

## 干拓地砂地畑の肥培管理の違いがニンジン収量に及ぼす影響

桑名健夫\*・吉倉惇一郎\*・牧 浩之\*

## 要 約

揖保郡御津町苧屋地区の干拓地砂地畑における7月どりニンジンの生産性の向上と安定化を目的として、現地ほ場で栽培試験を行い、収量と養分吸収及び土壌の化学性の検討を行うとともに肥培管理対策を明らかにした。

- 1 本干拓地におけるニンジン収量制限要因の第一は、海水の影響、第二は土壌のCa/K比の高さにあると判断した。
- 2 海水の影響程度を示す土壌の交換性Na含量とニンジン収量には高い負の相関が認められた。
- 3 海水の影響を強く受ける石灰飽和度の高いほ場では、苦土の施用効果が大きかった。
- 4 海水の影響が少ないほ場では、土壌のCa/K比とニンジンの収量との間に高い負の相関が認められ、カリの施用効果が大きかった。
- 5 可給態リン酸含量が乾土100g当たり100mg以上の場合、リン酸施肥量はニンジンのリン酸吸収量程度にとどめてもよい。
- 6 オガクズ入り牛ふん堆肥3t/10aの施用効果が大きかった。
- 7 ニンジン1tを生産するために吸収される養分量は、窒素3kg、リン酸2kg、カリ7kg、石灰3kg及び苦土1kg程度であった。

## Effects of Manuring Practice on Carrot Yield in Polder Sandy-Fields

Takeo KUWANA, Jun-ichiro YOSHIKURA and Hiroyuki MAKI

## Summary

Yield, nutrient uptake of carrots harvested on July and chemical properties of soils were investigated to find means for improving of carrot yield in polder sandy-fields at Kariya Mitsu-cho Ibo-gun.

- (1) Sea water and then Ca/K of soils appeared to be determining factors of carrot yield.
- (2) Carrot yield had a high negative correlation with exchangeable Na in polder sandy soil.
- (3) In fields influenced by sea water and lime-saturation percentage, Mg application was effective for carrot yield.
- (4) Yield of carrots showed a high negative correlation with Ca/K of soils, and K application was effective for carrot yield.
- (5) For available phosphoric acid >100mg/100g dry soil, phosphoric acid should be apply within phosphoric acid uptake of carrot.
- (6) Sawdust cattle feces compost 3t/10a application was very effective for carrot yield.
- (7) Uptake of nutrients for carrot production (1t) was N 3kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 2kg, K<sub>2</sub>O 7kg, CaO 3kg, MgO 1kg.

キーワード：干拓地、砂地畑、ニンジン、養分吸収、塩基バランス、リン酸

## 緒 言

揖保郡御津町苧屋地区の干拓地は、兵庫県播州平野の南西、揖保川河口に位置し、瀬戸内海に面している。こ

こでは約100haにわたり、海砂を埋め立てた全層砂質土壌の畑地が造成され(干拓工事は3期にわたり、大正年代に約30ha、昭和23~25年に58ha、昭和30~32年に12haが完成)、ダイコンとニンジンの輪作を中心とした栽培体系が定着しており、本県でも有数の露地野菜産地を形成している。前家<sup>4)</sup>によると海拔0m地帯の

1995年8月31日受理

\*中央農業技術センター

本干拓地における重要な土壌管理対策は冠水防止と排水対策の2つをあげ、海砂の客土による地上げと排水路の清掃が欠かせないとしている。また、排水路の水のECの測定結果から、海水が干拓地内へ浸入しており、その影響は南へ行くほど大きいとしている。一方、藤井ら<sup>2)</sup>は、1988年に実施したニンジンとダイコンの輪作ほ場の土壌実態調査から、苦土とカリの不足による塩基バランスの不均衡及び地力が低いことを指摘している。本報はこれらの調査結果に基づき、とくに本干拓地土壌では収量レベルが低い7月どりニンジン(目標収量4t/10aに対して、平均収量は3tに満たない<sup>2)</sup>)に対する肥培管理対策を1990年に現地ほ場において検討したのでその結果を報告する。

なお、現地試験の実施にあたり、御津町荊屋地区の堀江隆司氏と浜村忠司氏並びに現佐用農業改良普及センターの前家正起普及員には全面的な協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

## 材料及び方法

### 1 供試ほ場

春夏作にニンジン、秋冬作にダイコンを栽培する輪作ほ場を対象として、干拓地南部に位置する生産性の低いほ場(冠水しやすく、地上げのために海砂を10a当たり

約70t客土後1年半が経過、以下低収ほ場と略す)と北部に位置する生産性の高いほ場(過去5年以上客土をしていない、以下高収ほ場と略す)の2ほ場を選定した。いずれも昭和23~25年に干拓されたほ場である。

### 2 供試ほ場の土壌の特徴

試験開始前の土壌の化学性を表1に示した。貝殻の破片が多く観察される低収ほ場の土壌のpHは7.7と高く、交換性Ca量が極端に多く、石灰飽和度は280%に達していた。一方、高収ほ場の土壌のpHは5.8、石灰飽和度は67%であった。乾土100g当たりの交換性Na量は低収ほ場の0.070meqに対して、高収ほ場では0.023meqと低かった。CECは、低収ほ場では3.7meq、高収ほ場では5.3meqであった。可給態リン酸量は両ほ場とも大差なく130~140mgであった。また、低収ほ場の砂の粒子は比較的大きく、高収ほ場は比較的小さかった。

### 3 試験区の構成と供試肥料・資材

藤井ら<sup>2)</sup>が指摘した苦土とカリが不足気味で可給態リン酸が多く、養分保持力が小さいという土壌特性に対して、苦土、カリ、リン酸及び牛ふん堆肥の施用効果を検討した。1区15m<sup>2</sup>、2連制で、表2に示したような11試験区を設定した。供試肥料・資材についても表2に示した。なお、苦土2倍区、4倍区については、土壌分析結果から、作土中の交換性苦土含量を15kg/10aと

表1 供試ほ場の土壌の化学性

供試ほ場	腐植 %	pH (H <sub>2</sub> O)	CEC meq/100g	交換性				石灰飽和度			可給態リン酸(Truog法) mg/100g	
				Ca	Mg	K	Na	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K		%
低収ほ場	0.6	7.7	3.7	10.34	0.74	0.17	0.070	14.0	60.8	4.4	280	130
高収ほ場	0.8	5.8	5.3	3.53	0.50	0.21	0.023	7.1	16.8	2.4	67	140

表2 試験区の構成と供試肥料・資材

試験区名	基肥(kg/10a)				追肥(kg/10a)			供試肥料・資材*
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
慣行	10	10	10	—	10	10	10	ニンジン専用
カリ無施用	10	10	—	—	10	10	—	硝安、過石
カリ2倍	10	10	20	—	10	10	20	ニンジン専用、硫酸カリ
カリ4倍	10	10	40	—	10	10	40	同上
苦土2倍	10	10	10	15	10	10	10	ニンジン専用、加工苦土肥料
苦土4倍	10	10	10	45	10	10	10	同上
リン酸無施用	10	—	10	—	10	—	10	NK化成
リン酸2倍	10	30	10	—	10	10	10	ニンジン専用、重過石
リン酸4倍	10	70	10	—	10	10	10	同上
堆肥1t	10	10	10	—	10	10	10	ニンジン専用、堆肥
堆肥3t	10	10	10	—	10	10	10	同上

\*ニンジン専用：ケイ酸カリ有機入り粒状複化成(8-8-8) 硝安(N=34.4%) 過石(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=17%) 重過石(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=45%) 硫酸カリ(K<sub>2</sub>O=50%) 加工苦土肥料(水マグ：硫酸苦土=1:3, 溶解性MgO=33% うち水溶性MgO=11%) NK化成(16-0-16) 堆肥：市販のオガクズ入り牛ふん堆肥(水分35%)

想定して、その2倍量、4倍量となるように施用した。

#### 4 耕種概要

ニンジンの品種は金港四寸を用いた。基肥及び資材は3月20日に全層に施用した。畝幅100cmで、梅雨期の冠水を防ぐために高畝にして、3月22日に2条に播種した。発芽後本葉3枚時までには間引きをした。追肥は、間引き後の5月2日に施用した。灌水は行わなかった。その他の管理は本産地の慣行に準じた。

#### 5 調査及び分析

##### (1) 収量調査

収量調査は7月9日に行った。1区当たり3㎡のニンジンを抜き取り、付着した砂をタオルで拭き落とし、根重(収量)と地上部重(茎葉重)を測定した。

##### (2) 作物体の分析

1区につき平均的な大きさの10株を選定し、水洗後、根部は短冊型に細断し、80℃で通風乾燥し、水分測定後、粉碎して分析に供した。根部及び茎葉部の無機成分の測定は常法で行った。すなわち、Nはガンニング変法で測定した。N以外は硝酸・過塩素酸で分解後、Pはバナドモリブデン酸比色法、K、Naは炎光光度法、Ca、Mg、Fe及びMnは原子吸光光度法で測定した。そして、根中含有量と茎葉中含有量の和を吸収量とした。

##### (3) 土壌の調査分析

収穫時の跡地土壌の分析は、1試験区から5カ所の作土を採取し、混合して1試料とした。土壌は風乾後、2mm篩別して一般分析に供した。土壌の一般分析は常法で行った。

### 結 果

#### 1 各処理によるニンジンの収量

ニンジンの収量調査結果は表3に示した。

低収ほ場では、カリ4倍区、リン酸2倍区、リン酸4

表3 各処理によるニンジン収量(根部新鮮重 t/10a)

試験区名	低収ほ場	高収ほ場
慣行	2.23 (100)	2.90 (100)
カリ無施用	2.60 (116)	2.75 (95)
カリ2倍	2.60 (116)	3.78 (130)
カリ4倍	2.12 (95)	3.78 (130)
苦土2倍	3.30 (148)	2.95 (102)
苦土4倍	2.94 (132)	2.88 (99)
リン酸無施用	2.29 (103)	3.38 (116)
リン酸2倍	1.67 (75)	3.08 (106)
リン酸4倍	2.11 (95)	2.90 (100)
堆肥1t	2.09 (94)	2.90 (100)
堆肥3t	2.39 (107)	3.08 (106)

( )内の数値は慣行区を100とした収比

倍区及び堆肥1t区で慣行区の収量を下回った。リン酸2倍区の収量はとくに低く、収比は75であった。一方、苦土2倍区、苦土4倍区の収量はとくに高く、慣行区と比較して30%以上増収した。

高収ほ場で慣行区の収量を下回ったのは、カリ無施用区と苦土4倍区だけで、それ以外の試験区では慣行区と同等かそれ以上の収量を示した。とくにカリ2倍区、カリ4倍区が好成績で、慣行区比30%の増収であった。

なお、ニンジンの品質面には差は認められなかった。

#### 2 ニンジン収量と無機成分吸収

ニンジン収量に及ぼす無機成分吸収の影響をみるために、収量と根中及び茎葉中の成分含有率との相関係数を表4に、収量と成分吸収量相互間の相関係数を表5に示した。低収ほ場では、収量と茎葉中のFe及びMn含有率間に高い負の相関が認められ、収量と根中のMn含有率間に高い正の相関が認められた。次に、吸収量との関係を見ると、収量とN、K、Na及びMg吸収量間にも高い正の相関が認められた。とくに、収量とMg吸収量との相関は高く、0.1%水準で有意であった。

高収ほ場では、収量と根中及び茎葉中のK含有率間に高い正の相関が認められ、収量と葉中Na含有率間に高い負の相関が認められた。また、収量、P吸収量及びK吸収量相互間にも高い正の相関が認められた。

#### 3 ニンジン収量と土壌の化学性

ニンジン収量及び収量と相関の高い無機成分吸収量と収穫時作土の化学性との相関関係を表6に示した。

低収ほ場では、交換性Na含量と収量及びK吸収量間に高い負の相関が認められた。

高収ほ場では、交換性K含量及びNa含量と収量及びK吸収量間に高い正の相関が認められた。一方、交換性Ca含量及びCa/K比と収量及びK吸収量間には高い負の相関が認められた。

表4 ニンジン収量と無機成分含有率との単相関係数(n=11)

無機成分	低収ほ場		高収ほ場	
	根中 含有率	茎葉中 含有率	根中 含有率	茎葉中 含有率
N	-0.032	-0.275	-0.486	-0.064
P	0.243	-0.055	0.012	0.262
K	0.034	-0.076	0.654*	0.602*
Na	0.181	0.505	-0.389	-0.644*
Ca	-0.238	-0.552	-0.067	0.204
Mg	0.412	0.416	-0.457	-0.498
Fe	0.343	-0.639*	0.084	0.416
Mn	0.761**	-0.608*	-0.379	-0.108

\*\*\* : 0.1%水準で有意, \*\* : 1%水準で有意,

\* : 5%水準で有意

低収ほ場と高収ほ場の両ほ場の結果を同一グラフにプロットして、ニンジン収量と収穫時作土の交換性Na含量及びCa/K比との関係をみたところ、図1及び図2に示したように、いずれも高い負の相関関係が認められた。

#### 4 ニンジンの養分吸収量

根部と茎葉部の乾物重と無機成分含有率から、各試験区における成分吸収量を求め、ニンジン根部1tを生産するために要した養分量を算出して表7に示した。これによると、高収ほ場で生育したニンジンの方が低収ほ場のニンジンより、1tを生産するために吸収される養分量がやや多かった。平均収量が3.13t/10aであった高収ほ場の場合、ニンジン1tを生産するために およそ窒素を3kg、リン酸を2kg、カリを7kg、石灰を3kg、苦土を1kg吸収していた。また、各試験区による養分吸収量の変動をみると、相対的に低収ほ場ではリン酸と石灰の変動が大きく、高収ほ場では石灰と苦土の変動が

表5 ニンジン収量と無機成分吸収量相互間の単相関係数

	N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn
低収ほ場	0.93	0.42	0.82	0.62	0.23	0.88	0.35	0.43
N		0.54	0.72	0.71	0.27	0.87	0.26	0.28
収P			0.29	0.35	0.15	0.47	0.09	0.10
K				0.31	0.54	0.84	0.65	0.68
ほNa					0.06	0.47	-0.04	0.03
Ca						0.29	0.57	0.73
場Mg							0.38	0.42
Fe								0.82
高収ほ場	0.24	0.64	0.84	-0.39	-0.00	-0.21	0.30	0.30
N		0.70	0.22	0.00	0.75	0.43	0.16	0.53
収P			0.61	0.07	0.32	0.37	0.33	0.63
K				0.49	0.12	0.32	0.24	0.24
ほNa					0.10	0.30	0.23	0.37
Ca						0.40	0.01	0.38
場Mg							0.07	0.61
Fe								0.14

r>0.85:0.1%有意, r>0.74:1%有意, r>0.60:5%有意(n=11)

表6 ニンジン収量及び収量と相関の高い無機成分吸収量と収穫時作土の化学性との単相関係数(n=11)

	土壤pH	可給態		交換性						
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca	Mg	K	Na	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	
低収ほ場	収量	0.356	-0.247	-0.431	-0.032	-0.217	-0.643*	-0.509	-0.138	0.365
	N吸収量	-0.290	-0.103	-0.223	0.214	-0.475	-0.582	-0.570	0.152	0.623*
	K吸収量	-0.119	-0.411	-0.190	0.242	0.126	-0.649*	-0.572	-0.348	0.110
	Na吸収量	-0.418	0.261	-0.129	0.006	-0.453	-0.245	-0.181	0.255	0.408
	Mg吸収量	0.034	-0.250	-0.189	0.210	-0.203	-0.576	-0.517	-0.075	0.362
高収ほ場	収量	0.195	-0.169	-0.609*	-0.184	0.843**	0.700*	-0.141	-0.692*	-0.542
	P吸収量	0.076	0.119	-0.562	-0.013	0.509	0.196	-0.222	-0.495	-0.199
	K吸収量	0.448	-0.104	-0.631*	-0.012	0.870***	0.606*	0.442	-0.772**	-0.417

\*\*\*:0.1%水準で有意, \*\*:1%水準で有意, \*:5%水準で有意

大きかった。

#### 考 察

##### 1. 干拓地砂地畑土壌におけるニンジンの収量制限要因

表6及び図1に示した結果は、交換性Na含量がニンジン収量の制限要因であることを示唆しており、低収ほ場でその傾向が明らかである。しかし、その低収ほ場においても、収量とNa吸収量とは高い正の相関が認められ、交換性Na含量とNa吸収量間の相関は認められない。このことは交換性Naが直接にはニンジン収量に影響を及ぼしていないことを示している。そこで、土壌中の交換性Na量の多少は海水の影響によるものと考えられることや、ニンジンはNaには強い耐性を示すが、Clに対する耐性が弱いとされている<sup>5)</sup>ことを考え併せると、ニンジン収量は海水に由来するClの影響を強く受けていると推察される。つまり、土壌中の交換性Na含量は海水の影響を示すものと考えられる。

一方、表6及び図2に示したように、収穫時作土のCa/K比もまたニンジン収量の制限要因と考えられる。Ca/K比の場合、とくに高収ほ場でその傾向は顕著に現れ、Ca/K比が低いほどK吸収量が増加して収量も増加する関係が明らかである。

以上、本干拓地においてニンジン収量の高位安定化を図るためには、まず、海水の影響を排除して作土中の交換性Na含量を低くすることが大切であると考えられる。交換性Na含量が低いほ場(図1より常時乾土100g当たり0.04meq以下ぐらいと推測される)では、ニンジンの生産性は高くなり、土壌のCa/K比が低いほど増収することから、Ca/K比の改善によりさらに安定的に高収量が望めると考えられる。

##### 2 ニンジン収量に及ぼす各処理の影響

###### (1) 塩基バランスの改善

本干拓地のプリンスメロンの葉枯れ症対策として、津



表8 慣行区における施用養分量に対する吸収養分量の割合及びリン酸、カリの施用養分利用率(%)

供試ほ場	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
低収ほ場	29	16 (-1)	83 (9)
高収ほ場	48	29 (-7)	110 (47)

\* 施用養分利用率(カッコ内の数値) = (慣行区の養分吸収量 - 無施用区の養分吸収量) ÷ 施用養分量 × 100

表9 施用したオガクズ入り牛ふん堆肥の養分含有量 (kg/現物1t)

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O
13.7	4.8	16.3	7.9	4.6	3.5

高収ほ場ともに130~140 mg/100 g 乾土であった。ここでは、リン酸増施の効果は認められなかった。かえって低収ほ場では慣行区よりも減収になり、高収ほ場でもリン酸無施用区、2倍区、4倍区の順に減収する傾向を示した。また、表8で示したように施用リン酸利用率をみると計算上マイナスとなり、リン酸無施用区のリン酸吸収量が慣行区より多くなっていることを示している。リン酸吸収係数の大きい黒ボク土では、ニンジンには可給態リン酸含量に対して感受性が低く、最高収量の得られる可給態リン酸値は高いが適正上限値は50 mg/100 g 乾土程度とされている<sup>1)</sup>。これらのことから本干拓地砂地畑においても、可給態リン酸が100 mg/100 g 乾土以上もあれば、リン酸の施用量をニンジンの吸収量だけ補給する程度に抑えても生産性に影響しないと考えられる。

### (3) 牛ふん堆肥の施用

砂質干拓地土壌における白ネギ栽培には地力維持増進の面からオガクズ入り牛ふん堆肥4 t/10a 施用をはじめ有機物施用の効果が高いことが報告されている<sup>2)</sup>。本干拓地のニンジン栽培においてもオガクズ入り牛ふん堆肥の施用効果は高く、1 t/10a よりも3 t/10a 施用のほうが好結果を得た。その理由として、堆肥には多面的な施用効果が期待できるが、とくに表9に示したように本試験で施用したオガクズ入り牛ふん堆肥はカリの含有量が多く、土壌のCa/K比の改善効果に加えて、カリの吸収量が窒素の約2.5倍にもなるニンジンに対して、カリの補給源としての効果が高かったものと考えられる。ただ、後作のダイコンの品質面から堆肥の多量施用には注意が必要である。3月に施用した堆肥による土壌中の腐植含量の増加をみると、ダイコンを播種する9月において、3 t/10a 施用でも約0.1%の増加しか認められず、ダイコン作への影響は小さいと考えられた。したがって、オガクズ入り牛ふん堆肥の施用量は、3 t/10a 程度が

適切と考えられる。

### 3 望ましい肥培管理

本干拓地におけるニンジンの施肥については、収量の制限因子となるカリの肥効を高めるために、ケイ酸カリ有機入り粒状複合肥料(8-8-8)を用いて、カリで合計20 kgを基肥と追肥の2回、等量ずつ施用するのが標準である。表7、表8から、ニンジン1 t生産するためにカリは7 kg必要であり、施用したカリが100%利用されるとしても、この標準施肥量では3 t/10a程度しか収穫できないことになり、低収ほ場には適合するが、目標収量4 t/10aをめざす高収ほ場ではカリで約8 kg不足する。そこで、カリの吸収量28 kgは肥料で施用して、土壌のCa/K比の改善分としてオガクズ入り牛ふん堆肥を3 t/10a程度施用するのが望ましいと考えられる。いずれにしても、海水の影響程度から、栽培ほ場の収量性を判断して施肥を行うことが大切であると考えられる。

本干拓地土壌ではニンジンに対して、カリを多く含むオガクズ入り牛ふん堆肥の施用効果が高いことが明らかになったが、堆肥施用の経費(堆肥代と労賃)を考慮すれば、産地の土壌に適合したニンジン専用肥料(リン酸が少なく、窒素の2倍量のカリを含む)の開発や緩効性肥料の活用法など堆肥施用効果に劣らない施肥技術を検討してゆくことも今後の課題であろう。

### 引用文献

- (1) 小川昭夫・亀和田国彦(1988): 可給態リン酸の適正水準と上限値: 関東東海農業の新技术 4, 77-83
- (2) 藤井教子・津高寿和・青山喜典・大島輝彦(1990): 砂質野菜畑における根菜類の生産性と土壌の化学性: 兵庫中央農技研報(農業編) 38, 97-104
- (3) 桑名健夫・時枝茂行・吉倉惇一郎・二見敬三(1985): 田畑輪換野菜の根圏改善による生育障害対策(第2報): 近畿中国農研 69, 54-59
- (4) 前家正起(1990): 干拓地におけるダイコン・ニンジン栽培: 兵庫園研報 5, 49-54
- (5) 田中 明ら(1974): 塩基適応性の作物種間差(第3報) ナトリウム適応性: 土肥誌 45, 285-292
- (6) 田中 明ら(1977): 塩基適応性の作物種間差(第6報) カリウム適応性: 土肥誌 48, 175-180
- (7) 津高寿和(1982): プリンスメロンの葉枯れ症の原因と対策: 農業及び園芸 57, 1162-1166
- (8) 吉浦昭二ら(1987): 砂質干拓地土壌における野菜の生産安定技術: 土肥誌 58, 240-242