

鶏糞利用による冬春ほうれんそうの合理的施肥法

棚橋寿彦・高橋幸蔵*・矢野秀治

(* 現可茂農業改良普及センター)

Rational Fertilization by Chicken Manure for Winter-Spring Spinach

Toshihiko TANAHASHI, Kouzou TAKAHASHI, and Hideji YANO

要約：冬春ほうれんそう栽培において鶏糞の窒素無機化特性を考慮した施肥法について検討を行った結果、9月播種の短期収穫作型では鶏糞と石灰窒素のみで栽培が可能であり、ほうれんそう中の硝酸含量も低下した。また、鶏糞を土壌消毒前に施用することにより初期の分解が抑制され、より長期にわたり肥効が得られるため、10月以降播種の長期作型では慣行体系に比べて40%程度の減肥が可能となった。

キーワード：冬春ほうれんそう、鶏糞、無機化特性、硝酸、土壌消毒、減化学肥料

緒言

環境保全型農業を推進する上で施肥改善の果たす役割は重要であり、今まさに硝酸態窒素が水質における環境基準化されようとしている。

国内における年間の化学肥料による窒素施用量は60万tである。一方、年間に排出される家畜糞尿中の窒素量は76万t¹⁾であり、化学肥料を超える窒素量となっている。この化学肥料及び家畜糞尿中の窒素は耕地に施用された場合、一部は硝酸へと変わり、溶脱・流亡により環境負荷を及ぼす可能性がある。従って、施用有機物の肥効を十分にとらえた上で化学肥料を減らすことが重要となる。

このような中、本県においても被覆肥料を用いた効率的な施肥法がニンジン・ナス・エダマメ・イチゴ²⁾・水稲等で、ECセンサーを用いた適切な施肥管理が茶³⁾で、また、堆肥中の肥料成分を考慮した施肥法がダイコン・ニンジン⁴⁾において研究されてきた。

本報で取りあげた岐阜市におけるほうれんそう栽培は面積約120ha、生産額7億円を超えており、そのほとんどが砂質土において栽培されている。

この作型では鶏糞や石灰窒素が施用された上で化学肥料が施用されており作物体吸収量に対して過剰な施肥となっていることが想定される。また砂質土であるため保肥力が小さく環境負荷が大きいことも想定される。そこで鶏糞からの窒素供給量に基づいた施肥法について検討を行ったのでここに報告する。

材料及び方法

1 現地実態調査

- 1) 対象地区：岐阜市島地区
- 2) 土壌条件：中粗粒褐色低地土・芝統
- 3) 調査点数：10点
- 4) 調査時期：平成7年9月～平成8年1月
- 5) 調査方法

- (1) 施肥管理実態の聞き取り
- (2) 収穫時の作物体窒素吸収量

2 鶏糞の窒素無機化特性の解明

- 1) 温度の違いによる窒素無機化率

場内生土（細粒褐色低地土）に鶏糞（1 t/10 a相当）を添加し30・20・15・6℃にて20週間の培養を行い窒素無機化率を測定した。

- 2) 土壌消毒の有無による無機態窒素発現様式

場内において無処理区、土壌消毒区（D-D処理）、土壌消毒後鶏糞を施用した区（1 t/10 a）、土壌消毒前に鶏糞を施用した区（1 t/10 a）の4種類を設定しそれぞれの生土について30・25・20・15℃の4温度で培養し、金野ら⁵⁾の速度論的方法によりほうれんそう作付期間中の窒素発現量を解析した。また、現地土壌（中粗粒褐色低地土）でも土壌消毒区・土壌消毒後鶏糞施用区について同様に培養し解析を行った。

3 施肥改善試験

- 1) 試験場所及び土壌条件

岐阜市東島（中粗粒褐色低地土・芝統）
農総研場内（細粒褐色低地土・新戒統）

- 2) 試験区の構成・耕種概要

乾燥鶏糞施用（1 t/10 a）下で慣行・減肥・無窒素

区を設け、平成9年試験では鶏糞施用時期を土壤消毒前後の2種類とした。試験区構成、耕種概要の詳細は表1に示す。

なお、試験2・3に使用した乾燥鶏糞の理化学性は表2に示す。

結果及び考察

1 現地実態調査

現地では8月を中心にD-Dによる土壤消毒を行い、ビニール被覆終了後鶏糞・石灰窒素を施用し、9月中旬以降播種を開始する体系が一般的であり、作期は、①9月に播種し30日程度で収穫となる短期作型、②10月以降播種し年内から年明け後収穫の長期作型、③①作期の収穫後に播種し年明け以降収穫する2作目の3タイプに分類された(図1)。

D-Dによる土壤消毒は毎年または隔年で8割の生産者が実施し、鶏糞は毎年または数年おきに全ての生産者が平均932kg/10a、石灰窒素は8割の農家で平均71.3kg/10a施用されていた。鶏糞と石灰窒素から平均約50kg/10aの窒素が施用されていた(表3)。

播種時からの施肥量は、①作期で基肥中心の7.8kg/10a、②作期で14.0kg/10a、③作期で17.2kg/10aであり、②③作期は分施肥体系であった。

収穫時の作物体窒素吸収量は収穫までの日数により異なるが平均で11.8kg/10aであり、鶏糞・石灰窒素からの窒素供給量を考慮すると窒素利用率はかなり低いと考えられた。

2 鶏糞の窒素無機化特性の解明

1) 温度の違いによる窒素無機化率

培養結果を図2・3に示した。30・20℃の培養条件では初期から速やかに分解が進み7週目でそれぞれ69.6%・59.0%が無機化し、以後20週目までの分解は緩やかであった。一方、低温条件下では分解が極めて遅く20週目でも40.2・34.1%の無機化にとどまった。このことから鶏糞の分解は温度条件に左右され20~15℃を境に低温下での分解が著しく低くなると考えられた。

2) 土壤消毒の有無による無機態窒素発現様式

各条件下での窒素無機化モデルを推定した特性値を表4に示した。

各窒素無機化モデルと平成8年度の9月から12月までの場内露地畑の地温(15cm深)から窒素発現量(10a当たり作土20cmと仮定)を推定した結果を図4に示した。無処理区では窒素発現量は約3kgであり、作付期間中殆ど窒素発現量が増加しなかった。土壤消毒区でも同様に窒素発現量は殆ど増加しなかったが、発現量は約10kgと多く、土壤消毒の実施により窒素が約7kg多く発現する

と考えられた。

土壤消毒後に鶏糞を施用した区では、始めは17.6kgの窒素発現量があり、10月下旬頃までに約10kg増加したが、これ以降は殆ど増加しなかった。土壤消毒前の鶏糞施用区では、始めは約13kgの窒素発現量であったが、10月以降増加し最終的に12月には約19kgとなり、この間6kg増加した。この発現パターンの違いは、土壤消毒による鶏糞の微生物活性の低下により分解が遅れるためと考えられた。

また、現地土壤で平成8年の9月下旬から12月下旬の地温(15cm深)を用いて推定を行った結果(図4)、土壤消毒区・土壤消毒後鶏糞施用区とも場内土壤に比べて窒素発現量が若干減少するものの無機化パターンは同様の傾向であった。

以上の結果、冬春ホウレンソウ栽培において土壤消毒により地力窒素の発現が増加し、土壤消毒後鶏糞施用をした場合、早期に無機化されるため11月以降の窒素無機化は期待できないが、鶏糞を土壤消毒前に施用した場合は初期無機化が抑制され10月以降無機化が期待されると考えられた。

3 施肥改善試験

1) ①作期試験(9月播種)

平成7年場内試験では無窒素I区(鶏糞のみ)、無窒素II区(鶏糞+石灰窒素)とも慣行区を上回り、平成8年現地試験では慣行区と無窒素区の収量は同等であった。平成9年現地試験では通常の慣行(土壤消毒後鶏糞施用)に対して無窒素区では鶏糞の施用時期に関わらず収量が上回った(表5)。

平成9年現地試験での作付期間中の作土の無機態窒素の推移を図5に示した。慣行区では最高時に約23mg/100gに達し非常に高い状態になっているが、無窒素区でも鶏糞+石灰窒素により約9mg存在した。作物体窒素吸収量は無窒素区が慣行区を若干上回り(図6)、鶏糞・石灰窒素の施用下では慣行体系の施肥窒素は過剰な窒素レベルにあり、無施肥でも十分な無機態窒素量が確保できると考えられた。

この結果、この作期においては鶏糞施用時期が土壤消毒前後いずれの時期でも鶏糞+石灰窒素のみでの栽培が可能であり、さらに鶏糞のみで栽培ができる可能性があると考えられた。

また、土壤溶液中硝酸濃度が無窒素区において慣行区を大きく下回りの硝酸態窒素の下層への溶脱が軽減されているものと考えられた(図7)。

2) ②作期試験(10月播種)

この作期では無窒素区の収量は慣行に対して30~64%と大幅に減少し、無窒素栽培は不可能であった(表6)。

鶏糞施用時期による収量を比較すると、各区とも土壤消毒前鶏糞施用の収量が優り、土壤消毒前に鶏糞を施用した場合、基肥を無施用とし約40%の減肥が可能であった。これは、土壤消毒前の鶏糞施用では窒素無機化が遅れることにより冬期の肥効が得られたためと考えられた。

3) ③作期試験

連続での2作期目においても②作期同様に土壤消毒前の鶏糞施用の収量が優り(表7)、これは前述同様の理由によるものと考えられた。

しかし、この作型では1作目無窒素栽培を行った場合相当量の窒素が吸収され、1作目終了時に既に土壤中無機態窒素濃度が低下しているため(図5)、基肥の減肥は不可能と考えられた。

4) 各作期での品質

各作期で減肥栽培を行った場合の品質を表8に示した。

①作期において無窒素栽培を行うことにより、葉色・糖度・還元型ビタミンC含量を損なうことなく硝酸濃度を減らすことが可能であったが、その他の作期では違いは明確でなかった。

総合考察

本報では鶏糞施用下での冬春ほうれんそう栽培における効率的施肥法について検討を行った。

その結果D-Dによる土壤消毒により無機態窒素量が增大すること、また、鶏糞施用を土壤消毒前に施用すると窒素無機化が抑制され、肥効が長期化することが明らかとなった。これにより、鶏糞からの無機態窒素を利用すれば9月播種の短期作型では無窒素栽培が可能であり、10月以降播種の作型については鶏糞施用を土壤消毒前とすれば基肥の減肥が可能であることが明らかとなった。

D-D消毒による無機態窒素量の増大と同様の報告は、クロールピクリンでもなされている。また、土壤へのクロロホルム薫蒸を行うと微生物由来の無機態窒素の発現がある⁹⁾ことも報告されている。D-Dは本来殺センチュウ剤であるが殺菌効果も併せ持つことから、バイオマス由来の窒素発現があったと推察された。D-D処理による無機態窒素発現量の増大は7 kg/10 aあり、土壤消毒を行った場合の注意点として他作物でも考慮されるべきである。

また、D-Dの持つ殺菌効果から土壤消毒前に鶏糞を施用した場合の窒素無機化は逆に抑制される。この特性を利用して鶏糞の分解を緩やかにして安定した肥効を得ることにより、作物への窒素利用率が高まり、併せて硝酸態窒素の下層への溶脱が減少すると考えられ、作付期間が長い10月以降播種作型では有効な方法である。

ほうれんそう中の硝酸濃度は9月播種作型で鶏糞と石灰窒素のみで栽培を行った場合に減少した。目黒ら⁷⁾は夏ほうれんそうにおいて施肥量を増加させると収量にはピークが見られ増加から減少に転ずることを報告しており、9月播種の慣行体系では同様に窒素過多の状況にあることが推察された。

有機質施用下における栽培では有機質由来の無機化窒素量を把握推定することが重要である。現地では鶏糞の散布労力がかかることから袋詰めのパーク堆肥などを導入する生産者も一部あり、また大型堆肥センターによる受託散布体制の整備が進めば、今後全く違う種類の有機質の施用となることも予想される。このような場合、新たに分解特性値等を求めて新たな施肥基準の作成が必要となろう。本報のほうれんそうに限らずあらゆる場面で有機質施用下の無機化窒素量を考慮する必要があり、各種堆肥に適用できる簡易な肥効特性把握手法の開発が望まれる。

謝辞 本研究を行うに当たり多大な協力を頂いた伊奈波農業改良普及センター並びに試験研究に協力頂いた関係各位に深く感謝致します。

引用文献

- 1) 農林水産省(1997) 家畜糞尿処理利用研究会報告書 : 1-6
- 2) 矢野秀治(1997) 岐阜県の野菜栽培における肥効調節型肥料の利用と問題点. 土肥学会中部支部講演要旨集, 76 : 19-28
- 3) 田口義広ら(1994) 土壤埋設型センサーを利用したレキ質土茶園における施肥管理技術の確立. 岐阜農試研報, 7 : 32-48
- 4) 矢野秀治ら(1996) ニンジン・ダイコンに対する有機主体施肥法. 岐阜農試研報, 9 : 28-39
- 5) 杉原進・金野隆光(1986) 土壤中における有機態窒素の無機化の反応速度論的解析法. 農環技研報, 1 : 127-152
- 6) 日本土壌肥科学会(1984) 土壤のバイオマス : 115-137
- 7) 目黒孝司ら(1991) 夏どりほうれんそうの内部品質指標. 土肥誌, 62 : 435-438
- 8) 京都大学農学部食品工学教室(1970) 食品工学実験書. 上巻 : 450

A B S T R A C T

We examined rational fertilization by the winter-spring spinach cultivation that utilized chicken manure.

It was possible to cultivate spinach that seed in September with fertilization only of chicken manure and calcium cyanamide.

Nitrate contents in spinach decreased if did it in this way.

Mineralization of nitrogen in chicken manure was late when utilized chicken manure before the soil disinfection.

It was possible to reduce nitrogenous fertilizer of 40% in Spinach seeded in October if did it in this way.

K E Y W A R D

winter-spring spinach

chicken manure

mineralization characteristic

nitrate

soil disinfection

reduction chemical fertilizer

表1 施肥改善試験の耕種概要

試験	場所	土壌消毒	鶏糞施用	石灰窒素施用	播種	収穫	品種	区	施肥N量	
									基肥	追肥
①作期 (H7)	場内	8/11	9/7	9/7*	9/20	10/25	リード	慣行区	7.2	7.2 (別リン化成)
								無窒素Ⅰ区	0	0 (PK化成)
								無窒素Ⅱ区	0	0 (PK化成)
*(無窒素Ⅰ区は石灰窒素なし)										
②作期 (H9)	場内	9/12	9/12*	無し	10/29	3/2	リード	慣行区	7.5	10 (別リン化成)
			9/29*	無し				減肥区	0	10 (別リン化成)
			*(全区鶏糞土壌消毒前・後施用の2種設定)					無窒素区	0	0 (PK化成)
①作期 (H8)	現地 岐阜市	9/6	9/12	9/12	9/25	10/31	リード	慣行区	基肥のみ 7.5 (別リン化成)	
無窒素区	0 (PK化成)									
連続作付									①作期-③作期	
①作期 (H9)	現地 岐阜市	8/30	8/30*	8/30	9/19	10/28	リード	慣行区	7.5	7.5 10 (別リン化成)
			9/8*	9/8				減肥区	0	7.5 10 (別リン化成)
③作期				11/5 2/19		アケティブ	減肥区	0	0 10 (別リン化成)	
*(全区鶏糞土壌消毒前・後施用の2種設定)								無窒素区	0	0 0 (PK化成)

注) 鶏糞は1 t /10 a、石灰窒素は80kg/10 a 施用

表2 供試した乾燥鶏糞の化学性

	乾燥重量当り						生重1 t 当り		
	pH	EC	水分率	T-C	T-N	C/N	無機態N	T-N	無機態N
	H ₂ O	mS	%	%	%		mg/100 g	kg	kg
平均値	8.0	7.4	14.3	34.6	3.9	9.0	277.6	33.6	2.4
標準偏差	0.6	3.7	1.4	5.9	0.9	1.3	126.1	7.4	1.1

pH、ECは鶏糞1 : 水5 サンプル数5

図1 現地における作付体系

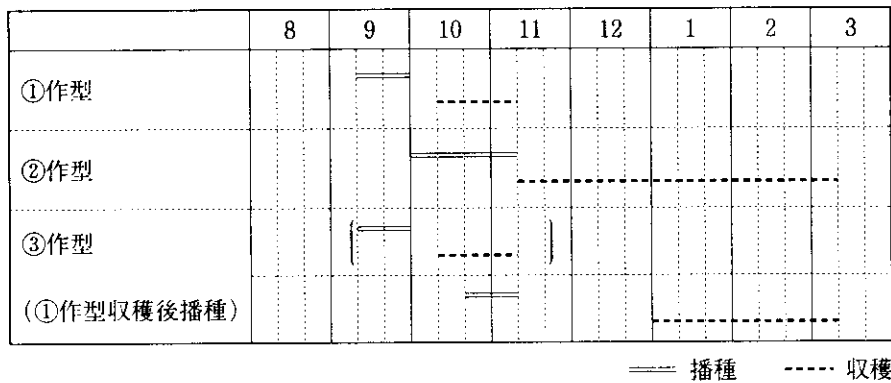


表3 栽培管理状況

項目	作付回数	有機物 施用量 (kg/10 a)	鶏糞 施用 (kg/10 a)	土壌改 良資材 (kg/10 a)	石灰N 施用量 (kg/10 a)	作期別施肥N量 (kg/10 a)			作物体 N吸収量 (kg/10 a)
						①	②	③	
平均値	1.4	1574	932(N:34)	210	71.3(N:16)	7.8	14.0	17.2	11.8
最小値	1.0	625	460	80	46.0	5.6	4.8	14.1	7.4
最大値	2.0	2750	1500	454	86.0	9.6	23.1	20.0	16.2
点数	10	10	10	10	8	4	6	4	6

注) ()内は、窒素分換算量kg

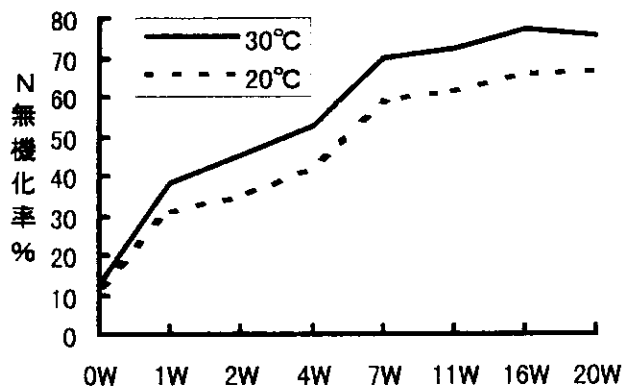


図2 乾燥鶏糞のN無機化率(高温:試験1)

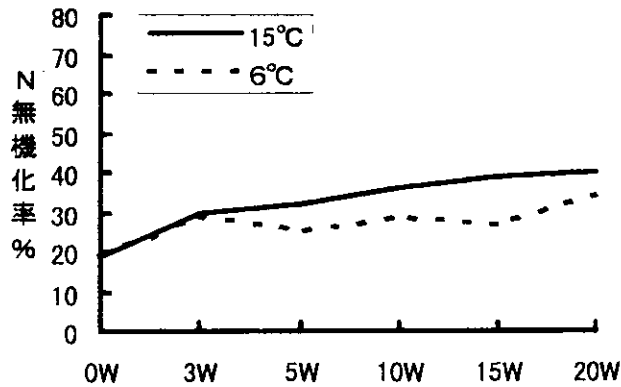


図3 乾燥鶏糞のN無機化率(低温:試験1)

表4 窒素無機化特性値

土壤条件	処 理 区	N ₁	N ₂	K ₁	K ₂	E a ₁	E a ₂	C
細粒 褐色 低地土	無処理	3.9543	-1.3547	0.0072	0.0421	6596	10743	1.2098
	土壤消毒	-1.694		-0.0064		10927		4.1495
中粗粒 褐色 低地土	土壤消毒前鶏糞施用	130.62	-4.1665	0.0006	0.0436	5543	-493	6.7297
	土壤消毒後鶏糞施用	6.0678	3.4105	0.0213	0.0281	45446	-16979	8.2252
中粗粒 褐色 低地土	土壤消毒	2.5012		0.0139		13390		3.0838
	土壤消毒後鶏糞施用	6.6398	2.6447	0.1588	0.3487	14134	25228	5.6023

注) モデル式 $N = N_1(1 - \exp(-K_1 \cdot t)) + C(N_{mg}/100g \text{ 生土})$
 $N = N_1(1 - \exp(-K_1 \cdot t)) + N_2(1 - \exp(-K_2 \cdot t)) + C(N_{mg}/100g \text{ 生土})$
 N: 生成した窒素無機化量、N₁・N₂: 可分解性有機態窒素量(N₂ > 0)
 N₂: 有機化窒素量(N₂ < 0)、C: 定数、t: 培養日数(日)
 K₁・K₂: 速度定数(1/日)、E a₁・E a₂: 活性化エネルギー(cal/mol)

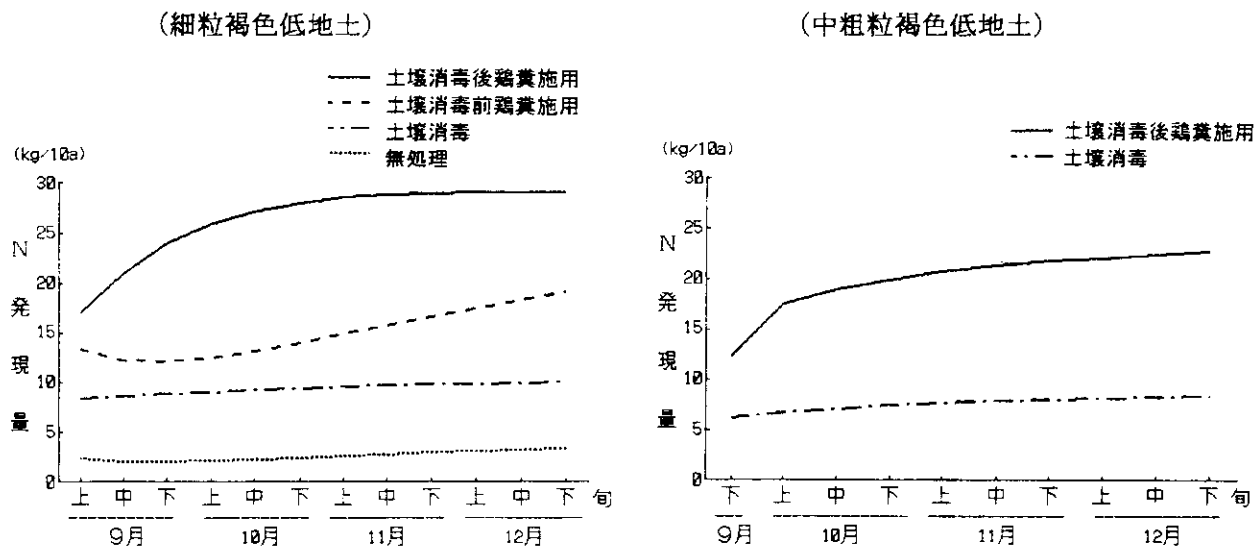


図4 土壤消毒の有無と鶏糞施用時期の違いによる窒素発現様式

表5 ①作期における可販収量

(kg/10a)

区	鶏糞土壤消毒後施用				鶏糞土壤消毒前施用			
	M	L	2L	計	M	L	2L	計
H7場内								
慣行	279	926	361	1,556 [100]				
無窒素I	188	853	731	1,772 (113)	区設定なし			
無窒素II	305	975	439	1,719 (110)				
H8現地								
慣行	593	767	17	1,377 [100]	区設定なし			
無窒素	410	858	88	1,357 (99)				
H9現地								
慣行	175	787	1,070	2,032 [100]	125	657	1,177	1,958 (96)
無窒素	150	1,010	1,333	2,493 (121)	262	965	1,098	2,325 (114)

表6 ②作期における可販収量 (H9場内)

(kg/10a)

区	鶏糞土壤消毒後施用				鶏糞土壤消毒前施用			
	M	L	2L	計	M	L	2L	計
慣行	470	1,342	775	2,587 [100]	242	1,146	1,792	3,179 (123)
減肥	803	1,254	163	2,221 (86)	347	1,400	1,771	3,518 (136)
無窒素	748	35	0	783 (30)	1,129	513	0	1,643 (64)

表7 ③作期における可販収量 (H9現地)

(kg/10a)

前作	2作目	鶏糞土壤消毒後施用				鶏糞土壤消毒前施用			
		M	L	2L	計	M	L	2L	計
慣行	慣行	648	802	295	1,745 [100]	567	758	423	1,748 (100)
無窒素	慣行	913	535	43	1,491 (85)	460	1,079	342	1,881 (108)
無窒素	減肥	842	158	0	1,000 (57)	875	340	103	1,318 (76)
無窒素	無窒素	620	122	0	742 (43)	798	170	0	968 (57)

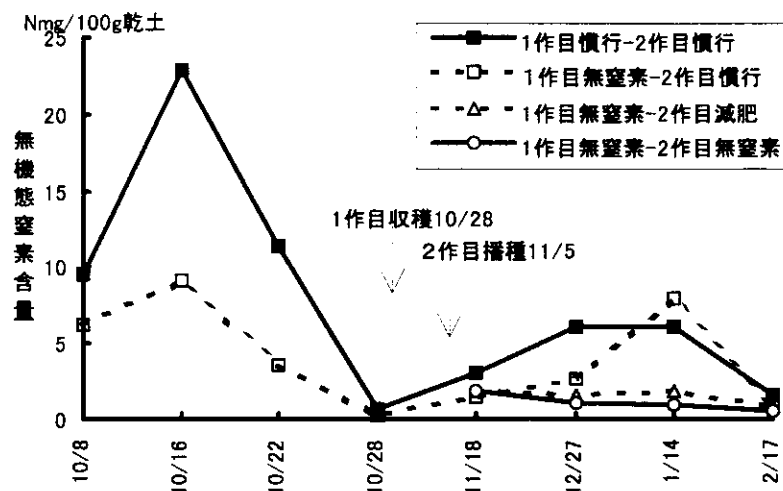


図5 ①作期・③作期2連作における作土中無機態窒素含量の推移 (H9現地、鶏糞土壤消毒前施用区)

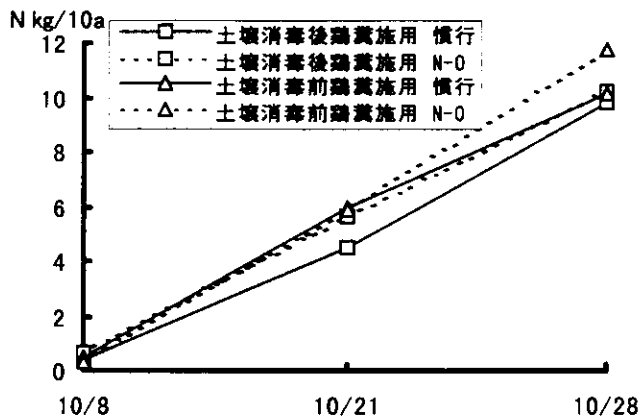


図6 作物体窒素吸収量の推移(H9現地)

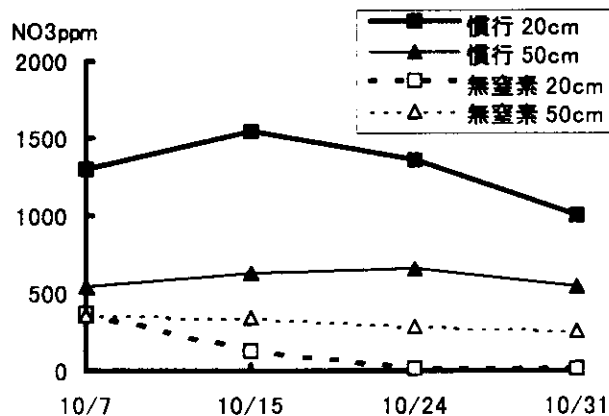


図7 土壌溶液中硝酸濃度の推移(H8現地)

表8 無窒素栽培及び減肥栽培での品質

	葉色 (SPAD)	硝酸濃度(ppm)		糖度(Brix)		ビタミンC(ppm)		シュウ酸(mg/100g)		
		葉身	葉柄	葉身	葉柄	葉身	葉柄	葉身	葉柄	
①作期 H9現地										
鶏糞土壌消毒後施用	慣行区	38.9	1,060	4,550	5.1	3.5	2,160	225	717	258
	無窒素	39.7	500	2,250	4.9	4.2	2,000	231	631	225
②作期 H9場内										
鶏糞土壌消毒前施用	慣行区	52.6	680	2,600	8.4	5.7	4,000	370	604	179
	減肥区	52.5	680	2,300	9.1	6.0	3,880	400	878	141
③作期 H9現地										
鶏糞土壌消毒前施用	慣行区	50.9	690	1,650	9.4	7.8	3,910	760	789	220
	減肥区	53.8	690	1,850	8.1	7.3	3,560	353	874	217

注) 葉色：ミノルタ葉緑素計SPAD502 硝酸濃度・還元型ビタミンC：搾汁液をRQfrefxにて測定
シュウ酸：過マンガン酸カリ滴定(食品工学実験書)⁸⁾