

北海道の施設トマト栽培における牛糞堆肥連用時の窒素施肥量の削減

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者名	林, 哲央 日笠, 裕治
発行元	日本土壌肥料学会
巻/号	88巻3号
掲載ページ	p. 234-237
発行年月	2017年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ノ ー ト

北海道の施設トマト栽培における 牛糞堆肥連用時の窒素施肥量の削減

林 哲央[†]・日笠裕治

キーワード 堆肥, 施設栽培, トマト, 熱水抽出性窒素

1. はじめに

施設栽培において肥培管理を適正化するためには、化学肥料のみならず堆肥等の有機物に含まれる養分の肥効を適正に評価する必要がある。施設土壌に施用された堆肥の窒素肥効については多くの報告があり、関東以南では軟弱野菜(三好ら, 2001)、トマト(徳永・木村, 2002)を対象に窒素施肥量の削減を技術化した報告もある。一方、北海道の施設栽培は冷涼な条件下にあり、年間を通じた土壌の温度が関東以南とは大きく異なるが、実際の圃場で堆肥を連年施用した場合に、無機化した窒素が作物の収量に与える影響を検討した報告は極めて少ない。

トマトは北海道の施設栽培面積の2割を占める重要な野菜である。しかし、北海道では堆肥に含まれる窒素を考慮せずに施肥されることが多く、そのため生育中に窒素栄養が過多になり草勢を適切に管理できなくなることがある。これを避けるため、堆肥から供給される窒素を評価して窒素施肥量を削減する必要があるが、北海道のトマトを対象に堆肥の窒素肥効を検討した報告は見当たらない。

以上のことから、北海道の施設土壌において施用有機物として用いられることの多い牛糞尿由来堆肥を対象に、トマトの窒素吸収量と収量に与える影響を明らかにし、堆肥連用条件での窒素施肥量の削減を検討した。

2. 方法

1) 堆肥施用と窒素施肥処理

北海道立総合研究機構道南農業試験場(北海道北斗市)の周年被覆ハウス施設内(普通褐色低地土, 土壌pHは6.0~6.5)に1987年から毎年1回, 春季に牛糞尿由来堆

肥(以下, 堆肥)を現物で(以下, 同じ)4kgm⁻²施用した区(以下, 4kg水準)と堆肥無施用区(以下, 堆肥0水準)を, 1998年から4kg水準の一部に4kgm⁻²を増量して8kgm⁻²を施用した区(以下, 8kg水準)を設定した。なお, 施用堆肥の4kgm⁻²は乾物重で1.1kgm⁻², 8kgm⁻²は乾物重で2.2kgm⁻²に相当する。堆肥施用と栽培の履歴を表1に示した。4kgおよび8kg水準の面積は各々70m², 堆肥0水準は170m²で, 堆肥処理の反復は設定しなかった。

堆肥は各年の4~5月に深さ20cmまで施用した。施用堆肥は毎年同じ時期に同一の畜産農家から購入したものであり, 増量試験期間中である1998年から2002年までの平均値で表2に性状を示した。

以上のように堆肥施用量の異なる区において, トマトの窒素施肥試験を2001~2002年, 堆肥連用15~16年目に行った。堆肥8kg水準は堆肥増量4~5年目であった。窒素施肥区の設定に当たり, 北海道でトマトを7段果まで収穫(後述)する時の窒素施肥量は, 堆肥を施用しない場合に30g⁻²(基肥10g⁻²+追肥20g⁻²)が標準であるため(北海道農政部, 2010), これを標準区とした。各堆肥水準のそれぞれに, 窒素施肥量が10g⁻²(基肥0g⁻²+追肥10g⁻²)のN10区と, 15g⁻²(基肥5g⁻²+追肥10g⁻²)のN15区を設けた。標準区から見た窒素施肥の削減量は, N10区で20g⁻², N15区で15g⁻²である。各施肥区の規模は8m²とした。堆肥0水準における施肥区は2反復, 堆肥4kgおよび8kg水準では反復なしで行った。

基肥窒素は深さ20cmまで全面全層に, 追肥窒素は1~5段果の各開花期に5回に等分して液肥で施用した。窒素の施肥には硝酸アンモニウムを用いた。1987~2002年の施設外の年平均気温は8.4±0.6°Cであり, トマト栽培試験期間中の施設内地温は4~5月に11~19°C, 7~8月に20~23°Cで推移した。

2) 栽培および調査法

トマト(品種; ハウス桃太郎)は播種から約60日間育苗した苗を栽植密度3.3株m⁻²で, 2001年は4月26日, 2002年は4月24日に定植し, 夏秋どり作型で9月上旬まで栽培し, 主枝1本仕立てで7段果まで収穫した。腋芽は長さ5cm以下の時点で随時摘除した。下位葉の摘葉は行わなかった。茎葉残渣は圃場外に持ち出した。栽培期間中は全面を白黒二層フィルムでマルチし, かん水は作土の水分ポテンシャルが98kPa以上になった時を目安に, 1回につき10Lm⁻²をマルチ下の全面に行った。リン(P)とカリウム(K)の施肥量は, 堆肥0水準でリン8.7g⁻², カリウム33.2g⁻², 堆肥4kg水準でリン0g⁻², カリウム33.2g⁻², 堆肥8kg水準でリン0g⁻², カリウム24.9g⁻²とした。これは, 堆肥を連用した各水準とも土壌可給態リンと交換性カリウム(表3)が, 北海道のトマト栽培における土壌診断基準値(北海道農政部, 2010)の上限(可給態Pが131mgkg⁻¹, 交換性Kが248mgkg⁻¹)

Tetsuo HAYASHI and Yuji HIKASA: Nitrogen fertile effects of cattle manure to tomato cultivations in greenhouse fields in cold regions

(地独) 北海道立総合研究機構道南農業試験場(041-1201 北斗市本町680)

[†]現在, 北海道原子力環境センター(045-0123 岩内郡共和町宮丘261番地1)

Corresponding Author: 林 哲央

2016年8月20日受付・2017年2月21日受理

日本土壌肥科学雑誌 第88巻 第3号 p. 234~237 (2017)

表1 堆肥施用と栽培の履歴

試験区 (堆肥施用)	堆肥施用量 ($\text{kg m}^{-2} \text{年}^{-1}$)		試験最終年の累積堆肥施用量 (=施用量×施用年数): kg m^{-2}
	1987~1997年 連用1~11年目	1998~2002年 連用12~16年目	
0水準	0	0	0
4kg水準	4	4	64 (=4×16)
8kg水準	4	8	84 (=4×11+8×5)
ハウレンソウ, トマト, エンバクの輪作		トマトとエンバクの交互作	

注) 試験実施は2001年および2002年。堆肥施用量は現物重(表2以下も同じ)。

表2 供試堆肥の性状

	乾物率 %	C/N	現物当たり含有率 (g kg^{-1})		
			N	P	K
平均±標準偏差	27.6±4.1	19.7±2.1	4.1±0.7	2.3±0.7	3.6±0.8
最小~最大値	23.3~34.4	18.1~23.2	3.6~5.3	1.5~3.1	2.9~4.5

表3 施肥試験開始前の土壌化学性

堆肥水準 kg m^{-2}	可給態 P	交換性 K
	mg kg^{-1}	
0	104	161
4	297	164
8	344	242

より高い、あるいは上限付近の値であったことを勘案して決められたものである。

土壌は深さ20cmまで採取し、風乾後に栽培期間中の無機態窒素と基肥前の熱水抽出性窒素を測定した。熱水抽出性窒素は堆肥0水準において6処理区、4kg水準において2処理区、8kg水準において2処理区の各平均値で示した。無機態窒素は、土:1.4mol/L KCl溶液の比を1:10で振とう抽出したものを、BRAN+LUEBBE社 AACS-II型のオートアナライザーで測定した。熱水抽出性窒素の測定は坂口ら(2010)の方法に従い行った。すなわち、土:脱塩水比を1:10にして105°Cで60分間オートクレーブ抽出後、ろ液を硫酸-過酸化水素で分解してアンモニウム態窒素をインドフェノール青法で定量した。

トマトの規格内収量は乱形果、尻腐果および90g未満の果実を除いて算出した。窒素吸収量は収穫した全果実と収穫終了時の茎葉とを合わせて算出した。

3. 結果および考察

1) トマトの収量から見た施肥窒素の削減可能性

トマトの規格内収量は、同一窒素施肥量では堆肥施用量が多いほど多くなる傾向にあった(表4)。堆肥を施用した系列において堆肥の連用と化学肥料の施用とを比較すると、堆肥4kg水準でN15区(標準区から窒素 15g m^{-2} を

削減)、並びに堆肥8kg水準でN10区(標準区から窒素 20g m^{-2} を削減)およびN15区において標準区と同等以上の収量が得られた。乱形果は2001年に堆肥8kg水準でやや多い傾向にあったものの、2002年には一定の処理間差は認められなかった。窒素吸収量も堆肥施用量が多いほど多く、収量と同様に、堆肥4kg水準でN15区、並びに堆肥8kg水準でN10区およびN15区において、2カ年の平均で見ると標準区と同等以上の吸収量であった(表4)。

上記の堆肥4kg水準と8kg水準の結果との差し引きから、4~5年間増量した分の堆肥 4kg m^{-2} により削減可能な窒素量は 5g m^{-2} に相当する。施設栽培では施用当年の牛糞堆肥中窒素の6割程度が栽培期間中に無機化する(大前ら, 2003)、あるいは施用翌年の牛糞堆肥中窒素の4割程度が作物に利用される(徳永ら, 2003)との報告があるが、堆肥に含まれる窒素は施用後数年以上かけて分解され、連用年数が経過すると見かけ上の利用率が次第に高まる(六本木ら, 1992; 住田ら, 2002)。このため、本試験でも15~16年の長期連用により、当該年に施用した堆肥中窒素の見かけ上の利用率が高まったものと考えられる。

なお、試験当時は家畜排せつ物法に基づく管理基準が設定された直後の猶予期限内であり、堆肥は被覆のない屋外で製造されていた。現在は屋根付き舎で製造されるため、窒素含有率は当時より高い傾向にある(大津ら, 2012)。このため、堆肥 1kg m^{-2} につき削減可能な窒素量も、現在は試験当時より多くなっているものと推察される。

2) 土壌窒素の動態と施肥窒素の削減可能性との関係

各年の定植時の土壌無機態窒素は、N10区において堆肥0水準で $5\sim 9 \text{mg kg}^{-1}$ 、堆肥4kg水準で $11\sim 19 \text{mg kg}^{-1}$ 、堆肥8kg水準で $27\sim 31 \text{mg kg}^{-1}$ であり、堆肥施用量が多いほど多かった(図1)。N15区においても同様に、堆肥施用量が多いほど土壌無機態窒素は多かつ

表4 堆肥の連用がトマトの規格内収量と窒素吸収量に与える影響

堆肥水準 (kg m ⁻²)	N 施肥量 (g m ⁻²)			規格内収量 (kg m ⁻²)		乱形果 (kg m ⁻²)		N 吸収量 (g m ⁻²)	
	基肥	追肥	合計*	2001年	2002年	2001年	2002年	2001年	2002年
0	0	10	10	8.2	11.5	0.8	1.1	12.4	14.5
0	5	10	15	10.5	11.8	1.2	2.1	14.6	16.9
4	0	10	10	12.1	12.9	1.2	1.6	20.4	20.7
4	5	10	15	12.8	13.2	1.6	1.6	24.7	19.6
8	0	10	10	13.6	13.9	2.1	1.8	27.7	20.9
8	5	10	15	13.6	14.8	1.9	2.6	28.9	25.6
0	10	20	30	12.9	12.9	1.3	2.6	22.3	23.9

注1) 2001~2002年は堆肥4kg m⁻²水準で連用15~16年目, 8kg m⁻²水準で堆肥増量4~5年目.

*各堆肥水準における合計窒素施肥量10g m⁻²がN10区, 15g m⁻²がN15区. 堆肥0水準における合計窒素施肥量30g m⁻²が標準区.

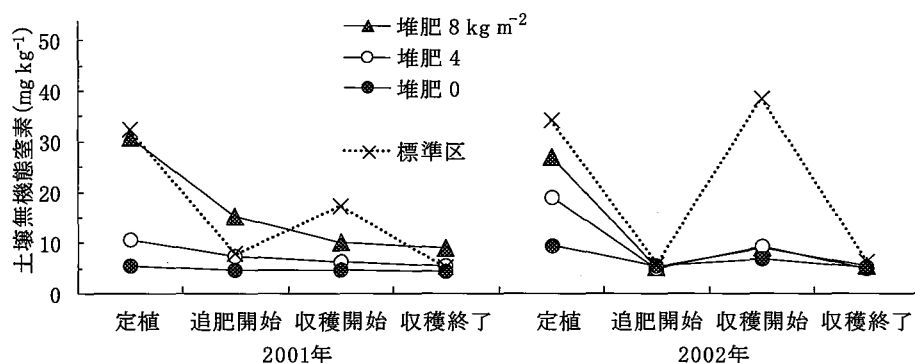


図1 N10区および標準区における土壌無機態窒素の推移

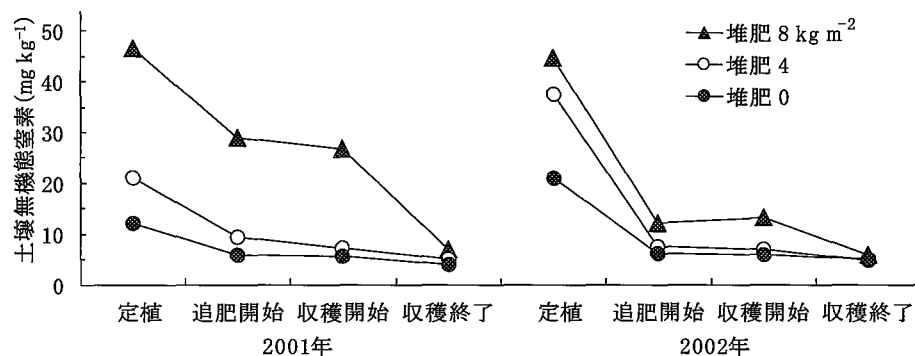


図2 N15区における土壌無機態窒素の推移

た(図2). 追肥開始時および収穫開始時についても, N10区, N15区の各々において堆肥施肥量が多いほど無機態窒素が多く推移する傾向にあった. 収穫終了時の無機態窒素は各窒素施肥区とも堆肥4kg水準で4~5mg kg⁻¹, 堆肥8kg水準で5~9mg kg⁻¹に減少して, 標準区(5~6mg kg⁻¹)との処理間差は見られなかった. 栽培期間を通じた最大値は, 2001年の堆肥8kg水準のN15区で47mg kg⁻¹を示したが, これは北海道のトマト栽培における土壌診断基準値の下限(50mg kg⁻¹)より少なかった(北海道農政部, 2010). これらの点から, 堆肥4kg m⁻²を連用4~5年目に施肥窒素を5g m⁻²削減, 連用15~16年目

に15g m⁻²削減しても差し支えないものと推察され, 前項で得られた結論を支持するものである.

一方, 土壌における可給態窒素の一つの指標である熱水抽出性窒素(斎藤, 1988)を各堆肥水準別に見ると, 堆肥施肥量が多いほど高まった(図3). 前項において堆肥施用時に削減可能な窒素量は, 累積堆肥施肥量が多い方が増加したが, 大量の堆肥施用により短期間で高まった熱水抽出性窒素は消費されるのも早いと考えられている(林ら, 2014). 高橋ら(2000)は重窒素標識された牛糞堆肥をトマトに施用し, トマトの窒素吸収では牛糞堆肥由来より土壌由来の割合が大きかったと報告しており, 徳永

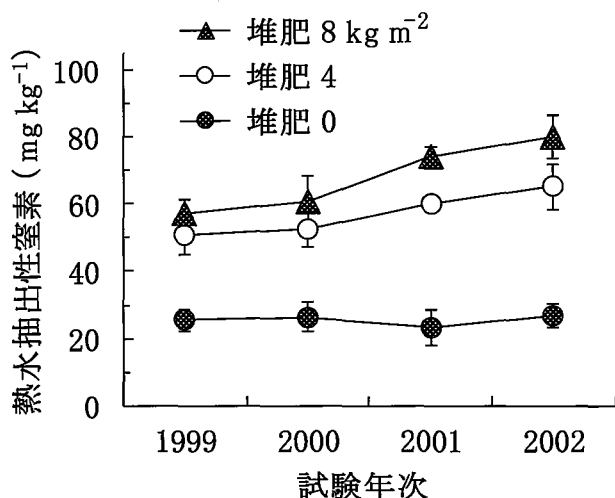


図3 各堆肥水準における土壌熱水抽出性窒素の推移
注) エラーバーは標準誤差。

ら(2003)は牛糞堆肥を連用すると前年に施用した難分解成分が徐々に分解してトマトの窒素吸収に占める土壌由来窒素の割合が高まったと報告している。これらのことから、堆肥の連用に起因して熱水抽出性窒素の高まった土壌ではトマト栽培時の施肥窒素を安定的に削減しやすくなったものと推察される。

熱水抽出性窒素の高い土壌では施用有機物の分解能が高い傾向にある(中辻ら, 2008)。本試験でも堆肥の施用により土壌における熱水抽出性窒素が高まり、熱水抽出性窒素の高まった条件下で更に堆肥の分解が進み無機化される窒素量も増加する、という機作によっても、堆肥連用年数の経過とともに堆肥由来窒素の無機化量が増加したものと考えられる。

4. まとめ

北海道の施設トマト栽培において堆肥を長期間連用すると、堆肥由来の熱水抽出性窒素が高まり、堆肥4 kg m⁻²を連用15~16年目に施肥窒素を15 g m⁻²削減することが

できた。

謝辞：北海道立総合研究機構道南農業試験場安積大治研究部長(現在、中央農業試験場)、並びに同丹野久博士には本稿をご校閲頂き、川原祥司元専門研究員には多くの有益な助言を頂いた。以上の各位に謝意を表す。

文 献

- 林 哲央・江原 清・木村文彦 2014. 軟弱野菜のハウス栽培における土壌熱水抽出性窒素を評価した窒素施肥量の削減. 土肥誌, 85, 375-378.
- 北海道農政部 2010. 北海道施肥ガイド2010, p. 89-91, 北海道農政部, 札幌. http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_sehi_kizyun/hokkaido01.html
- 三好昭宏・桑名健夫・西口真嗣・吉倉惇一郎 2001. 施設軟弱野菜に施用した牛糞堆肥由来窒素の吸収利用. 土肥誌, 72, 558-561.
- 中辻敏朗・坂口雅己・柳原哲司・小野寺政行・櫻井道彦 2008. 有機栽培野菜畑の窒素肥沃度指標とその簡易分析法. 土肥誌, 79, 317-321.
- 大前加陽子・福留紘二・遠城道雄・林 満 2003. 牛糞堆肥の施用がメロンの生育, 収量, 品質と培養土の理化学的性質に及ぼす影響. 鹿大農学報, 53, 1-14.
- 大津善雄・藤山正史・生部和宏 2012. 長崎県で生産される家畜ふん堆肥の化学性. 長崎農林技セ研報, 3, 67-79.
- 六本木和夫・石上 忠・武田正人 1992. 稲わら堆肥の連用が野菜の生育収量に与える影響. 土肥誌, 63, 690-695.
- 斎藤雅典 1988. 土壌可給態窒素量の紫外外部吸光度法による評価. 土肥誌, 59, 493-495.
- 坂口雅己・櫻井道彦・中辻敏朗 2010. 土壌熱水抽出性窒素の簡易測定法の比較とトリプトファンを指標物質とした紫外外部吸光度法の確立. 土肥誌, 81, 130-134.
- 住田弘一・加藤直人・西田瑞彦 2002. 寒冷地灰色低地土水田における堆肥長期連用試験からみた化成肥料及び堆肥中の窒素の行方. 東北農研研報, 100, 49-59.
- 高橋 茂・山室成一・小野信一 2000. 重窒素標識された牛糞堆肥由来窒素の水稲およびトマトによる吸収. 土肥誌, 71, 246-248.
- 徳永哲夫・木村 靖 2002. 雨よけトマト栽培における施用有機物の肥効を考慮した施肥法. 山口農試研報, 53, 30-34.
- 徳永哲夫・木村 靖・米山忠克 2003. 堆肥または化学肥料を施用した雨よけトマト栽培での作物体と土壌無機態Nの $\delta^{15}\text{N}$ 値の変動. 土肥誌, 74, 323-331.