

ハウスコマツナにおける 窒素 2, 3 作分 1 回診断施肥による減肥技術

石井 貴・河野 隆・武井昌秀*

Decreased Nitrogenous Fertilizer Technology by the 2,3 Crops Nitrogen of One-time Diagnosis and Fertilization in Plastic Green-house Brassica chinensis var.komatsuna

Takashi ISHII, Takashi KAWANO and Masahide TAKEI

Summary

In a plastic green-house Brassica chinensis var.komatsuna with volcanic ash soil, decreased fertilizer technology by the 2,3 crops nitrogen of one-time diagnosis and fertilization was examined. This technology is a fertilization method where the amount of nitrogenous fertilizer is reduced by the nitrate nitrogen content of the pre-fertilization soil from the 2,3 crops standard amount of nitrogenous fertilizer. The 2,3 crops nitrogen one-time diagnosis fertilization showed a 34 ~ 91% decrease of nitrogenous fertilizer, and the method was equivalent to every crop standard amount of nitrogen fertilization in yield. And the method surpassed every crop standard amount of nitrogen fertilization in the utilization percentage of fertilization nitrogen and the decreased amount of nitrate nitrogen content after 3 crops.

キーワード：ハウス，コマツナ，硝酸態窒素，診断施肥，減肥

I. 緒言

ビニルハウスなどの施設栽培土壌では雨水が遮断されるため、窒素等の肥料成分が露地栽培と違って流亡しにくく、過剰に蓄積されやすい(松中, 2004)。そのため、作物に吸収されなかった窒素は、徐々に土壌に蓄積し、窒素が過剰になる傾向にある。実際に本県の現地のコマツナハウス土壌では、硝酸態窒素含量が平均で 38mg/100g 風乾土と多いハウスが多い(表 1)。また、一般に窒素過剰の土壌で生育した作物は軟弱徒長し、病害の発生も多くなる(渡辺, 1994)。窒素を過剰に施用された作物は、人間の健康にとってあまり好ましくない作物体内硝酸塩の濃度が高くなる(伊達ら, 1980; 目黒ら, 1991; 建部ら, 1995)。それらを改善するには、土壌中に残存している窒素を有効に利用し、過剰な窒素施用量を削減して適切な土壌窒素成分の管理をすることが重要である。ただし、作付前に土壌に残存している窒素量を知るには土壌診断が必要であるが、コマツナのような生育期間の短い軟弱野

菜で毎作土壌診断するのは困難である。そこで、茨城県野菜栽培基準の窒素施用基準量から作付前の土壌残存窒素量を差し引く、診断施肥を組み入れた窒素 2, 3 作分 1 回施肥について検討した。なお、作付前土壌の残存窒素については、作物に最も吸収されやすく、現場でも比較的測定しやすい硝酸態窒素に絞って検討した。

表 1 現地コマツナハウス作土層の硝酸態窒素含量

栽培者	ハウスNo.	NO ₃ -N 含量 (mg/100g 風乾土)
A	1	32.1
	2	1.9
	3	55.7
B	1	18.3
	2	16.6
C	1	63.4
	2	26.9
	3	93.7
D	1	38.3
	2	34.9
平均		38.2

注) 2002 年 11 月採土

* 現 茨城県農業総合センター農業大学校園芸部

II. 材料および方法

試験1. ハウスコマツナにおける窒素3作分1回施肥に適用可能な肥料の種類の探索

2001年度に所内パイプハウス（表層腐植質黒ボク土）において、窒素3作分1回施肥に適用可能な肥料の種類について検討した。肥料の種類は、被覆燐硝安加里のリニア型100日タイプ（14-12-14）とシグモイド型100日タイプ（14-12-14）、ノンストレス型有機質肥料（有機質80%：7-6-2）の3つの緩効性肥料を供試した（表2）。窒素3作分1回施肥区の窒素施用量は、コマツナ夏まきの窒素施用基準量（茨城県、1998）の12kg/10aに対し、3作分の36kg/10aを、1作目作付前に一度に施用した。1作目のみ耕うんし、2、3作目は不耕起とした。対照区は、速効性肥料の燐硝安加里（S604）を用いて、窒素施用基準量の12kg/10aを毎作施肥して耕うんし、収量、窒素吸収量、施肥窒素利用率、土壤中硝酸態窒素含量について比較検討した。なお、窒素3作分1回施肥区のリン酸、加里については、1作目作付前に施肥基準量の3作分（36kg/10a）をまとめて投入し、対照区と無窒素区はリン酸、加里をそれぞれ施肥基準量の12kg/10aを毎作施用した。いずれの試験区も窒素肥料で施肥量を合わせ、リン酸と加里の不足分は、それぞれ過燐酸石灰、硫酸加里を施用し補正した。また、県土壤・作物栄養診断マニュアル（茨城県、1997）に基づき、pH6.0になるように1作目作付前に炭酸苦土石灰あるいは炭酸カルシウムを施用した。堆肥は、緩効性肥料の効果を明らかにするため、無施用とした。

収量は、葉長が25cmを超えた時点で、1区当たり植え付け条1m×2反復の計2mを収穫し、調製重を測定して算出した。窒素吸収量は、作物体を乾燥後、ガンニング変法（作物分析法委員会、1975）で測定した。施肥窒素利用率は、試験区の窒素吸収量から無窒素区の窒素吸収量（土由来窒素吸収量）を差し引き、試験区の窒素施用量で除して100を乗じて算出した。作物体内硝酸イオン濃度は、生体試料と蒸留水を1：5の割合に混合し、ミキサーで1分間混合し、12000rpmで30分間遠心分離した後、ろ液をイオンクロマトグラフにかけて測定した。また、作土層の土壤中硝酸態窒素含量は、土壌を深さ15cmまで採取して風乾後、風乾土10gに蒸留水50mLを加え、1時間振とう後、ろ液を紫外線吸光光度法（茨城県、

1997）で測定した。3作作付後は、検土杖を用いて深さ20-40cmと深さ40-60cmの土壌を採取し、その後は作土層と同様の方法で土壌中硝酸態窒素含量を測定した。

耕種概要は表4のとおりで、試験区は2反復とした。

試験2. ハウスコマツナにおける窒素3作分1回診断施肥による減肥の検討

2002年度は、試験1と同じ所内パイプハウスで、窒素3作分1回施肥における診断施肥による減肥について検討した（表2）。本試験の診断施肥は以下のように実施した。すなわち、土壌診断して求めた作土層の施肥前土壌中硝酸態窒素含量（mg/100g風乾土）を、一般的な火山灰土の仮比重0.667、作土深0.15mの場合（茨城県、1997）、ほぼ10a当たりの作土層に残存している硝酸態窒素含量と考え、窒素施用基準量（kg/10a）から差し引いて施肥する方法とした。窒素3作分1回施肥には、ノンストレス型有機質肥料（試験1で使用）を用い、毎作基準量施肥の対照区には試験1と同じ速効性肥料を用いた。窒素3作分1回診断施肥区の窒素施用量は、1作目作付前土壌の硝酸態窒素含量を10a当たりの硝酸態窒素量に換算し、その量を窒素施用基準量の3作分36kg/10aから差し引いて施用し、対照区と比較検討した。耕種概要は表4のとおりで、その他は試験1と同様とした。

試験3. ハウスコマツナにおける窒素2、3作分1回診断施肥による減肥の現地実証

2003年度は、土壌中硝酸態窒素含量が多く蓄積されている玉里村高崎（現：小美玉市）のパイプハウス（表層腐植質黒ボク土）において、窒素3作分1回診断施肥による減肥と窒素2作分1回診断施肥による減肥について検討した（表3）。窒素3作分1回診断施肥区の窒素施用は、試験2と同様の方法で、窒素2作分1回診断施肥区の窒素施用は、土壌診断して求めた1作目作付前の作土層の土壌中硝酸態窒素含量を2作分の窒素施用基準量24kg/10aから差し引いて、1作目作付前に一度に施用した。肥料は、全区とも現地で使用されていたノンストレス型有機質肥料（有機質30%）を用いた。堆肥は、試験1、2と同様に無施用とした。リン酸、加里の施肥および土壌pHの調整は、試験1、2のとおりである。

また、収量は、農家が収穫する（葉長23～24cmを目安に収穫）2～3日前に試験1、2と同様に収穫し、

調製重から算出した。窒素吸収量、施肥窒素利用率の測定方法は、試験1,2と同様である。作土層の土壤中硝酸態窒素含量の測定にはイオンクロマトグラフを用いた。同時にRQフレックスでも測定し、その相関

関係をみた。

なお、耕種概要は表4のとおりで、この試験では毎作全区耕うんし、試験区は無窒素区を除き2反復とした。

表2 窒素3作分1回施肥に供試した肥料の種類と窒素施用量

試験年度	試験区名	肥料の種類	3作分窒素施用量 (kg/10a)	窒素施用方法
2001	被覆リニア	分解性被覆燐硝安加里リニア型100日タイプ	36 (基準量)	3作分1回施肥
	被覆シグモイド	被覆燐硝安加里シグモイド型100日タイプ	〃	〃
	ノンスト有機	ノンストレス型有機質肥料 (有機質80%)	〃	〃
2002	3作基準量	ノンストレス型有機質肥料 (有機質80%)	〃	〃
	3作診断	〃	23.7 (34%減肥)	〃
2001~ 2002	対照 (毎作) 無窒素	燐硝安加里 S604	36 (12kg × 3回) 0	毎作基準量施肥 (リン酸, 加里のみ施用)

注) 3作分1回施肥の窒素施用量 = 3作分窒素施用基準量 (kg/10a) - 作土層の施肥前土壤中硝酸態窒素含量 (mg/100g 風乾土)。窒素3作分1回施肥区のリン酸と加里は、施用基準量3作分のいずれも36kg/10aを1作目作付前に一度に施用した。

表3 窒素2,3作分1回診断施肥の窒素施用量

試験区名	窒素施用量 (kg/10a)					減肥率 (%)
	1作前	2作前	3作前	2作合計	3作合計	
3作診断	14.1	0	0		14.1	61
2作診断	2.1	0		2.1		91
慣行 (毎作)	12.0	12.0	12.0	24.0	36.0	
無窒素	0	0	0	0	0	100

注) 2,3作診断区の窒素施用量

= 2,3作分窒素施用基準量 (kg/10a) - 作土層の施肥前土壤中 NO₃-N 含量 (mg/100g 風乾土)。

肥料の種類は、現地で使用されていたノンストレス型有機質肥料 (有機質30%)。

2,3作診断区のリン酸と加里は、施用基準量2,3作分の24,36kg/10aを1作目作付前に一度に施用。

表4 耕種概要

試験年度	作数	品種	基肥施肥日	播種日	収穫日	条間 × 株間	播種密度
2001 (所内)	1	夏楽天	6月22日	6月29日	7月23日	18cm × 6cm	83粒 / m ²
	2	〃	(8月7日)	8月17日	9月11日	〃	〃
	3	〃	(10月5日)	10月9日	11月12日	〃	〃
2002 (所内)	1	夏楽天	6月26日	6月28日	7月22日	18cm × 6cm	83粒 / m ²
	2	〃	(9月2日)	9月5日	10月3日	〃	〃
	3	〃	(10月18日)	10月25日	12月13日	14cm × 6cm	116粒 / m ²
2003 (現地)	1	あやか	4月24日	4月24日	5月21-22日	12cm × 5cm	119粒 / m ²
	2	のりか	(5月27日)	5月27日	6月17-18日	〃	〃
	3	〃	(6月20日)	6月21日	7月11日	12cm × 6cm	99粒 / m ²

注) 2,3作目の基肥施肥は毎作施肥の対照区あるいは慣行区と無窒素区のみ施用した。

収穫は全区一斉に行った。

Ⅲ. 結 果

試験 1. ハウスコマツナにおける窒素 3 作分 1 回施肥に適用可能な肥料の種類探索

2001 年度は、作土層の施肥前土壤中硝酸態窒素含量が 1.8mg/100g 風乾土と残存土壤中硝酸態窒素含量が少ない条件下で試験を行った (表 5)。被覆肥料のリニア型およびシグモイド型の 100 日タイプ、ノンストレス型有機質肥料 (有機質 80%) の窒素 3 作分 1 回施肥 (以下それぞれ被覆リニア区、被覆シグモイド区、ノンスト有機区) は、いずれも速効性肥料を毎作基準量施肥する対照区と同等の収量であった (図 1)。特に、ノンスト有機区は、窒素吸収量および施肥窒素利用率が最も高く、また、3 作後の作土層の土

壤中硝酸態窒素含量の増加量が最も少なかった (表 5, 6)。被覆リニア区および被覆シグモイド区における窒素吸収量、施肥窒素利用率、3 作後の作土層の土壤中硝酸態窒素含量の増加量は、毎作基準量施肥の対照区とほぼ同等であった (表 5, 6)。なお、本試験では、無窒素区を除く全区ともやや収穫適期より遅れて収穫したため (葉長約 30cm)、窒素吸収量が窒素施用量並みに多かった (表 6, 7)。また、窒素 3 作分 1 回施肥区における作物体内硝酸イオン濃度は、1 作目のノンスト有機区でやや高くなった以外は、ほぼ対照区と同等の濃度であった (図 2)。3 作跡地の下層土の硝酸態窒素含量は、いずれの区も 3.5mg/100g 風乾土以下と少なかった (表 5)。

表 5 土壤中硝酸態窒素含量の推移 (2001)

試験区名	NO ₃ - N 含量 (mg/100g 風乾土)						
	作土層 (深さ 0 - 15cm)					下層 (3 作跡)	
	施肥前	1 作跡	2 作跡	3 作跡	増加量※	深さ 20 - 40cm	40 - 60cm
被覆リニア	1.8	10.5	6.2	10.3	8.5	2.8	3.5
被覆シグモイド	1.8	8.7	7.5	8.1	6.3	1.8	3.0
ノンスト有機	1.8	13.6	6.7	3.7	1.9	3.4	3.1
対照 (毎作)	1.8	5.0	3.9	9.7	7.9	3.5	2.4
無窒素	1.8	3.9	1.9	1.4	-0.5	1.4	1.5

※増加量 = 3 作跡地の作土層中 NO₃ - N 含量 - 施肥前の作土層中 NO₃ - N 含量。

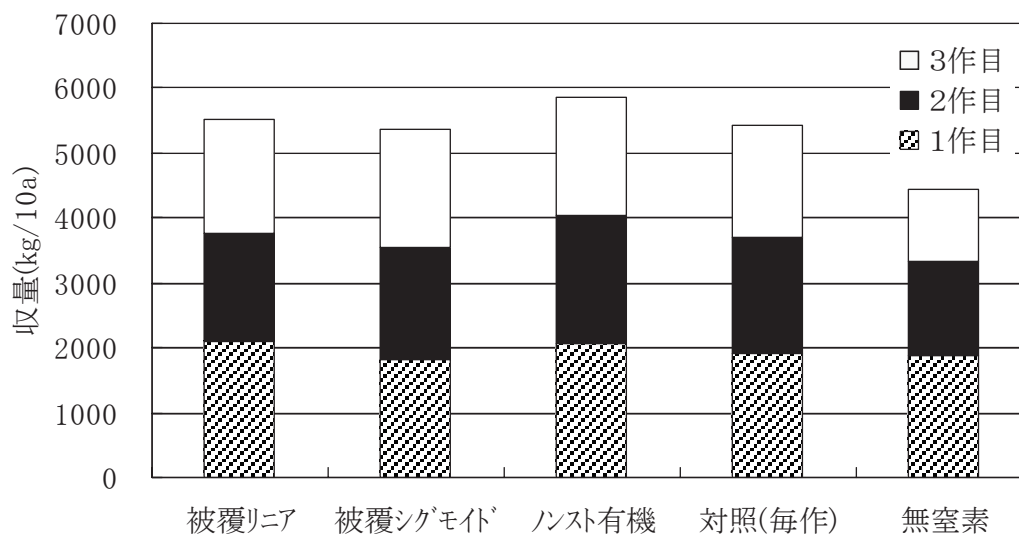


図 1 窒素 3 作分 1 回施肥における肥料の種類がハウスコマツナの収量に及ぼす影響 (2001)

表6 窒素3作分1回施肥における肥料の種類が窒素吸収量、施肥窒素利用率に及ぼす影響 (2001)

試験区	3作分窒素施用量 (kg/10a)	窒素吸収量 (kg/10a)	施肥窒素利用率※ (%)
被覆リニア	36.0	32.1	30.8
被覆シグモイド	36.0	31.8	30.0
ノスト有機	36.0	35.8	41.1
対照 (毎作)	36.0	30.6	26.7
無窒素	0	21.0	—

※施肥窒素利用率 = {(試験区 - 無窒素区の窒素吸収量) / 試験区の窒素施用量} × 100

表7 窒素3作分1回施肥における肥料の種類が生育、品質に及ぼす影響 (2001)

試験区	収穫率※ (%)	全重 (g/株)	調製重 (g/株)	葉数 (枚)	葉長 (cm)	葉色 (SPAD 値)
(1作目)						
被覆リニア	80.0	37.6	31.6	6.4	29.9	44.6
被覆シグモイド	80.0	32.4	27.6	6.5	28.2	43.9
ノスト有機	68.3	43.3	36.1	6.7	30.7	42.7
対照 (毎作)	75.0	36.1	30.8	6.6	28.6	45.7
無窒素	80.0	32.4	28.1	6.4	28.5	44.6
(2作目)						
被覆リニア	85.0	26.6	23.1	5.5	30.2	31.8
被覆シグモイド	78.3	30.4	26.1	5.5	32.5	31.6
ノスト有機	91.7	30.3	25.9	5.4	32.7	31.8
対照 (毎作)	86.7	29.0	24.8	5.3	31.3	31.9
無窒素	91.7	23.1	20.2	5.1	29.7	32.7
(3作目)						
被覆リニア	90.0	27.9	23.5	5.7	29.8	29.8
被覆シグモイド	88.3	28.5	24.7	5.8	30.0	31.4
ノスト有機	93.3	28.1	23.4	5.6	30.9	30.8
対照 (毎作)	93.3	28.2	23.1	5.7	30.2	30.0
無窒素	95.0	16.8	14.9	5.3	25.8	30.7

※収穫率 = 収穫株率 / 播種数 × 100

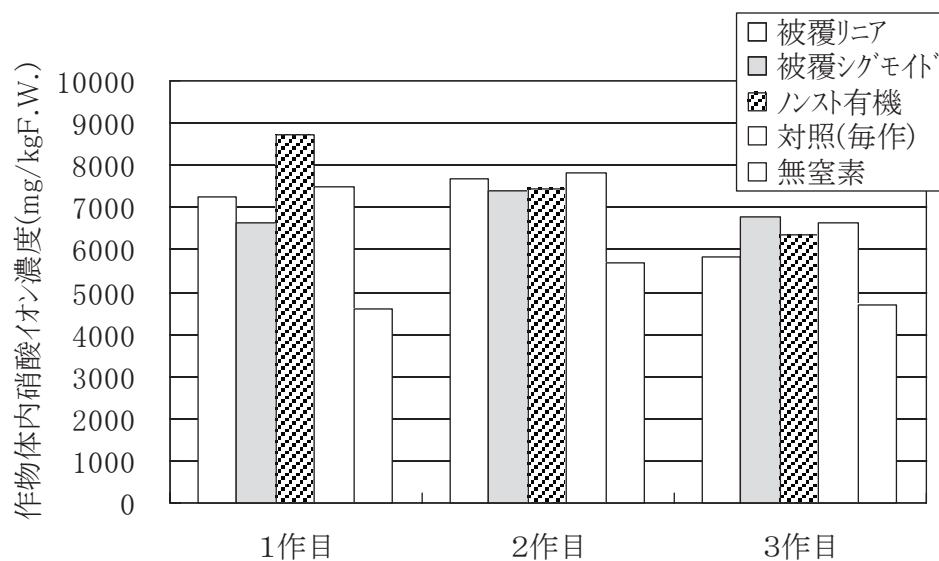


図2 窒素3作分1回施肥における肥料の種類が作物体内硝酸イオン濃度に及ぼす影響 (2001)

試験2. ハウスコマツナにおける窒素3作分1回診断施肥による減肥の検討

2002年度は、作土層の施肥前土壤中硝酸態窒素含量が無窒素区を除いた全区で12.2～16.4mg/100g風乾土とやや多い条件下で試験を行った(表8)。窒素3作分1回診断施肥(以下3作診断区)は、毎作基準量を施肥する対照区より34%の減肥となった(表2)が、窒素3作分1回基準量施肥(以下3作基準量区)と収量が同等で、対照区よりも増収した(図3)。また、3作診断区は、施肥窒素利用率が43.3%と最も高く、3作後の作土層の土壤中硝酸態窒素含量の増加量も少なかった(表8, 9)。3作基準量区は、対照区より増収し、施肥窒素利用率も対照区より高かったが、3作後の作土層の土壤中硝酸態窒素含量の増加量が対照区より多かった(図3, 表8)。なお、今回の試験では、3作基準量区と3作診断区では葉長20～

30cm中心のときに、対照区では葉長20～25cm中心のときに収穫となったため、試験1と比較して窒素吸収量は少なかった(表6, 7, 9, 10)。3作診断区では、窒素吸収量より窒素施肥量が4.8kg/10a多いだけだったが、3作基準量区では17.2kg/10a、対照区では21.6kg/10aも窒素吸収量より窒素施肥量が多かった(表9)。作物体内硝酸イオン濃度は、3作診断区、3作基準量区とも対照区と3作ともほぼ同等だった(図4)。3作基準量区で作付跡地土壤の硝酸態窒素含量が最も多かったが、作物体内硝酸イオン濃度は無窒素区を除く他の区と同程度であった(表8, 図4)。3作基準量区と3作診断区の3作跡地土壤の下層の硝酸態窒素含量は、作土層の1/3以下と少なかったが、毎作耕うんした対照区の深さ20～40cmの土壤では、作土層と同等の含量があり、やや多かった(表8)。

表8 土壤中硝酸態窒素含量の推移(2002)

試験区名	NO ₃ -N 含量 (mg/100g 風乾土)						
	作土層(深さ0-15cm)					下層(3作跡)	
	施肥前	1作跡	2作跡	3作跡	増加量※	深さ20-40cm	40-60cm
3作基準量	12.2	26.6	35.1	30.6	18.4	8.6	4.9
3作診断	12.4	23.0	19.3	16.7	4.3	5.3	3.4
対照(毎作)	16.2	17.9	15.1	21.9	5.7	18.3	3.5
無窒素	3.6	2.5	2.9	1.5	-2.1	2.2	1.7

※増加量 = 3作跡地の作土層中NO₃-N含量 - 施肥前の作土層中NO₃-N含量。

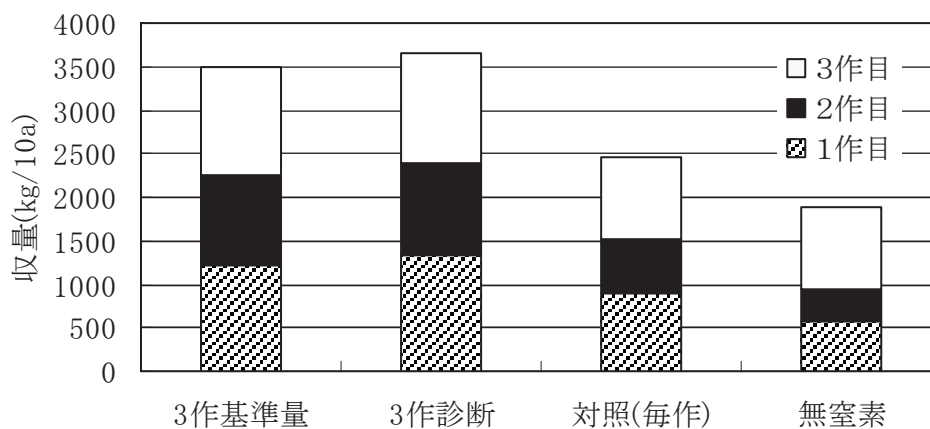


図3 窒素3作分1回施肥における窒素施肥量の違いがハウスコマツナの収量に及ぼす影響(2002)

表9 窒素3作分1回施肥における窒素施用量の違いが窒素吸収量, 施肥窒素利用率に及ぼす影響 (2002)

試験区	3作分窒素施用量 (kg/10a)	窒素吸収量 (kg/10a)	施肥窒素利用率※ (%)
3作基準量	36.0	18.8	28.2
3作診断	23.7	18.9	43.3
対照(毎作)	36.0	14.4	16.1
無窒素	0	8.6	—

※施肥窒素利用率 = {(試験区 - 無窒素区の窒素吸収量) / 試験区の窒素施用量} × 100

表10 窒素3作分1回施肥における窒素施用量の違いが生育, 品質に及ぼす影響 (2002)

試験区	収穫率※ (%)	全重 (g/株)	調製重 (g/株)	葉数 (枚)	葉長 (cm)	葉色 (SPAD値)
(1作目)						
3作基準量	75.0	20.3	16.9	6.7	22.6	43.0
3作診断	90.0	19.8	17.0	6.7	23.3	40.9
対照(毎作)	86.7	14.2	12.4	6.4	20.6	42.0
無窒素	81.7	10.0	8.6	5.9	18.6	38.0
(2作目)						
3作基準量	85.0	18.0	15.6	5.4	26.0	34.0
3作診断	90.0	17.4	15.3	5.6	25.9	33.7
対照(毎作)	81.7	10.8	9.1	4.7	20.9	33.6
無窒素	75.0	6.5	5.6	4.2	17.8	30.6
(3作目)						
3作基準量	98.3	12.3	10.7	5.5	21.0	34.2
3作診断	95.0	12.7	11.5	5.9	21.4	33.2
対照(毎作)	90.0	10.0	8.9	5.7	19.3	33.5
無窒素	95.0	9.7	8.5	5.7	19.0	32.1

※収穫率 = 収穫株数 / 播種数 × 100

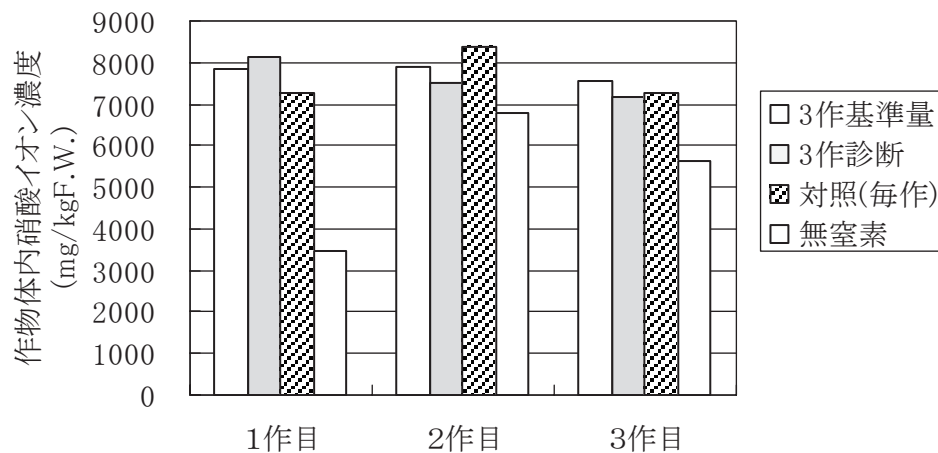


図4 窒素3作分1回施肥における窒素施用量の違いが作物体内硝酸イオン濃度に及ぼす影響 (2002)

試験3. ハウスコマツナにおける窒素2, 3作分1回 診断施肥による減肥の現地実証

2003年度は、作土層の施肥前土壤中硝酸態窒素含量が21.9mg/100g風乾土と比較的多い条件下で試験を行った(表11)。そのため、無窒素区でも慣行区並の収量および品質であった(表12, 13)。また、3作目の収穫時期が適期よりやや早かったため葉長が全区ともやや短かった(表13)。窒素3作分1回診断施肥(以下3作診断区)は、毎作基準量施肥の慣行区よりも61%の減肥であった(表3)が、3作合計の収量は同等であった(表12)。3作診断区は、慣行区よりも窒素施用量は少なかったが、窒素吸収量が無窒素区並に少なく、そのため施肥窒素利用率は2.1%と慣行区の3.6%と同様に低かった(表11)。作土層の土壤中硝酸態窒素含量は、慣行区では施肥前と3作跡地土

壤で同等であったが、3作診断区では、窒素施用量が少ないため無窒素区と同様に施肥前より11.4mg/100g風乾土減少した(表11)。窒素2作分1回診断施肥(以下2作診断区)は、毎作基準量施肥の慣行区よりも91%の減肥であった(表3)が、収量は同等であった(表12)。また、2作診断区は、窒素施用量が非常に少なく窒素吸収量が無窒素区よりやや多く慣行区と同等であったため、慣行区と比較して、施肥窒素利用率が高かった(表11)。ただし、2作後の作土層の土壤中硝酸態窒素含量の減少量が18.3mg/100g風乾土と他の区よりも多かった(表11)。なお、作土層の土壤中硝酸態窒素含量の測定値をRQフレックスとイオンクロマトグラフで比較したところ、高い相関関係を示した(図5)。

表11 窒素2, 3作分1回診断施肥が窒素吸収量, 施肥窒素利用率および土壤中硝酸態窒素含量に及ぼす影響(2003)

試験区	窒素施用量 (kg/10a)	窒素吸収量 (kg/10a)	施肥窒素利用率 (%)	作土層の土壤中NO ₃ -N含量(mg/100g風乾土)			
				施肥前	2作跡	3作跡	増加量※
(3作跡)							
3作診断	14.1	14.3	2.1	21.9		10.5	-11.4
慣行(毎作)	36.0	15.3	3.6	21.9		23.0	1.1
無窒素	0.0	14.0	—	21.9		8.9	-13.0
(2作跡)							
2作診断	2.1	11.8	81.0	21.9	3.6		-18.3
慣行(毎作)	24.0	12.1	8.3	21.9	16.1		-5.8
無窒素	0.0	10.1	—	21.9	11.0		-10.9

※増加量 = 3作あるいは2作収穫跡地土壌のNO₃-N含量 - 施肥前土壌のNO₃-N含量。

表12 窒素2, 3作分1回診断施肥が収量(kg/10a)に及ぼす影響(2003)

試験区名	1作目	対比	2作目	対比	3作目	対比	2作合計	対比	3作合計	対比
3作診断	1166	90	1060	94	879	108			3105	96
2作診断	1375	106	1165	104			2539	105		
慣行(毎作)	1303	100	1122	100	813	100	2424	100	3237	100
無窒素	1233	95	1055	94	889	109	2288	94	3177	98

注) 対比は、慣行(毎作)区の収量を100としたときの値。

表 13 窒素 2, 3 作分 1 回診断施肥が生育, 品質に及ぼす影響 (2003)

試験区	収穫率※ (%)	全重 (g/株)	調製重 (g/株)	葉数 (枚)	葉長 (cm)	葉色 (SPAD 値)
(1 作目)						
3 作診断	78.8	15.1	12.5	5.0	22.0	44.1
2 作診断	83.8	16.2	13.7	5.0	22.7	42.8
慣行 (毎作)	83.8	15.9	13.0	4.8	22.9	43.0
無窒素	62.5	19.8	16.7	5.3	23.7	43.1
(2 作目)						
3 作診断	87.5	13.5	10.2	4.2	22.6	36.8
2 作診断	95.0	13.5	10.3	4.2	23.1	38.2
慣行 (毎作)	97.5	12.7	9.6	4.1	22.2	38.1
無窒素	87.5	13.4	10.2	4.2	22.0	37.5
(3 作目)						
3 作診断	107.1	8.0	6.6	3.7	19.4	34.2
慣行 (毎作)	95.2	8.4	6.9	3.6	20.0	34.3
無窒素	95.2	9.3	7.5	3.7	21.6	32.7

※収穫率 = 収穫株数 / 播種数 × 100

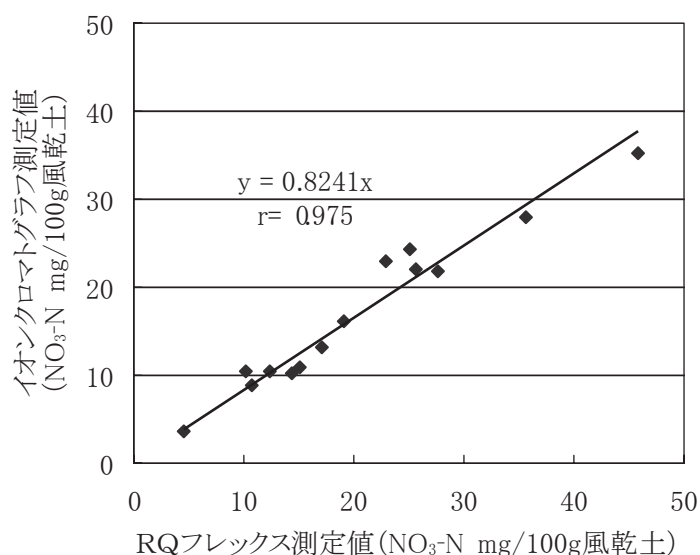


図 5 水抽出液 (EC 測定後ろ過液) における作土層の土壤中硝酸態窒素含量の RQ フレックス値とイオンクロマトグラフ値の関係

IV. 考 察

窒素 2, 3 作分 1 回診断施肥による減肥技術は, 生育の速い軟弱野菜類で, 過剰に硝酸態窒素が蓄積した施設の火山灰土壌において, 収量を維持しながら無駄な窒素施肥量を減らして適切な土壤窒素管理を行う上で有効な手段であると考えられる。実際に本試験では, 毎作基準量施肥の対照区 (または慣行区) と同等の収量を維持し, 作付跡地土壌の硝酸態窒素含量が対照区

(または慣行区) よりも減少することを明らかにできた。なお, 今回の試験では, 生育の速い軟弱野菜類が対象作物であったため, より迅速に簡易な土壤診断をする目的で, 黒ボク土壌の一般的な仮比重 0.667 と作土深 15cm を利用し (茨城県, 1997), さらに風乾土で土壌に残存している硝酸態窒素含量を診断した。また, 土壤中硝酸態窒素含量の測定において, RQ フレックスとイオンクロマトグラフとの相関は高かったため, 表層腐植質黒ボク土においては現場でも本試験の

診断施肥を十分適応できると思われる。ただし、今回の試験は、仮比重が0.667と大きく異なる土壌については検討していないので、そのような土壌では、窒素2, 3作分1回診断施肥の有効性は不明である。

試験1では、窒素3作分1回施肥の適応可能な肥料の種類について検討したが、被覆肥料のリニア型、シグモイド型、ノンストレス型有機質肥料(有機質80%)のいずれの肥料も速効性肥料の燐硝安加里を毎作基準量施肥した対照区と同等の収量、窒素吸収量が確保できた。その中でもノンストレス型有機質肥料の窒素吸収量が多く、施肥窒素利用率が高かった理由は、作土層の土壌中硝酸態窒素含量が1作跡地土壌で多くなっており、高温時期の1作目で肥料由来有機態窒素の無機化が速く進み、被覆肥料よりも速く土壌中の硝酸態窒素が増加し、1, 2作目の窒素吸収量が多くなったためと考えられた。窒素吸収量が多かったため、ノンスト有機区では、3作跡地の作土層の土壌中硝酸態窒素含量も少なかったと考えられた。

試験2では、試験1で最も施肥窒素利用率の高かったノンストレス型有機質肥料を使用して、窒素3作分1回診断施肥を検討したが、毎作基準量を施肥する対照区や窒素3作分1回基準量施肥と比較して34%減肥しても、同等以上の収量を確保でき、施肥窒素利用率も高くなった。一方、植田・小山田(1996)は、雨よけハウレンソウで被覆燐硝安加里を使用して4作分1回施肥を行ったところ、窒素施用基準量を施肥すると、毎作基準量施肥の慣行区と比較して、同等の収量や窒素吸収量があるが、2割減肥や4割減肥すると減収したと報告している。この報告では、慣行区の窒素吸収量が窒素施用量とほぼ同量で、また施肥前に残存していた作土層中硝酸態窒素含量も1.3~1.6mg/100g乾土と少なかったため、基準量を施肥しても無駄な窒素施用量が無く、減肥することが難しかったと考えられた。本試験では、対照区や窒素3作分1回基準量施肥で、窒素吸収量より窒素施用量が15kg/10a以上も多く、また施肥前の作土層中硝酸態窒素含量も12mg/100g風乾土以上と比較的多く残存しており、窒素3作分1回診断施肥で34%減肥しても減収しなかったと考えられた。

試験3では、施肥前の作土層中硝酸態窒素含量が21.9mg/100g風乾土と多く蓄積していた現地ハウスで、窒素2, 3作分1回診断施肥を行ったが、61%減肥の窒素3作分1回診断施肥、91%減肥の窒素2作分1回診断施肥でも毎作基準量施肥の慣行区と同等の

収量、窒素吸収量が得られた。これは、無窒素区でも慣行区並の窒素吸収量があるほど施肥前の作土層中硝酸態窒素含量が多かったため、61, 91%減肥した診断施肥でも土壌中の硝酸態窒素が不足しなかったためと考えられた。現地では、試験3で使用したハウスのように過剰に土壌中硝酸態窒素が蓄積したハウスが多いため、本試験で用いた診断施肥は、無駄な窒素施用量の削減に有効と考えられた。ただし、診断施肥区の作付跡地の土壌中硝酸態窒素含量が、施肥前よりもかなり少なくなっていることから、現地では高温時期の夏季の灌水量が多く、作土層よりも下層土に硝酸態窒素が多くなっている可能性が考えられた。このように前作で灌水量が多かった場合や太陽熱土壤消毒など多量の水を使用した跡で、作土層よりも下層に硝酸態窒素が多い場合、いずれ下層の硝酸態窒素が施設特有の水移動で作土層に上昇してくると考えられるので(松中, 2004)、作土層だけで硝酸態窒素含量を評価すると窒素施用量が過剰になってしまう。そのような場合に過剰な窒素の施用を防ぐためには、下層の土壌診断も必要になると考えられた。

診断施肥の問題点としては、有機物を多量に投入した後のほ場での土壌残存窒素量の診断方法が上げられる。そのようなほ場では、当初硝酸態窒素は多くないが、2, 3作後には硝酸態窒素が多くなると予想される。今回の試験は、生育の速い軟弱野菜類が供試作物で、所内ハウス、現地ハウスともに堆肥が無施用の土壌であったので、硝酸態窒素のみの診断が可能であったが、実際の現地では、堆肥を多量に投入しているハウスもあることが想定される。その場合には、可給態窒素をもとにした診断施肥が必要になると考えられる。ただし、土壌の可給態窒素診断に多く使われている定法は、土壌を30℃で28日も培養することから迅速に診断することが困難である(日本土壤協会, 2001)。現地のハウスコマツナ栽培は、ハウスごとに時期を少しずつずらしながら10月~6月に4作作付するので(茨城県農業改良協会, 2001)、診断施肥を行うには迅速に土壌中窒素を診断する必要がある。したがって、そのような有機物を投入したハウス土壌では、水田土壌で有効とされているリン酸緩衝液抽出窒素を利用した迅速で簡易な可給態窒素診断(小川ら, 1992; 塚本, 2002)による診断施肥の検討が必要と思われる。

その他、作土層の施肥前土壌の硝酸態窒素含量が、窒素3作分1回診断施肥では24mg/100g風乾土、窒素2作分1回診断施肥では12mg/100g風乾土以下の

場合、毎作窒素 12kg/10a 施用の慣行施肥と比較して、1 作目に多くの窒素量が投入されるが、そのときに作物体内硝酸イオン濃度が上昇する懸念がある。試験 1 では、36kg/10a を一度に施用したノンスト有機区の 1 作目（7 月下旬収穫）の作物体内硝酸イオン濃度がやや高かった。これは、1 作目が夏季の高温時期で肥料由来有機態窒素の無機化が速く進み、作土層中硝酸態窒素が速く増加したためと考えられるが、現地ハウスでは非常に高温となる 7～8 月には作付けしない（茨城県農業改良協会,2001）ため、現地ハウスで窒素 2,3 作分 1 回診断施肥の 1 作目が夏季の高温時期になることは無い。したがって、現地ハウスでは、本試験のように窒素 2,3 作分 1 回診断施肥で 1 作目の作物体内硝酸イオン濃度が高くなることは無いと予想されるが、作物体内硝酸イオン濃度を考慮すると、この施肥法では、緩効性肥料を使用することが前提条件と考えられる。

最後に、この窒素 2,3 作分 1 回診断施肥を同一ハウスで数年連続した場合の土壤中硝酸態窒素含量の推移については調査していない。今後は、診断施肥を何作も続けた場合の収量やハウス内土壤中硝酸態窒素含量を注意深く調査していく必要がある。

V. 摘要

火山灰土壌のハウスコマツナにおいて、作土層の施肥前土壤中硝酸態窒素含量 (mg/100g 風乾土) を 10a 当たりの硝酸態窒素量 (kg) と考え、それを窒素施用基準量の 2,3 作分から差し引いた上で施肥する窒素 2,3 作分 1 回診断施肥による減肥技術について検討した。

1. 施肥前の作土層中硝酸態窒素含量が 1.8mg/100g 風乾土と少ない条件で、被覆リニア型、被覆シグモイド型、ノンストレス型有機質肥料（有機質 80%）を用いて、窒素 3 作分 1 回施肥を行い、速効性化成で毎作窒素基準量施肥する対照区と比較した結果、いずれの肥料も対照区と同等の収量が得られた。特にノンストレス型有機質肥料は、施肥窒素利用率が高く、3 作作付跡地の土壤中硝酸態窒素含量も低かった。
2. 施肥前の作土層中硝酸態窒素含量が 12-16mg/100g 風乾土とやや多い条件で、ノンストレス型有機質肥料（有機質 80%）を用いた窒素 3 作分 1 回診断施肥は、窒素 3 作分 1 回基準量施肥や対照区

よりも 34% 減肥になったが、収量は同等以上で、施肥窒素利用率が最も高く、3 作作付跡地の土壤中硝酸態窒素含量も低かった。

3. 茨城県旧玉里村の現地コマツナハウスで、ノンストレス型有機質肥料（有機質 30%）を用いた窒素 2,3 作分 1 回診断施肥による減肥試験を行った。施肥前の作土層中硝酸態窒素含量が 22mg/100g 風乾土とやや多い条件で、窒素 2 作分または 3 作分 1 回診断施肥は、毎作基準量施肥の慣行区と比較して、それぞれ 91%、61% の減肥となったが、同等の収量が得られた。特に窒素 2 作分 1 回診断施肥では施肥窒素利用率が高く、作土層中硝酸態窒素含量の減少量も多かった。

謝 辞 本試験の遂行にあたり、土浦地域農業改良普及センターの水野仁志専門員（現：農業総合センター）と鈴木結花主任には、現地試験において大変お世話になりました。また、玉里村（現：小美玉市）の市村勇氏には快く現地ほ場を提供して頂きました。さらに、農業総合センター施設課の野口昭治技師（現：退職）と柳原正之技師、足立美佐代氏をはじめとする臨時職員の方々にはそれぞれ栽培管理、調査、分析において多大なご協力を頂きました。ここに心より感謝申し上げます。

引用文献

- 伊達昇・米山徳造・都田紘志・加藤哲郎. 1980. 野菜の硝酸根蓄積に及ぼす肥培管理の影響. 東京農試研報. 13:3-13.
- 茨城県農業改良協会. 2001. いばらきの野菜: 117-119.
- 茨城県農業総合センター. 1998. 野菜栽培基準: 117
- 茨城県農林水産部農業技術課. 1997. 土壌・作物栄養診断マニュアル: 14-17, 87, 89.
- 松中照夫. 2004. 土壌学の基礎: 279-280. 農文協
- 目黒孝司・吉田企世子・山田次良・下野勝昭. 1991. 夏どりホウレンソウの内部品質指標. 土肥誌. 62: 435-438.
- (財)日本土壌協会. 2001. 土壌, 水質及び植物体分析法: p66-73.
- 小川吉雄・山根隆重・加藤弘道. 1992. 可給態窒素の簡易測定法と診断施肥への応用. 農業および園芸. 67. 3: 377-381.

作物分析法委員会. 1975. 栄養診断のための栽培植物分析測定法：67-69. 養賢堂.

建部雅子・石原俊幸・松野宏治・藤本順子・米山忠克.

1995. 窒素施用がホウレンソウとコマツナの生育と糖, アスコルビン酸, 硝酸, シュウ酸含有率に与える影響. 土肥誌. 66：238-246.

塚本心一郎. 2002. 水稻高品質化のための基肥窒素

量の診断. 圃場と土壤. 34. 10-11号:p36-40. (財) 日本土壤協会.

植田稔宏・小山田勉. 1996. ホウレンソウの最適栄養条件の解明. 平成8年度茨城農総七園研試験成績書：248-251.

渡辺和彦監修. 1994. 野菜の要素欠乏と過剰症：52. タキイ種苗(株).