

# 砂地ニンジン栽培における窒素濃度が高い河川水の有効利用

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	渥美, 和彦 新良, 力也 宮地, 直道
巻/号	75巻3号
掲載ページ	p. 377-380
発行年月	2004年6月



## 砂地ニンジン栽培における窒素濃度が高い 河川水の有効利用\*

渥美和彦\*\*・新良力也\*\*・宮地直道\*\*\*

**キーワード** 砂地, ニンジン, 河川水, かん水, 窒素負荷軽減

### 1. はじめに

茶園がまとまって存在する牧ノ原台地からの湧水を含む河川水には、茶園への施肥に起因すると考えられる窒素が多量に含まれることがあり、河川水中の窒素除去が課題となっている<sup>1,2)</sup>。これら河川の下流域の砂地畑では秋冬ダイコン、春夏ニンジン、イチゴ等の生産が盛んに行われているが、保水力の小さい砂地のため、かん水が頻繁に行われる。したがって、この河川水をかん水に利用すれば窒素が作物に利用されて河川水中窒素の除去につながると期待される。

そこで、砂地のニンジン栽培を対象に窒素濃度が高い河川水をかん水に用いて河川水中窒素の有効利用を検討した。

### 2. 試験方法

#### 1) 試験1: かん水の有無とニンジンの生育

河川水をかん水に利用している露地ほ場(砂丘未熟土)でニンジン(品種: 向陽二号)を栽培した。このほ場は通常、秋冬ダイコン(9月播種, 翌年1月収穫)のみが作付けられ、作付期間以外は休耕している。試験はかん水の有無と異なる施肥窒素量を組み合わせて8つの試験区を設定し、1試験区8m<sup>2</sup>(2m×4m)、2反復で行った。施肥窒素量は252, 202, 151, 101 kg ha<sup>-1</sup>の4段階とし、管轄するJAハイナンの施肥例に従って、基肥には有機入り化成(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=8:8:8)、ほう素入りCDU化成

(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=12:12:12)、BMようりん(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=20)を施用し、高度化成(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=14:0:14)の追肥を1回行った。基肥と追肥の比率は窒素量で67:33であった。なお、施肥例に記載のある慣行の施肥窒素量は252 kg ha<sup>-1</sup>である。

基肥の施用および播種は2000年3月28日に行った。全面全層に基肥を施用し、種子を10cmごとに3粒封入したシーダーテープを用い、条間を22cmとして播種した(450,000株ha<sup>-1</sup>)。間引きを5月12日に行って1本立ちとし、追肥を5月19日、土寄せを5月29日、収穫を7月6日(播種後100日目)に行った。追肥は条に沿った表層施用とした。なお、各試験区のリン酸、カリ施用量は、BMようりん、ケイ酸カリウム(K<sub>2</sub>O=20)を用いて慣行栽培と同量に揃え、リン酸(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)は308 kg ha<sup>-1</sup>、カリ(K<sub>2</sub>O)は252 kg ha<sup>-1</sup>とした。他にアヅミン苦土石灰600 kg ha<sup>-1</sup>を基肥と同時に全試験区に施用した。

かん水はニンジンの条と平行に4m幅に対して1本設置したかん水チューブで行った。発芽が揃うまでは全試験区とも同様にかん水し、それ以後はかん水無しの処理と有りの処理を設定した。かん水有りのかん水は、降雨が少なく土壌が乾燥したと観察された時に90分間行い、播種から78日後以降の生育期後半は梅雨期で降雨が多かったこととニンジンの品質向上をめざすためにかん水を中止した。ただし、ニンジンの窒素吸収が盛んになるとと思われる追肥施用直後の時期には、かん水からの窒素供給量を多くしようとして最大94 mm d<sup>-1</sup>のかん水を行った。なお、現地の慣行栽培でのかん水は、播種から発芽までの期間を中心とした生育初期と非常に少雨の時のみに行うので、慣行栽培に相当する試験区はかん水無しの施肥窒素量252 kg ha<sup>-1</sup>の場合とみなした。

#### 2) 試験2: かん水の種類とニンジンの生育

試験1ではニンジンの生育に対し河川水を用いた効果だけでなく、かん水自体の効果があった可能性が考えられるため、かん水量は同じであるがかん水窒素量を変えた試験2を実施した。試験は試験1と同じほ場で、1試験区6m<sup>2</sup>(2m×3m)、2反復で行った。

基肥の施用および播種日は2001年3月12日で、条間は33cmとした(300,000株ha<sup>-1</sup>)。5月1日に間引きを行って1本立ちとし、同時に追肥も行った。収穫は6月

Kazuhiko Atsumi, Rikiya Nira and Naomichi Miyaji:  
Utilization of the Nitrogen in River Water by Using the  
Water as Irrigation to the Carrot Cultivation in Sandy  
Soil

\* 本報告は環境省の地球環境保全等試験研究費(公害防止等試験研究費)の「集団茶園からの環境負荷窒素化合物の流出防止技術の開発に関する研究」の一部として実施した。

\*\* 静岡県農業試験場海岸砂地分場(437-1613 静岡県小笠郡浜岡町合戸字海岸4433)

\*\*\* 同上(現在、日本大学文理学部156-8550 東京都世田谷区桜上水3-25-40)

2003年11月25日 受付・受理

日本土壌肥料学雑誌 第75巻 第3号 p.377~380 (2004)

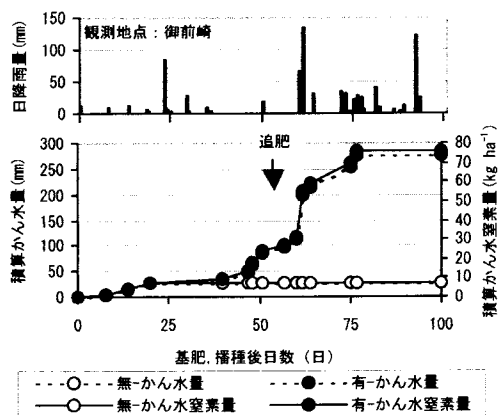


図1 試験期間中の日降雨量とかん水窒素の供給パターン (試験1: 2000年)

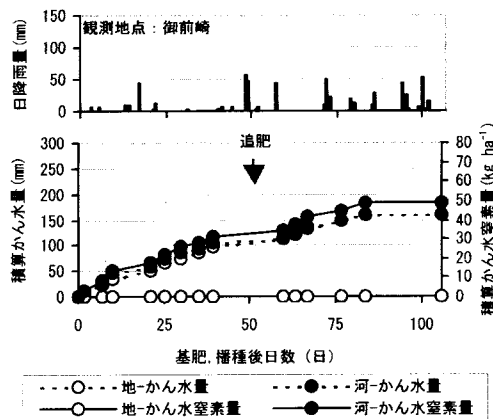


図2 試験期間中の日降雨量とかん水窒素の供給パターン (試験2: 2001年)

26日(播種後106日目)に行った。エンジンの品種や、窒素、リン酸、カリ施用量、施用方法などの条件は試験1と同じとした。

かん水処理は、ほ場の地下4m付近の地下水を用いたかん水と河川水を用いたかん水の2種類とし、かん水は降雨が少なく土壌が乾燥したと観察された時に60分間行い、播種から85日後以降は中止した。

### 3) 調査および化学分析方法

収穫時に試験1では各区内から10本、試験2では各区内から15本のエンジンを採取して最大葉長、葉重、根長、最大根径、根重を測定した。そして、採取物の一部を60°Cで通風乾燥し、粉碎したものの窒素含有率をケルダール法(FOSS製2400型ケルテックオート)で測定して窒素吸収量を算出した。

かん水に用いた河川水と地下水について、試験1では栽培期間中に月1~3回の頻度で合計7回、試験2ではかん水と同時に合計13回採取し、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、アンモニア性窒素の含有量をイオンクロマトグラフ法(ダイオネクス製DX100)で測定した。

なお、試験ほ場では南よりの風が強く、かん水した水が試験ほ場外へと出てしまうため、試験ほ場へのかん水量は量水器で調べたかん水量に0.9を乗じて算出した。

## 3. 結果

### 1) かん水に用いた河川水と地下水の無機態窒素濃度

かん水に用いた河川水の各試験期間における硝酸性窒素の平均濃度(濃度範囲)は、試験1で27.6 mg L<sup>-1</sup> (25.4~29.6 mg L<sup>-1</sup>)、試験2で30.2 mg L<sup>-1</sup> (28.5~31.7 mg L<sup>-1</sup>)と高く、濃度の変動は小さかった。試験2で河川水との比較として用いた地下水の硝酸性窒素濃度は平均値0.1 mg L<sup>-1</sup>と低く、その変動も小さかった。また、いずれの水も亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素の濃度は0.1 mg L<sup>-1</sup>以下であり、無機態窒素のほとんどが硝酸性窒素であった。

### 2) 試験期間中のかん水量とかん水に伴う無機態窒素投入量

試験1では試験期間中に35日、合計799 mmの降雨が

あり、かん水量はかん水無しで27 mm、かん水有りで275 mmとなった(図1)。かん水に用いた水の無機態窒素濃度の変動が小さいため、かん水に伴う無機態窒素供給量は水量にほぼ比例し、積算するとかん水無しで8 kg ha<sup>-1</sup>、かん水有りで76 kg ha<sup>-1</sup>と算出された(図1)。

試験2では試験期間中に34日、合計567 mmの降雨があり、かん水量は地下水かん水、河川水かん水ともに160 mmで、地下水かん水では0 kg ha<sup>-1</sup>、河川水かん水では48 kg ha<sup>-1</sup>の無機態窒素がかん水から供給された(図2)。

### 3) エンジンの生育

試験1で同一施肥窒素量区のかん水無しとかん水有りを比較すると、施肥窒素量252 kg ha<sup>-1</sup>の葉重と施肥窒素量101 kg ha<sup>-1</sup>の最大葉長と葉重を除き、かん水有りで生育量が大きくなる傾向であった(表1)。根重は慣行栽培であるかん水無しの252 kg ha<sup>-1</sup>施肥の場合に対して、かん水有りでは16~53%大きくなった。

試験2で同一施肥窒素量区の地下水かん水と河川水かん水を比較すると、施肥窒素量202 kg ha<sup>-1</sup>の最大根径と根重を除き河川水かん水で生育量が大きくなる傾向がみられ、根重は地下水かん水の252 kg ha<sup>-1</sup>施肥の場合に対して河川水かん水では11~17%大きくなった(表2)。

このように、同一施肥窒素量ならば河川水をかん水することでエンジンの生育量は大きくなる傾向にあり、試験1では商品価値の高いLクラス相当(130~180 g本<sup>-1</sup>)の根重が慣行施肥窒素量252 kg ha<sup>-1</sup>から40%削減した151 kg ha<sup>-1</sup>の場合でも得ることができた(表1)。なお、根重は試験1に比較して試験2で大幅に大きくなったが、これは試験2で栽植密度が低いことや試験期間中に大雨が少なく気候に恵まれたことが要因であると考えられた。

### 4) エンジンの吸収窒素量とみかけの未利用窒素量

エンジンの吸収窒素量は、施肥窒素量とかん水中の無機態窒素量を合わせた投入窒素量(以下、投入窒素量とする)が大きいかほど大きくなる傾向であったが、同時に投入窒素量から吸収窒素量を差し引いたみかけの未利用窒素量も大きくなる傾向であった(図3, 4)。

表1 かん水の有無と施肥窒素量の異なるニンジンの生育（試験1：2000年）

かん水の有無	投入窒素量 (kg ha <sup>-1</sup> )			最大葉長 (cm)	根長 (cm)	最大根径 (cm)	葉重 (g 本 <sup>-1</sup> )	根重 (g 本 <sup>-1</sup> )
	施肥	かん水*	合計					
無し	252	8	260	57.1	16.9	4.1	45.9	109
	202	8	210	58.4	17.1	4.1	43.5	114
	151	8	159	50.4	17.0	3.8	33.1	100
	101	8	109	55.5	16.7	4.1	41.0	110
有り	252	76	328	59.8	17.1	4.3	42.0	126 (116)**
	202	76	278	61.3	17.3	4.9	54.5	166 (153)
	151	76	227	57.9	18.0	4.6	44.4	141 (130)
	101	76	177	52.0	17.6	4.4	35.8	127 (117)

\* かん水による投入窒素量は無機態窒素のみの積算値，発芽が揃うまでは全試験区にかん水したため，かん水無し区でもかん水窒素が投入された。

\*\* かん水無しの施肥窒素量 252 kg ha<sup>-1</sup> (慣行栽培) の根重を 100 とした場合の指数。

表2 かん水の種類と施肥窒素量の異なるニンジンの生育（試験2：2001年）

かん水の種類	投入窒素量 (kg ha <sup>-1</sup> )			最大葉長 (cm)	根長 (cm)	最大根径 (cm)	葉重 (g 本 <sup>-1</sup> )	根重 (g 本 <sup>-1</sup> )
	施肥	かん水*	合計					
地下水	252	0	252	60.9	19.5	5.2	79.2	217
	202	0	202	62.3	20.4	5.6	83.5	255
	151	0	151	57.0	19.6	5.1	60.1	203
	101	0	101	56.0	19.5	5.2	61.7	215
河川水	252	48	300	65.2	20.7	5.5	101.0	254 (117)**
	202	48	250	65.5	21.4	5.4	87.6	242 (112)
	151	48	199	64.1	21.0	5.5	96.5	253 (117)
	101	48	149	61.9	20.4	5.5	79.6	240 (111)

\* かん水による投入窒素量は無機態窒素のみの積算値。

\*\* 地下水かん水の施肥窒素量 252 kg ha<sup>-1</sup> の根重を 100 とした場合の指数。

試験1で同一施肥窒素量区のかん水無しとかん水有りを比較すると，吸収窒素量はかん水有りで大きくなる傾向であり（図3），その増大量は施肥窒素量 252 kg ha<sup>-1</sup> 区で 10 kg ha<sup>-1</sup>，202，151 kg ha<sup>-1</sup> 区で 32 kg ha<sup>-1</sup>，101 kg ha<sup>-1</sup> 区で 2 kg ha<sup>-1</sup> であった。みかけの未利用窒素量は同一施肥窒素量区ではかん水有りで大きくなったが，投入窒素量がほぼ同じ場合を比較すると，同程度またはかん水有りで小さい傾向であった（図3）。

試験2で同一施肥窒素量区の地下水かん水と河川水かん水を比較すると，吸収窒素量は河川水かん水で大きくなる傾向であり（図4），その増大量は施肥窒素量 252 kg ha<sup>-1</sup> 区で 38 kg ha<sup>-1</sup>，202 kg ha<sup>-1</sup> 区で 34 kg ha<sup>-1</sup>，151 kg ha<sup>-1</sup> 区で 39 kg ha<sup>-1</sup>，101 kg ha<sup>-1</sup> 区で 28 kg ha<sup>-1</sup> であった。みかけの未利用窒素量は同一施肥窒素量区では河川水かん水で大きくなったが，投入窒素量がほぼ同じ場合を比較すると河川水かん水で小さい傾向であった（図4）。

#### 4. 考察

かん水無しあるいは窒素をほとんど含まないかん水に対し，硝酸性窒素濃度が 30 mg L<sup>-1</sup> 程度の河川水をかん水することでニンジンの生育量は概ね大きくなった。試験1では，かん水による窒素供給要因だけでなく，水供給要因によっても生育量の増大がもたらされた可能性があるが，水供給条件を同一とした試験2においても生育量の増大がも

たらされたことを考え合わせると，かん水に含まれる無機態窒素が肥料として有効に機能するものと結論できる。ただし，ニンジンの根重が施肥窒素量の差を反映していない場合が多かった。最適な施肥窒素量を明らかにするにはさらなる研究が必要であるが，他の試験報告にも同様の例はある。水田裏作沖積土壌の春まきニンジン栽培において，施肥窒素量が 300～400 kg ha<sup>-1</sup> と多いとこえて減収となったり，リン酸 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 施用量が 300 kg ha<sup>-1</sup> 以上の場合には，施肥窒素量を 100 kg ha<sup>-1</sup> から 200 kg ha<sup>-1</sup> に増大させてもニンジン根部のカロチン含有量や木部の糖度計示度が高くなるものの収量差はなかったことが報告されている<sup>3)</sup>。カロチン含有量などの品質面を考慮に入れて，適切な施肥窒素量を明らかにすることを今後の検討課題としたい。

ニンジンの吸収窒素量は河川水をかん水することで増大したが，同一施肥窒素量区において河川水かん水で増大した吸収窒素量は施肥窒素量に応じて変動した。その増大量は，施肥窒素量を慣行の 252 kg ha<sup>-1</sup> から 20%あるいは 40%減らした 202 kg ha<sup>-1</sup> と 151 kg ha<sup>-1</sup> 施肥の場合には試験1で 10～32 kg ha<sup>-1</sup>，試験2で 34～39 kg ha<sup>-1</sup> であったが，60%減らした 101 kg ha<sup>-1</sup> では試験1で 2 kg ha<sup>-1</sup>，試験2で 28 kg ha<sup>-1</sup> と小さくなった。これは，施肥窒素量が小さすぎるとニンジンの生育が劣り，かん水窒

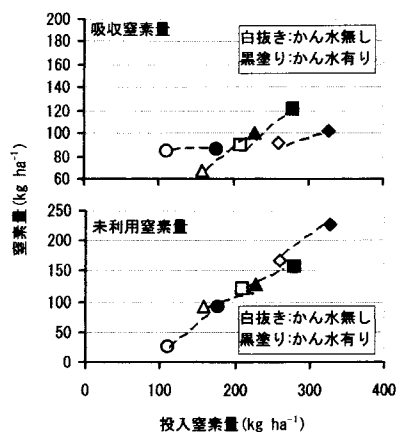


図3 投入窒素量に対するニンジンの吸収窒素量と未利用窒素量 (試験1:2000年)

未利用窒素量とは投入窒素量から吸収窒素量を差し引いた窒素量。点線で結ばれたシンボルの施肥窒素量は同じで、○, ●, 101 kg ha<sup>-1</sup>; △, ▲, 151 kg ha<sup>-1</sup>; □, ■, 202 kg ha<sup>-1</sup>; ◇, ◆, 252 kg ha<sup>-1</sup>。

素を十分吸収できなかった現象と考えられる。したがって、かん水窒素を最大限利用させるためには151 kg ha<sup>-1</sup>程度の施肥を行う必要があり、その時の河川水中窒素の利用量は30 kg ha<sup>-1</sup>程度と見込まれることが明らかになった。

一方、みかけの未利用窒素はいずれ溶脱して環境負荷となる可能性があることから、できる限り小さくすべきである。みかけの未利用窒素量は同一施肥窒素量だと河川水かん水で大きくなるが、投入窒素量が同程度ならばその一部を河川水のかん水から供給することで小さくなる。これは基肥窒素と比較して、河川水かん水で供給される窒素は追肥のように吸収効率が高いためと考えられる。したがって、かん水から多量の窒素が供給される場合には、単純量的な代替による施肥窒素量の削減ができるだけでなく、吸収効率が高いことから未利用窒素量ひいては環境負荷量を減少させ得る利点があると思われる。

以上、硝酸性窒素濃度30 mg L<sup>-1</sup>程度の河川水を3月播種、6~7月収穫の砂地ニンジン栽培にかん水として利用すると、施肥窒素量を慣行の252 kg ha<sup>-1</sup>から40%削減した151 kg ha<sup>-1</sup>でも生育量の確保が可能であり、同時に30 kg ha<sup>-1</sup>程度の窒素がニンジンに吸収利用されて河川から除去できる可能性が明らかとなった。

茶園がまとまって存在する牧ノ原台地に源を置く河川の下流域にあるS町のニンジン作付面積は統計資料<sup>4)</sup>によると5 haである。同町のニンジン作付が海岸砂地地帯に多いことからこの5 ha全てにおいて、本試験で用いた河川水をかん水すると仮定すれば、150 kg程度の窒素がニンジンに吸収されて除去できると見込まれる。さらに同町で38 haに作付されている生産の盛んな秋冬ダイコンでも、

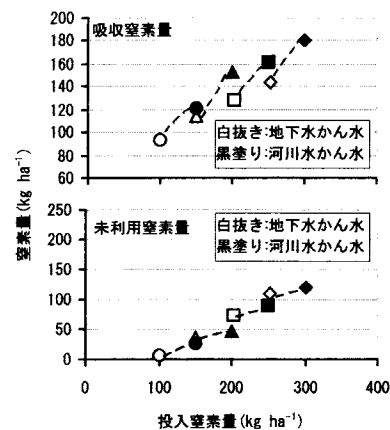


図4 投入窒素量に対するニンジンの吸収窒素量と未利用窒素量 (試験2:2001年)

未利用窒素量とは投入窒素量から吸収窒素量を差し引いた窒素量。点線で結ばれたシンボルの施肥窒素量は同じで、○, ●, 101 kg ha<sup>-1</sup>; △, ▲, 151 kg ha<sup>-1</sup>; □, ■, 202 kg ha<sup>-1</sup>; ◇, ◆, 252 kg ha<sup>-1</sup>。

かん水を行って河川水中窒素を吸収利用させられるという試験結果<sup>5)</sup>があり、ニンジン-ダイコン作付体系での河川水中窒素の除去量はもう少し大きくできると考えられる。この試算では本試験と同じかん水パターンが全ての地域に適用できるとしたが、地域によっては土壤の保水性や地下水位が異なることを考慮してかん水量を増減させなければならないであろう。また、かん水に用いる水の窒素濃度が異なる場合に、かん水窒素の吸収効率を一律として良いのかという点は今後の検討課題である。作付年によっては大雨や長雨で予定していたかん水が行えず、窒素供給量が不足すると推測される場合が生じるであろう。その場合には、収量確保のために追肥量の調整で対応することが必要だと考えられる。

**謝辞** 試験を実施するにあたり、坂下金雄氏にはほ場を使用するうえでご協力いただいた。深く感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) 戸田任重・望月康秀・川西琢也・川島博之:静岡県牧ノ原における茶園-水田連鎖系による窒素流出負荷低減効果の推定, 土肥誌, **68**, 369~375 (1997)
- 2) 新良力也・渥美和彦・宮地直道:小河水質調査による集団茶園からの硝酸性窒素流出量の把握, 土肥要旨集, **49**, 165 (2003)
- 3) 江村 薫・細谷 毅: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**, 13~24 (1979)
- 4) 静岡農林統計情報協会:志太・榛原地域農林水産統計指標, 平成11年~平成12年 (2001)
- 5) 静岡県農林水産部:砂地のダイコン栽培における窒素施肥量の削減方法, あたらしい農業技術, No. 358 (2001)