

# 太陽熱処理および肥効調節型肥料施用による減肥・減農薬栽培がニンジンの収量および品質に及ぼす影響

片山勝之<sup>\*1</sup>・三浦憲蔵<sup>\*2</sup>・皆川 望<sup>\*3</sup>

## 目 次

I はしがき	89	3) その他の作業	92
II 材料と方法	90	4) 処理区面積	92
1. 実験 I (1999年) の耕種概要	90	3. 収量調査並びに外観および内部品質調査	92
1) 材料	90	III 結果	92
2) 施肥	90	1. 実験 I (1999年) の結果	92
3) 太陽熱処理	91	2. 実験 II (2001年) の結果	92
4) その他の作業	91	IV 考察	94
5) 処理区面積	91	V 摘要	95
2. 実験 II (2001年) の耕種概要	91	謝辞	95
1) 施肥	91	引用文献	95
2) 太陽熱処理	92	Summary	97

## I はしがき

茨城県の野菜生産地ではハクサイ、ネギ、ダイコン、ニンジン等の多肥集約栽培が行われている<sup>(8)</sup>。栄養体で収穫される葉根菜類を作付けしている野菜畑では、吸収されない肥料成分も多く、土壌への肥料成分の過剰集積や地下水汚染をもたらすことが懸念されている。たとえばニンジンの場合、茨城県の施肥基準<sup>(4)</sup>によれば、化学肥料は窒素成分として25kg/10a、リン酸成分として15kg/10a施肥される。しかしながら、窒素利用率が22.5~34.3%<sup>(9)</sup>であること、目標収量を5 t/10aとした場合のリン酸吸収量は8kg/10a程度<sup>(7)</sup>であることを考慮すると、施肥成分はかなり土壌中に蓄積あるいは流亡すると推定される。また、野菜生産農家では、連作障害を抑えるために燻蒸剤等の農薬を使用しているが、このこと

は環境を汚染し、生産者の安全性を損なうと問題が指摘されている。近年、環境保全の立場から、また野菜生産の立場からも、減化学肥料・減農薬栽培技術の確立が求められている。

環境保全型防除技術の一つに太陽熱を利用した土壌消毒法がある。太陽熱土壌消毒法は、ハウスにおけるイチゴ萎黄病防除技術として開発<sup>(10)</sup>され、各種の土壌病害対策として利用されてきた。その後露地などにおいても、イチゴ萎黄病<sup>(11)</sup>やネギ黒腐菌核病<sup>(14)</sup>などに対して、夏期の太陽熱を利用した土壌消毒技術が開発された。近年、雑草に対しても太陽熱を利用した制御法<sup>(12), (13)</sup>が検討されている。

また、ニンジンへの窒素施肥量の削減に関しては、北嶋によって肥効調節型肥料の利用<sup>(9)</sup>が、河野ら

平成14年9月13日受付 平成15年1月8日受理

\*1企画調整部研究交流科

\*2土壌肥料部土壌診断研究室

\*3九州沖縄農業研究センター





熱・NP半量区)の3処理区を設けた(表3)。予め全処理区に実験Iと同様に牛糞堆肥と苦土石灰を施用した。

(1) 慣行栽培区：7月25日に基肥として硫安、過リン酸石灰、硫酸加里を用いて窒素、リン酸、カリ成分でそれぞれ9kg/10a, 15kg/10a, 9kg/10a施用した。播種後30日と60日に追肥として硫安と硫酸加里を窒素成分とカリ成分でそれぞれ8kg/10aずつ施用した。

(2) NP半量区：慣行栽培区の窒素とリン酸を半量とした。ただし、肥効調節型肥料は実験Iよりも窒素溶出の遅いLPコートS100を使用した。7月25日に三要素全てを全量基肥で施用した。

(3) 太陽熱・NP半量区：施肥量はNP半量区と同様だが、肥効調節型肥料は実験Iよりも窒素溶出の遅いLPコートS120を使用した。処理直前の6月28日に三要素全てを全量基肥で施用し攪拌した。

## 2) 太陽熱処理

実験Iと同様に処理した。ただし、6月28日にポリエチレンフィルムを土壌表面に被覆し、7月25日にそれを除去した。

## 3) その他の作業

6月8日に慣行栽培区とNP半量区において、土壌

消毒剤(ダゾメット粉粒剤)を100kg/10a散布した。播種、栽植本数、灌水、除草剤散布、間引き、殺虫剤・殺菌剤散布及び収穫作業は実験Iと同様にした。ただし、7月25日に播種した。

## 4) 処理区面積

実験Iと同様にした。

## 3. 収量調査並びに外観および内部品質調査

1999年および2001年において、各処理区より、ニンジン収穫機を用いて3m<sup>2</sup>に占める個体を採取し、葉茎部を包丁で切り落として根部のみニンジン洗浄機で洗浄し、陰干し後、一本ずつ根重を測定し、しみ腐症、裂根、曲根、青首、虫害、岐根、奇形等外観調査を行った。根部の内部品質の測定対象試料は規格M(110gから160g)の正品を用いた。根部の表面色は分光測色計(CM-508i, ミノルタ)、Brix糖度は糖度計(アタゴ)、全糖含量はF-キット(ペーリンガーマンハイム)、硝酸含量<sup>⑥</sup>および還元型ビタミンC含量は小型反射式光度計(RQフレックス;メルク)、β-カロテン含量<sup>⑦</sup>は高速液体クロマトグラフィー(807-IT, 日本分光)を用いて測定した。

## III 結 果

### 1. 実験I(1999年)の結果

表4に示すように太陽熱・NP半量区の全収量は、基準量区やNP半量区に比べて有意に高かった。NP半量区の全収量は、基準量区と有意な差は認められなかった。正品率に関しては、太陽熱・NP半量区では基準量区やNP半量区よりも有意に低かった。太陽熱・NP半量区の正品率が低かったため、太陽熱・NP半量区の正品収量は、基準量区と有意な差は認められなかった。NP半量区の正品収量は、基準量区や太陽熱・NP半量区に比べて有意に低かった。正品の中で、商品価値の最も高いM、Lサイズの正品収量は太陽熱・NP半量区と基準量区で多く、NP半量区で少なかった。

具体的な非正品の原因について表5に示した。太陽熱・NP半量施肥区では、しみ腐症と曲・奇形根の割合が基準量区の値に比べて有意に高かった。表6に内部品質(全糖含量, Brix糖度, 硝酸態窒素含

量, 還元型ビタミンC含量, β-カロテン含量)と表面色(明度や彩度)について示したが、処理区間に有意差は認められなかった。

### 2. 実験II(2001年)の結果

表7に示すように太陽熱・NP半量区の全収量は、慣行栽培区やNP半量区に比べて有意に高かった。NP半量区の全収量は、慣行栽培区と有意な差は認められなかった。正品率に関しては、太陽熱・NP半量区のそれは慣行栽培区よりも有意に低かった。NP半量区の正品率は慣行栽培区と有意な差は認められなかった。太陽熱・NP半量区の正品率が低かったため、太陽熱・NP半量区の正品収量は、慣行栽培区と有意な差は認められなかった。NP半量区の正品収量は、慣行栽培区や太陽熱・NP半量区に比べて有意に低かった。太陽熱・NP半量区と慣行栽培区のM、Lサイズの正品収量はNP半量区より

表4 ニンジンの全収量、正品率<sup>a)</sup>、正品収量および規格別に見た正品収量<sup>b)</sup> (1999年)

処理区	全収量 (kg/10a)	正品率 (%)	正品収量 (kg/10a)	規格別 (kg/10a)					
				2S	S	M	L	2L	3L
基準量区 <sup>a)</sup>	3654	67.1	2624	32	355	479	1257	450	51
NP半量区	3368	67.4	2367	43	356	693	888	666	0
太陽熱・NP半量区	4208	54.8	2645	34	348	882	970	133	0
標準誤差 (±)	82* <sup>a)</sup>	2.2*	45*	19 <sup>NS</sup>	75 <sup>NS</sup>	67*	44*	95*	1*

<sup>a)</sup> 正品率：正品本数/全本数×100. <sup>a)</sup> N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=25-15-25(kg/10a).  
<sup>b)</sup> 規格：2S：40～60g <sup>a)</sup>\*：5%水準で有意差があることを示す。  
 S：60～110g <sup>NS</sup>：有意差が認められないことを示す。  
 M：110～160g  
 L：160～250g  
 2L：250～350g  
 3L：350g以上

表5 ニンジンの非正品率に占める肩、虫害、青首、薄色、岐根、裂根、しみ腐症、曲・奇形根の割合 (1999年)

処理区	肩 (%)	虫害 (%)	青首 (%)	薄色 (%)	岐根 (%)	裂根 (%)	しみ腐症 (%)	曲・奇形根 (%)
基準量区 <sup>a)</sup>	4.0	4.2	1.8	4.3	3.2	9.0	3.7	2.8
NP半量区	4.6	2.2	1.1	3.9	2.8	6.7	4.0	7.4
太陽熱・NP半量区	5.0	2.8	1.5	3.7	3.6	7.9	13.4	7.3
標準誤差 (±)	1.0 <sup>NSb)</sup>	0.5 <sup>NS</sup>	0.3 <sup>NS</sup>	0.4 <sup>NS</sup>	0.3 <sup>NS</sup>	0.8 <sup>NS</sup>	0.6**	0.6**

<sup>a)</sup> N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=25-15-25(kg/10a).  
<sup>b)</sup>\*\*：1%水準で有意差があることを示す。 <sup>NS</sup>：有意差が認められないことを示す。

表6 ニンジンの全糖含量、Brix糖度、硝酸態窒素含量 (NO<sub>3</sub>-N)、還元型ビタミンC含量 (ビタミンC)、β-カロテン含量、明度および彩度 (1999年)

処理区	全糖 <sup>b)</sup> (g/100g生重)	Brix (%)	NO <sub>3</sub> -N			明度	彩度
			β-カロテン	ビタミンC	(mg/100g生重)		
基準量区 <sup>a)</sup>	5.2	7.3	5.7	5.7	4.8	56.9	44.0
NP半量区	6.1	7.5	5.8	5.9	4.9	56.5	43.5
太陽熱・NP半量区	5.7	7.9	6.0	5.5	4.9	57.5	44.9
標準誤差 (±)	0.2 <sup>NSb)</sup>	0.2 <sup>NS</sup>	0.2 <sup>NS</sup>	0.2 <sup>NS</sup>	0.2 <sup>NS</sup>	0.5 <sup>NS</sup>	1.2 <sup>NS</sup>

<sup>a)</sup> N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=25-15-25(kg/10a).  
<sup>b)</sup>：シュクロース+グルコース+フラクトース。  
<sup>NS</sup>：有意差は認められないことを示す。

表7 ニンジンの全収量、正品率<sup>a)</sup>、正品収量および規格別に見た正品収量<sup>b)</sup> (2001年)

処理区	全収量 (kg/10a)	正品率 (%)	正品収量 (kg/10a)	規格別 (kg/10a)				
				2S	S	M	L	2L
慣行栽培区 <sup>a)</sup>	3366	72.9	2616	260	383	875	1007	91
NP半量区	3009	65.1	2174	248	410	944	544	28
太陽熱・NP半量区	3925	57.3	2583	124	278	826	1268	88
標準誤差 (±)	76* <sup>a)</sup>	1.6*	80*	20*	53 <sup>NS</sup>	125 <sup>NS</sup>	124*	10*

<sup>a)</sup> 正品率：正品本数/全本数×100. <sup>a)</sup> N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=25-15-25(kg/10a).  
<sup>b)</sup> 規格：2S：40～60g <sup>a)</sup>\*：5%水準で有意差があることを示す。  
 S：60～110g <sup>NS</sup>：有意差が認められないことを示す。  
 M：110～160g  
 L：160～250g  
 2L：250～350g

表8 ニンジンの非正品率に占める屑、虫害、青首、薄色、岐根、裂根、しみ腐症、曲・奇形根の割合 (2001年)

処理区	屑 (%)	虫害 (%)	青首 (%)	薄色 (%)	岐根 (%)	裂根 (%)	しみ腐症 (%)	曲・奇形根 (%)
慣行栽培区 <sup>a)</sup>	7.4	0.6	4.3	1.2	4.6	1.5	2.2	5.2
NP半量区	8.9	0	5.6	2.8	4.8	2.1	3.3	6.3
太陽熱・NP半量区	4.0	1.2	3.6	4.8	4.7	7.6	9.7	6.7
標準誤差 (±)	0.5 <sup>ab)</sup>	0.1*	1.1 <sup>NS</sup>	0.3*	1.4 <sup>NS</sup>	0.4*	0.4 <sup>**</sup>	0.4 <sup>NS</sup>

<sup>a)</sup>: N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=25-15-25(kg/10a).

<sup>ab)</sup>: 5%水準で有意差があることを示す. <sup>\*\*</sup>: 1%水準で有意差があることを示す. <sup>NS</sup>: 有意差が認められないことを示す.

表9 ニンジンの全糖含量, Brix 糖度, 硝酸態窒素含量 (NO<sub>3</sub>-N), 還元型ビタミンC含量 (ビタミンC), β-カロテン含量, 明度および彩度 (2001年)

処理区	全糖 <sup>b)</sup> (g/100g生重)	Brix (%)	NO <sub>3</sub> -N (mg/100g生重)	ビタミンC (mg/100g生重)	β-カロテン	明度	彩度
慣行栽培区 <sup>a)</sup>	5.0	7.9	5.8	5.4	4.5	55.1	42.7
NP半量区	5.3	7.8	5.8	6.7	4.6	55.1	43.4
太陽熱・NP半量区	5.3	7.8	6.0	5.4	4.9	56.0	44.2
標準誤差 (±)	0.1 <sup>NSc)</sup>	0.2 <sup>NS</sup>	0.8 <sup>NS</sup>	0.3 <sup>NS</sup>	0.5 <sup>NS</sup>	0.4 <sup>NS</sup>	1.5 <sup>NS</sup>

<sup>a)</sup>: N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=25-15-25(kg/10a).

<sup>b)</sup>: シュクロース+グルコース+フラクトース.

<sup>NS</sup>: 有意差は認められないことを示す.

も多かった。Lサイズや2Lサイズにおいては、太陽熱・NP半量区の正品収量は慣行栽培区と有意な差は認められなかった。

表8に示すように太陽熱・NP半量区は薄色、裂根およびしみ腐症の割合が慣行栽培区に比べて有意に

高かった。表9に内部品質（全糖含量、Brix糖度、硝酸態窒素含量、還元型ビタミンC含量、β-カロテン含量）と表面色（明度や彩度）について示したが、処理区間に有意差は認められなかった。

## IV 考 察

ニンジン一般に多肥栽培されるため、現在の施肥法では収穫後に窒素やリン酸が土壤中に多量に残存したり、地下水等への汚染<sup>9)</sup>が懸念されるなど環境保全の観点から問題となっている。ニンジンへの窒素施肥量の削減に関しては、北嶋によって肥効調節型肥料の利用<sup>9)</sup>が、河野らの局所施肥<sup>8)</sup>等の施肥法の改善が検討されてきた。北嶋<sup>9)</sup>は、被覆肥料の利用によって、岐阜県の施肥基準（10a当たりN-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=25kg-25kg-25kg）の窒素施肥量を3割程度減肥しても収量性が確保され、硝酸性窒素による地下水への環境汚染も軽減できることを実証した。河野ら<sup>8)</sup>は、茨城県において、全体の窒素施肥量を慣行栽培の施肥基準の5割まで減肥しても慣行裁

培並の収量が得られる栽培技術（基肥の窒素施肥量を慣行の25%減で条施し、追肥を慣行の窒素施肥量の60%減で播種後45日頃に1回実施）を開発した。

2年間の本試験についても、肥効調節型窒素肥料の利用による慣行の窒素施肥量5割削減に加えて、リン酸についても慣行の5割削減でも、基準量区や慣行栽培区並の収量が得られた。一方、慣行の窒素およびリン酸施肥量の5割減肥と太陽熱処理を組み合わせた栽培法では収量が基準量区や慣行栽培区よりも有意に多かった(表4, 表7)。

このように、慣行の窒素施肥量の5割削減でも慣行栽培並みの収量が得られたのは、土壌表面から深さ60cm迄の土壌中の無機態窒素放出量が、年間

13kg/10a程度ある圃場であった<sup>(5)</sup>ことが影響しているものと推察される。

太陽熱処理を行うことで、全収量は他の処理区よりも高かったが、しみ腐症等の非正品の割合も高かったため、正品収量は基準量区や慣行栽培区並であった。また、太陽熱・NP半量区において、商品価値が最も高いと言われるM、Lサイズに占める正品収量も、基準量区や慣行栽培区並であった。

太陽熱・NP半量区における非正品の中で、特にしみ腐症が他の処理区に比べて有意に高かった。我が国ではニンジン根部にしみ症状を示す病害では、*Pythium*属によるものが多い<sup>(18)</sup>とされ、しみ腐病菌は*Pythium sulcatum*と同定されている<sup>(16)</sup>。細根に感染した*Pythium sulcatum*が細根とともに土壤中に残り、伝染源になるといわれている<sup>(18)</sup>。本試験を実施した圃場は、試験開始の2年前からニンジンを連

作していたことから、年々しみ腐病菌の密度が高くなっていったことが推察される。また、太陽熱処理により微生物相が単純化し、残った病原菌が発生源になったとも考えられるが、今後の検討が必要である。

一方、明度や彩度で示される表面色や全糖含量、Brix糖度、硝酸態窒素含量、還元型ビタミンC含量、β-カロテン含量で示される内部品質については、処理区間に有意差は認められなかった(表5, 表8)。矢野ら<sup>(19), (20)</sup>もニンジンの根色や糖類含量を支配する要因の中で、施肥量の影響は小さかったことを報告している。

以上のように、本試験によりニンジン播種前に太陽熱処理を行い、処理時に肥効調節型窒素肥料を利用して施肥量(窒素とリン酸)を慣行より5割削減しても慣行栽培と同様の正品収量と内部品質が得られることが明らかにされた。

## V 摘 要

1999年と2001年に中央農業総合研究センター谷和原畑圃場において、ニンジン播種前に太陽熱処理を行い、処理時に肥効調節型肥料を施肥することによ

り、現行の施肥基準より窒素・リン酸施肥量を半減でき、慣行栽培並の正品収量と内部品質が得られた。

## 謝 辞

本研究において土壌消毒にあたり業務第3科の野村良邦科長に指導していただいた。ここに記して感

謝申し上げます。

## 引 用 文 献

1. 藤原俊六郎・安西徹郎・加藤哲郎(1997)“3. 土壌の化学性の診断方法と基準”. 土壌診断の方法と活用. 農文協, 87-104.
2. 東尾久雄・永田雅靖(1996)“品質成分”. 新・食品分析法. (社)日本食品科学工学会・新・食品分析法編. 光琳, 639-643.
3. 茨城県(1998)“ニンジン”. 平成10年農作物病害虫雑草防除基準. 茨城県, 187-188.
4. 茨城県農業総合センター(1994)“ニンジン”. 野菜耕種基準. 茨城県農業総合センター, 149-152.
5. 片山勝之・三浦憲蔵・皆川望・徳田博美(2002)太陽熱処理及び肥効調節型肥料の利用による秋冬にんじんの減肥・減農薬栽培技術. 関東東海北陸農業研究成果情報平成13年度Ⅲ, 関東東海北陸農業試験研究推進会議中央農業総合研究センター, 14-15.
6. 片山勝之(2002)小型反射式光度計によるニンジンの硝酸含量の簡易測定について. 根の研究, 11(3), 125-127.

7. 片山勝之・皆川望・三浦憲蔵 (2003) 透明ポリエチレンフィルムの土壌表面被覆による太陽熱処理の雑草防除効果, 中央農研研報, 3, 81-87.
8. 河野隆・山縣真由美・小川吉雄 (1998) 低投入施肥管理のためのニンジンの窒素施肥法. 茨城農研報, 5, 33-40.
9. 北嶋敏和 (1991) 黒ボク土壌における「にんじん」の効率的施肥. 岐阜農研報, 4, 1-35.
10. 小玉孝司・福井俊男 (1979) 太陽熱とハウス密閉処理による土壌消毒法について. I. 土壌伝染性病原菌の死滅条件の設定とハウス密閉処理による土壌温度の変化. 奈良農試研報, 10, 71-82.
11. 小玉孝司・福井俊男 (1982) イチゴ萎黄病に対する露地型太陽熱土壌消毒法の適用. 日植病報, 48, 699-701.
12. 桑田主税・成川 昇・粕谷洋一 (2000) 太陽熱を利用した畑雑草の防除. 千葉農試研報, 41, 35-44.
13. 皆川望・片山勝之・三浦憲蔵, 露地における太陽熱処理のネコブセンチュウ等の防除効果, 中央農研研報, 投稿中.
14. 村田明夫 (1986) ネギ黒腐菌核病に対する太陽熱利用の土壌消毒. 今月の農業, 30 (5), 42-45.
15. 信岡 尚・細田陽子 (1992) 露地太陽熱処理による雑草抑制. 奈良農試研報, 23, 50-51.
16. Nagai, Y., Fukami, M., Murata, A. and Watanabe, T. (1986) Brown-blotted root rot of carrots in Japan (1) Occurrence, Symptoms and Isolation. Ann. Phytopath. Soc. Jpn., 52, 278-286.
17. 小川勉・川城英夫・加藤楠候・佐藤忠弘 (1986) 作型を生かすニンジンのつくり方. 農文協, 267 p.
18. 棚橋一雄 (1993) ニンジンのしみ腐病の発生生態と防除. 植物防疫, 47 (10), 26-30.
19. 矢野昌充・伊藤洋・速水昭彦・小濱節雄 (1981) 野菜の品質に及ぼす栽培条件の影響に関する研究. I キャベツ及びニンジンの糖組成・含量. 野菜試報, A.8, 53-67.
20. 矢野昌充・伊藤洋・速水昭彦・小濱節雄 (1981) 野菜の品質に及ぼす栽培条件の影響に関する研究. III ニンジンの根色. 野菜試報, A.8, 81-91.

## Effect of Low Input of Chemical Fertilizer and Agricultural Chemicals on Yield and Quality of Carrots

Katsuyuki Katayama<sup>\*1</sup>, Kenzo Miura<sup>\*2</sup> and Nozomu Minagawa<sup>\*3</sup>

### Summary

We investigated low input technique of chemical fertilizer and agricultural chemicals for carrots at the Yawara experimental field in Ibaraki in 1999 and 2001. We solarized the soil before sowing carrots and applied controlled availability nitrogen fertilizers before solarization. Then, we could reduce application rate of both nitrogen and phosphorus fertilizer by 50% compared with the standard application rate. At the same time, we could still obtain the same salable yield and internal quality of carrots in this method as conventional method.

---

Received: 8 January, 2003

<sup>\*1</sup> Dept. of Research Planning and Coordination, National Agricultural Research Center

<sup>\*2</sup> Dept. of Soils and Fertilizers, National Agricultural Research Center

<sup>\*3</sup> National Agricultural Research Center for kyusyu Okinawa Region