deep was measured one to two times a month during cultivation period. Sodium nitrate concentration increased from around 2000 especially in standard chemical fertilizer treatment. Sodium nitrate concentration was lower in the half fertilizer treatment, and much lower in manure-applied treatment than standard treatment.

Received : 16 December, 2002

^{*1} National Institute of Vegetable and Tea Science

^{*2} National Agricultural Research Center for Hokkaido Region