

# ニンジンのビニルトンネル栽培地域における環境保全型土壌管理

## 第2報 環境を配慮したニンジンの窒素施肥量

松家義克・中野充宏・梯 美仁

The soil management for environmental preservation in cultivated area of carrot in plastic tunnel  
2, Rate of nitrogen fertilizer application of carrot for environmental preservation

Yoshikatsu MATSUKA, Mitsuhiro NAKANO and Yoshihito KAKEHASHI

### 要約

松家義克・中野充宏・梯 美仁(2001): ニンジンのビニルトンネル栽培地域における環境保全型土壌管理 第2報 環境を配慮したニンジンの窒素施肥量. 徳島農研研報, (37):

~  
ニンジンの収量, 品質を維持しつつ環境への負荷が低減できる窒素施肥量を, 本県  
施肥基準量

2.0kg/aを対照とし, 2割減肥した 1.6kg/a, 農家現行量である 3.0kg/aの合計3区から  
検討し  
た。

2割減肥すると葉の生育は劣る場合がみられが, 収量は大きく低下せず現状を維持  
できた。農

家現行量では葉の生育は優る場合がみられたが, 増収しなかった。品質成分である  
-カロテン,

全糖ともに施肥量の影響がみられなかった。  
ニンジンの窒素吸収割合(吸収量/施肥量×100)は施肥量に反比例した。従って, 2割減肥  
することで施肥効率が向上し, 環境への負荷が低減できると考えられた。

以上のことから, 窒素施肥量を本県施肥基準量から2割減肥し 1.6kg/aとすることで,  
収量,  
品質を維持しつつ環境への負荷が低減できることが明らかとなった。

キ-ワ-ド: ニンジン, トンネル栽培, 減肥, 品質

### はじめに

前報6)では, 徳島県吉野川下流域の沖積平野における  
トンネルニンジン栽培地域において, 下層土への硝酸態窒素の集積状況を実態調査し, 夏作の野菜  
への施肥と冬作のニンジン後に残る硝酸態窒素が地下水等環境へ影響を及ぼす恐れがあることを明  
らかにした。夏作に水稻が栽培される圃場では, 下層土への集積がみられなかったものの, ニンジン後  
の硝酸態窒素が多いと, 代かき時の落水などにより河川等へ流出し, 水質汚染をもたらす原因になる  
ことが懸念される。これらから, ニンジン後に窒素をできるだけ残さないこと, すなわち窒素収支をでき  
るだけ小さくする必要がある。

本栽培におけるニンジンの窒素吸収量は, 1~1.4kg/a程度10)である。1995, 96年度の実態調査11)  
によると, 現場での窒素施肥量は, 1.8~4kg/aの範囲であり, 吸収量をはるかに上まわる地点がみら  
れた。さらに, 調査地点の7割において本県施肥基準量2kg/aを超過しており, 超過地点の窒素施肥量  
の平均値は3kg/a程度であった。全調査地点で有機質肥料が施用されていたことから, 施肥量が多  
くなる原因として, その肥効が緩慢なことが関係していると思われる。

ニンジン栽培における窒素収支の改善例として, 被覆肥料を利用した減肥3)が報告されている。とこ  
ろが, 本県では, 主に速効性化成肥料と有機質肥料を混合した施肥がされている。さらに, トンネル栽  
培のため追肥の施用が困難なことから, 全量基肥で全面全層施用されている。  
そこで, 本報では, 農家が使用している肥料, 施肥法を用いて, ニンジンの収量, 品質を維持しつつ環  
境への負荷が低減できる窒素施肥量を検討した。

### 試験方法

#### 1 試験圃場の所在地, 土壌条件

試験は1998~1999年度に行った。試験圃場は, 夏作に水稻が栽培されてきた圃場を水田, ソルゴー  
や野菜が栽培されてきた圃場を畑とし, 1998年度には, 現地(板野郡藍住町)における水田1, 水田2,  
畑1, 畑2の合計4圃場を選定した。1999年度には, 現地における水田1, 水田2, 畑1の3圃場と, 試験  
場内における畑3の合計4圃場を選定した。各圃場の夏作の概要は第1表に示した。各圃場の土壌

は、水田1,水田2,畑1では細粒灰色低地土灰褐色系の多多良統(土性:粘質),畑2では中粗粒灰色低地土灰褐色系の善通寺統(土性:壤質),畑3では造成土(土性:壤質)である。作土の化学性は第2表に示したように、いずれの圃場も土壌有機物含量はやや少なかった。

## 2 試験区の構成

試験区の構成と施肥の内容等は第3表に示した。全圃場において、対照の2N区では、窒素施肥量として本県施肥基準量9) 2.0kg/aを施用し、それから2割減肥し1.6kg/a施用した区を1.6N区、農家現行量として3.0kg/aを施用した区を3N区とした。施肥方法は、全圃場の各区において、全面全層施肥で全量基肥施用とした。供試肥料は、現地圃場においては試験圃場の農家に準じ、無機質肥料と有機質肥料を施用した。また施肥窒素に占める無機質肥料と有機質肥料の割合も試験圃場の農家に準じた。場内圃場における供試肥料はニンジン専用有機配合肥料を用いた。各圃場ともリン酸、加里は窒素と同じ割合で減肥又は増肥を行い、施肥量の調整を行わなかった。なお、本試験は堆肥等の有機物を無施用で実施した。各区1連で行った。

ニンジンの耕種概要等は第4表に示したとおりである。なお、ニンジンの栽培は、間口3.1mのミニパイプハウスを用いたトンネル栽培であり、播種と同時に被覆を行い、気温の上昇に応じて換気穴をあける栽培方法である。

## 3 調査分析方法

生育調査は、生育中期(播種後90日,以下;+90),生育後期(+120,収穫時)に実施し、全圃場の各区において、2畝からそれぞれ平均的な個体20~30株ずつを採取し、葉重,最大葉長,根重,根長を調査した。なお、調査試料の採取位置は、一つのミニパイプハウス内に3畝ある水田1,水田2,畑1,畑2においては、真中の中央畝とその両端の外側畝の一方から採取した。2畝ある畑3においては両畝から採取した。さらに、各時期に調査した葉,根を80℃で2~3日間乾燥後,粉碎し常法8)により成分(窒素,リン,カリウム)含量を測定した。収量調査は、全圃場の各区において、収穫時に2畝からそれぞれ平均的な個体を100株ずつ,合計200株を一斉に採取し,裂根,又根を除いた50g以上の根(以下;規格品)の重量を測定した。なお、収量調査の試料を採取した2畝については、ミニパイプハウス内の畝数に応じて、生育調査時に準じた。根形調査は、収量調査した規格品を第5表のような基準で分け、それぞれの割合を求めた。

ニンジンに含まれるβ-カロテンおよび糖分析の試料は、土壌水分等施肥条件以外の栽培条件と同じにするため、中央畝では2条目,外側畝では3条目の平均的な個体5~10株を収穫時に採取し、その根部を分析に供した。β-カロテンは、加藤ら4)の方法に準じ磨砕抽出し,高速液体クロマトグラフで定量した。糖は、80%エタノールを加え磨砕抽出し,高速液体クロマトグラフで定量した。

生育初期(+30)から収穫時まで約30日ごとに、各区の中央畝から深さ0~20cmの土壌(作土)を連続的に採取した。なお、畑3では2畝の一方から採取した。土壌の採取は、全圃場の各区において2連で行った。この試料を表層から5cm刻みに分け、2連分をよく混合し,水蒸気蒸留法8)により土壌中の硝酸態窒素量を測定した。畑状態における土壌からの無機化窒素量は、保温静置法8)により測定した。

## 結果

### 1 生育

水田および畑におけるニンジンの生育は、それぞれ第1,2図に示した。

#### 1) 水田

葉の生育は、1.6N区についてみると、水田1,2ともに2N区に比べて劣る傾向であり、水田1では1998年度に葉長に有意差が認められ、水田2では2カ年とも葉長,葉重に有意差が認められた。3N区についてみると、1999年度の水田1の+90を除けば、各圃場で2N区に比べて有意差が認められなかった。

根の生育は、1.6N区についてみると、圃場により傾向が異なった。水田1では2N区に比べて優る傾向であり、2カ年とも根重と根長に有意差が認められた。水田2では劣る傾向であり、根重,根長(1998年度)に有意差が認められた。3N区についてみると、水田1では、2N区に比べて1998年度に根長が劣り,有意差が認められた。水田2では有意差が認められなかった。

#### 2) 畑

葉の生育は、1.6N区についてみると、畑1では2N区に比べて1998年度に葉長が劣り,有意差が認められた。畑2,畑3では有意差が認められなかった。3N区についてみると、各圃場で優る傾向であり、畑1,畑2ともに葉長に有意差が認められ,畑3では葉重,葉長に有意差が認められた。

根の生育は、1.6N区についてみると、畑3では2N区に比べて根重,根長で優り,有意差が認められ

た。その他の圃場では有意差が認められなかった。3N区についてみると、圃場や調査年度により傾向が異なった。畑1では1998年度に根重、根長ともに劣り、有意差が認められたが、1999年度には有意差が認められなかった。

畑2では有意差が認められず、畑3では優り、根重に有意差が認められた。

## 2 収量

水田および畑におけるニンジンの収量は、それぞれ第6、7表に示した。

### 1) 水田

全体的にみると、2N区の収量を100とした指数は、1.6N区については、1998年度の水田1では、発芽不良により中央畝のみの比較で135と高かったが、それを除けば90~110とやや低いかやや高く、大きく減収しなかった。3N区については、90~97とやや低いか同程度であった。概して窒素施肥量と収量の間に明確な傾向は見られなかった。

圃場ごとにみると、2N区の収量を100とした指数は、生育調査における根の生育差のあり方とよく似た傾向であり、1.6N区については、水田1で高く、水田2ではやや低い傾向であった。3N区については、水田1でやや低い傾向であり、水田2では同程度であった。

### 2) 畑

全体的にみると、2N区の収量を100とした指数は、1.6N区については、94~105と同程度であった。3N区については、90~107とやや低いかやや高い程度であった。概して、水田と同様、窒素施肥量と収量の間に明確な傾向は見られなかった。

圃場ごとにみると、2N区の収量を100とした指数は、

水田と同様、生育調査における根の生育差のあり方とよく似た傾向であり、1.6N区については、各圃場において同程度であった。3N区については、調査年度や圃場により傾向が異なった。畑1では1998年度にはやや低かったが、1999年度には同程度であった。畑2では同程度であり、畑3ではやや高かった。

## 3 - カロテン, 糖

ニンジンに含まれる - カロテン, 糖含量は、それぞれ第8、9表に示した。 - カロテン含量は、水田、畑ともに中央畝、外側畝において、2N区に対して有意差が認められなかった。糖含量については、スクロース含量に有意差が認められる場合がみられたが、全糖含量は有意差が認められなかった。

## 4 根形

1998年度の水田、畑における根形は第3図に示した。形状が良いとされる根形、すなわち先まで太り全体的に筒形に近い根の割合は、1.6N区についてみると、各圃場の中央畝では、2N区に比べて高い傾向であった。しかし、外側畝では水田2で高く、畑1で低く、一定の傾向がみられなかった。3N区についてみると、中央畝では水田1で高く、畑2で低く、一定の傾向がみられなかった。外側畝では差がない傾向であった。概して、1.6N区の中央畝で根形が良くなったのを除けば、施肥量との間に一定の関係がみられなかった。

## 5 作土の硝酸態窒素の推移

1998、99年度の各圃場におけるニンジン作付期間の

作土の層別硝酸態窒素の推移は、それぞれ第4、5図に示した。

### 1) 1998年度

各圃場における硝酸態窒素含量は、水田、畑ともに施肥量に比例する傾向であった。

ニンジンの細根の大部分が分布する深さ(5~20cm)では、播種後の経過日数に伴い少なくなる傾向であり、試験区間の差が縮まる傾向であった。一方、表層(0~5cm)では、5~20cmに比べて多く推移し、生育初期(+30)に比べて収穫時に増加する傾向であり、収穫時では3N区が最も多かった。しかし、1.6N区、2N区の間では、施肥量が反映される場合とされない場合がみられた。

また、施肥内容や夏作が異なると、同じ施肥量を施用しても硝酸態窒素含量が異なり、水田においては、無機質肥料の割合の多い水田1が水田2に比べて多かった。畑1では水田2と同様な施肥内容にもかかわらず多く推移した。

### 2) 1999年度

各圃場における硝酸態窒素含量は、1998年度とよく似た推移をする傾向であった。しかし、施肥後に大雨の影響を受けた水田2、畑1、畑3についてみると、水田2、畑1では前年度に比べて少なく推移した。また、畑3でも含量が少なく推移した。畑1では、1998年度と同様水田2に比べて多く推移した。

水田2から生育中期に採取した土壌(深さ5~20cm)を、30℃の畑状態で4週間保温静置し、無機化し

てきた窒素量は、1.6N区では50mg/kg乾土、2N区では48mg/kg乾土であり、差がみられなかった。

## 7 三要素含有率

1998年度の水田、畑における時期別の葉、根の三要素含有率は第10表に示した。窒素およびリン含有率は、水田、畑の葉、根ともに、+90から収穫時まで試験区間に一定の傾向が認められず、顕著な差がみられない傾向であった。カリウム含有率は、水田1では、3N区が調査期間を通して最も多く推移し、水田2、畑1では、収穫時で施肥量に比例する傾向がみられた。

## 8 養分吸収量、施肥吸収割合

水田、畑におけるニンジン全体の養分吸収量と施肥吸収割合は、それぞれ第11、12表に示した。各圃場の窒素、リン酸の吸収量は、試験区間に一定の傾向がみられず、顕著な差がみられない傾向であった。加里の吸収量は、カリウム含有率が施肥量に比例した1998年度の水田2と畑1において、施肥量に比例したのを除けば、試験区間に一定の傾向がみられず、顕著な差がみられない傾向であった。施肥吸収割合(吸収量/施肥量×100)は、窒素、リン酸、加里ともに、1.6N区>2N区>3N区の傾向であり、施肥量に反比例した。加里の施肥吸収割合は100%を越える場合が多かった。

## 考察

### 1 生育収量等

葉の生育は、水田、畑ともに葉重に顕著な差がみられないまでも、葉長においては3N区>2N区>1.6N区の傾向で差がみられる場合があり、作土の硝酸態窒素含量、すなわち施肥量の影響が考えられる。しかし、同じ圃場でも年により差がみられない場合があり、気象条件などの影響があると思われる。

根の生育についてみると、作土の硝酸態窒素含量や葉の生育と必ずしも一致しなかった。葉の生育が根の生育に反映されないことについて、古藤ら<sup>5)</sup>は、葉長、葉重が多くても根の生育は必ずしも良くなるなく、地上部と地下部の適正な比率の必要性を述べている。それ以外に塩類ストレスの影響が考えられ、水田1のような無機質肥料の割合が高く、しかも稲わら分解促進のための石灰窒素が施用されるなど作土の硝酸態窒素含量が顕著に多くなる施肥内容では、施肥量が少ないほど根の伸長、肥大が良くなる傾向であった。また、1998年度の水田1の3N区では、すき込まれた野菜残さやソルゴーから無機化してくる窒素が加わり、作土の硝酸態窒素含量が増加し、塩類ストレスも大きくなり肥大伸長が抑制されたと考えられる。なお、野菜残さやソルゴーから無機化してくる窒素による硝酸態窒素の増加は、水田2と同じ施肥内容にもかかわらず多く推移したことから裏付けられる。

夏作にソルゴーや野菜が栽培されてきた畑1、畑2、畑3において2割減肥しても根の生育が劣らなかったのは、施肥窒素以外に野菜残さやソルゴーから無機化してくる窒素等を吸収したり、下層に集積した硝酸態窒素<sup>6)</sup>を吸収し、正常な生育ができたためと考えられる。

水田2においては、2割減肥することで葉、根ともに劣る傾向であったことについては、作土の硝酸態窒素が非常に少なく、試験区間に差がほとんどない生育後期に生育差がみられたことと、生育中期(播種後90日)の土壌から無機化し有効化する窒素に差がみられなかったことなどから、無機態窒素だけではなく有機質肥料由来の有機態窒素も少なく、生育が劣ったと考えられる。ニンジンの窒素吸収反応が土壌中の無機態窒素だけでなく有機態窒素の吸収にも依存することは、阿江ら<sup>1)</sup>によって報告されている。

収量についてみると、各圃場とも生育調査における根の生育差のあり方とよく似た傾向であり、水田では2割減肥しても2N区に比べて多い~やや少ない程度であり、畑では同程度であった。水田で劣った分については収穫時期を若干遅らせることで補える。従って、水田、畑ともに窒素施肥量を本県施肥基準量から2割減肥した1.6kg/aでの栽培が可能である。さらに窒素と同率でリン酸、加里の施肥量も減肥できる。農家慣行量とした3N区の収量は、2N区に比べて水田ではやや少ない~同程度、畑ではやや少ない~やや多い程度であり、水田、畑ともに多肥による増収効果は得られないことが明らかとなった。

今回の試験では、施肥窒素に占める無機質肥料の割合は70%と50%であった。しかし、実際には50%より低い事例もあると思われる。播種までに第6図のように降雨が多く、速効性の窒素成分が溶脱し、無機質肥料の割合がさらに低い施肥がされた状態と想定できる1999年度の水田2、畑1、畑3においても、前述したように減肥が可能であったことから、速効性の無機質肥料の割合を50%より減らした栽培にも適用できると考えられる。

### 2 - カロテン、糖

施肥とカロテンの関係について、江村ら<sup>2)</sup>は、春まきニンジンについて、窒素、リン酸、加里それぞれ

2.0kg/aに対し、それぞれの成分を5割増減させた場合、窒素の影響が最も強く、増肥による含量の増加を報告している。一方、矢野ら<sup>13)</sup>は、夏まきについて、ニンジンが正常に生育している範囲では、肥料成分のカロテン生成に対する影響が比較的小さいとの推察をしており、施肥の影響が顕著な例とそうでない例があげられる。

本試験では、- カロテン含量に施肥量の影響がみられなかった。また、全糖含量についても同様であった。従って、春夏採りのトンネル栽培においては、今回検討した施肥量の範囲では、その影響がほとんどないと考えられる。

### 3 根形

施肥と根形の関係については、1.6N区の中央畝で根形が良い傾向であったのを除けば一定の関係がなかったことから、2割減肥しても根の形状が悪くならず、むしろ良くなる場合があることと、多肥による形状の向上効果はないことが明らかとなった。なお、1.6N区の中央畝で良くなった原因として、地上部と地下部の生育のバランスがとれていたことが一つの要因として考えられる。

### 4 養分含有率、吸収量、施肥吸収割合

窒素含有率は、試験区間に一定の傾向がみられず、顕著な差がみられない傾向であり、葉、根の生育も正常であった。よって、2割減肥しても含有率が顕著に減少するほどの養分の欠乏状態でないことと、施肥量を多くしても顕著に蓄積するほどの過剰状態でないことが考えられる。また、リン含有率も窒素含有率と同様な傾向であったことから、試験圃場における作土の可給態リン酸含量(370~1400mg/kg乾土)のレベルでは、リン酸の施肥量を2割減肥しても生育に必要な量が供給されており、施肥量が多くしても過剰に蓄積されなかったと考えられる。

窒素、リン酸の吸収量は、施肥量を違えても窒素、リンの含有率および葉重、根重に顕著な差がなかったため、試験区間に顕著な差がなかった。その結果、窒素、リン酸の施肥吸収割合(吸収量/施肥量×100)は、施肥量に反比例し、施肥量が少ない程施肥効率が向上した。収穫時の深さ0~5cmに集積した硝酸態窒素量は、施肥吸収割合に反比例して、3N区>2N区 1.6N区の傾向であったことから、施肥吸収割合を大きくする程、ニンジン後に残る硝酸態窒素を少なくできることが示唆された。

カリウム含有率は、三要素の施肥量に比例する場合がみられ施肥の影響がうかがえる。加里吸収量は、試験区間の施肥量の差に比べて吸収量の差が小さかったことなどから、加里の施肥吸収割合は、施肥量に反比例する傾向であり、窒素、リン酸と同様施肥量が少ない程施肥効率が向上した。加里の施肥吸収割合は100%を超え、施肥量を上回る吸収がみられた。これは、施肥された加里や交換性加里以外に土壌からカリウムを吸収したこと<sup>7)</sup>によると考えられる。

従って、水田、畑ともに窒素施肥量を本県施肥基準量から2割減肥し、1.6kg/aとすることで施肥効率が向上し、ニンジン後に残る硝酸態窒素を少なくでき環境への負荷を低減できることが考えられる。またリン酸、加里も同時に減肥することで、それらの施肥効率の向上にもつながる。

以上のことから、ニンジンへの窒素施肥量を1.6kg/aまで減肥しても収量品質を維持でき、環境への負荷を低減できることが明らかとなった。

今後、地域内の有機質資源の有効利用の見地から堆肥が施用される圃場での減肥の検討が必要と思われる。夏作の野菜後に硝酸態窒素がニンジンの施肥時期まで多く残っている場合には、さらに減肥を実施することが必要と思われる。また、被覆肥料を用いて窒素施肥量を1.0kg/aとしても大きく減収しなかったこと<sup>12)</sup>から、肥料の形態を変えることも環境への負荷が低減できる有効な方法の一つと思われる。

最後に、本試験は農林水産省土壌保全対策事業の環境保全型土壌管理対策推進事業で1998~1999年度に実施したもので、試験の遂行にあたり多大なご協力をいただいた農家と関係機関の方々に厚く感謝の意を表す。

### 摘要

ニンジンの収量、品質を維持しつつ環境への負荷が低減できる窒素施肥量を、本県施肥基準量2.0kg/aを対照とし、それから2割減肥した1.6kg/a、農家現行量である3.0kg/aの合計3区から検討した。

1 2割減肥すると葉の生育は劣る場合がみられたが、収量は本県施肥基準量を100とした指数で90~135と大きく低下せず、増収する場合もみられた。農家現行量では葉の生育は優る場合がみられたが、収量指数90~107と多肥の効果は得られなかった。

2 -カロテン含量、全糖含量ともに、窒素施肥量を違えても有意な差がみられなかった。根の形状は、2割減肥しても同程度か、むしろ良くなる場合がみられた。一方、多肥(3.0kg/a)による形状の向上

効果は得られなかった。

3 収穫時におけるニンジンの窒素吸収量は、施肥量を違えても顕著な差がなく、施肥吸収割合(吸収量/施肥量×100)は、施肥量に反比例した。従って、2割減肥することで施肥効率が向上し、環境負荷が減できると考えられる。

4 以上のことから、窒素施肥量を本県施肥基準量から2割減肥し1.6kg/aとすることで、収量、品質を維持しつつ環境への負荷が低減できることが明らかとなった。

#### 引用文献

- 1) 阿江教治・松本真悟・山縣真人(2001):土壌に蓄積する有機態窒素の作物による直接吸収. 土肥誌, 72: 114 ~ 120.
- 2) 江村 薫・細谷 毅(1979):春まきニンジンの収 量と品質に及ぼす施肥の影響. 埼玉園試研報, 8:13 ~ 23.
- 3) 環境庁水質保全局水質管理課監修(1993):硝酸性 窒素による地下水汚染対策ハンドブック. 公害研究対 策センター.
- 4) 加藤忠司・青木和彦・山西弘恭(1995):冬季ハウス栽培ホウレンソウのビタミンC, β-カロテン, トコフェロールおよびシュウ酸含有量に対する外気低温の 影響. 土肥誌, 66:563 ~ 565.
- 5) 古藤英司・町田治幸(1987):トンネルの換気量が 気温・地温・CO<sub>2</sub> 濃度およびニンジンの生育に及ぼす 影響. 徳島農試研報, 24:1 ~ 9.
- 6) 松家義克・黒島忠司・喜田直康(1998):ニンジン のビニルトンネル栽培地域における環境保全型 土壌管 理 第1報 土地利用が異なる圃場の下層土における 硝酸態窒素の集積実態. 徳島農試研報, 34:28 ~ 33.
- 7) 松本真悟・阿江教治・山縣真人(1999):有機質肥 料の施用がホウレンソウの生育および硝酸, シュウ酸, アスコルビン酸含量に及ぼす影響. 土肥誌, 70:31 ~ 38.
- 8) 農林水産省農蚕園芸局農産課編(1979):土壌環境 基礎調査における土壌, 水質及び作物体分析法(附) 現地調査法. 土壌保全調査事業全国協議会.
- 9) 徳島県(1995):主要農作物施肥基準.
- 10) 徳島県立農業試験場(1994):平成5・6年度農芸 化学科試験成績書.
- 11) 徳島県立農業試験場(1996):平成7・8年度農芸 化学科試験成績書.
- 12) 徳島県立農業試験場(1998):平成9・10年度農芸 化学科試験成績書.
- 13) 矢野昌充・伊藤洋・速水昭彦・小濱節雄(1989):野菜の品質に及ぼす栽培条件の影響に関する研究 ニンジンの根色. 野菜試報, A. 8:81 ~ 91.