

## リン酸が蓄積した施設土壌でのトマトの促成栽培における 窒素の全量基肥施肥とリン酸の無施肥栽培

中村嘉孝<sup>1)</sup>・田中哲司<sup>2)</sup>・番 喜宏<sup>3)</sup>・大藪哲也<sup>3)</sup>

**摘要：**リン酸が蓄積した施設土壌におけるトマトの促成栽培の追肥を省力化するため、被覆尿素肥料を用いた窒素の全量基肥施肥について検討した。あわせて、土壌に蓄積したリン酸の活用を図るため、リン酸の無施肥についても検討した。

- 1 被覆尿素肥料120日リニア溶出型：被覆尿素肥料80日シグモイド溶出型：速効性肥料＝4：4：2で配合した窒素肥料で慣行施肥量よりも23%減肥して全量基肥施肥を行ったところ、生育、収量及び果実品質は慣行施肥と同程度であった。
- 2 可給態リン酸含有量が $1.75 \text{ g-P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ の土壌で、リン酸施肥量を0、4、8  $\text{g-P}_2\text{O}_5 \text{ m}^{-2}$ としても収量及び果実品質に有意な差はみられず、作物体のリン吸収量は果実収量に対して必要とされるリン吸収量よりも多かった。

**キーワード：**トマト、促成栽培、被覆尿素肥料、全量基肥施肥、リン酸

## 緒 言

愛知県のトマト収穫量は40600 t(全国第5位、平成27年)で県の主力品目となっており、うち冬春トマトの収穫量は36300 t(全国第2位、平成27年)<sup>1)</sup>である。トマトの慣行施肥は、生育にあわせた窒素(N)の追肥を複数回行っており、労力がかかる。さらに、追肥のN利用効率は低い<sup>2)</sup>。夏秋栽培では、有機合成緩効性肥料と3種のシグモイド型肥効調節型窒素肥料の組み合わせによる全量基肥施肥が可能とされている<sup>3)</sup>。しかし、冬春トマトの作型の一つである促成栽培<sup>4)</sup>については明らかにされていない。異なる溶出パターン<sup>5)</sup>の肥効調節型肥料を配合すれば、促成栽培においてもNの全量基肥施肥が可能であると思われる。また、施設土壌はリン酸が過剰に蓄積している。県内の施設土壌における可給態リン酸含有量は、適正基準の上限値( $0.5 \text{ g-P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ )を超えるほ場が全体の9割以上で、リン酸の無施肥を推奨する目安の下限値( $2 \text{ g-P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ )を超えるほ場が全体の5割に達する<sup>4)</sup>。そこで、本試験は被覆尿素肥料を組み合わせるNの全量基肥施肥について検討した。あわせて、リン酸蓄積の現状を踏まえて、リン酸の減肥について検討したところ、知見が得られたので報告する。

## 材料及び方法

### 1 栽培概要

試験は、愛知県長久手市内(愛知県農業総合試験場)の間口が5.7 m、奥行が21.0 mのP0フィルムパイプハウスにおいて、2012年と2013年に行った。土壌は典型山地黄色土である。トマトの供試品種は、穂木に「りんか409」(株式会社サカタのタネ)、台木に「がんばる根3号」(愛三種苗株式会社)を用いた。

播種は、2か年とも7月23日に行った。2012年作では8月31日に、2013年作は9月2日に定植し、2012年作は1月15日に、2013年作は1月14日に収穫を終えた。2か年とも、第6花房の上位葉2枚を残して摘心した。栽植様式は、畝幅180 cm、通路幅80 cm、株間20 cm、1条振り分けとした。灌水は散水チューブで行い、黒色ポリマルチを敷設した。施設内の温度管理は最低温度を $12^\circ\text{C}$ に設定して加温を行うとともに、 $30^\circ\text{C}$ 以上で換気扇を稼働させ強制換気した。着果促進のため、各花房の第3花開花期に4-CPA液( $15 \text{ mg L}^{-1}$ )を花房全体へ噴霧した。収穫終了後に、作物残渣をほ場外へ持ち出した。

本研究の一部は平成25年度園芸学会東海支部研究発表会(2013年8月)において発表した。

本研究は愛知県経済農業協同組合連合会との共同研究「リン酸が蓄積したトマト栽培圃場に適した肥効調節型肥料の開発」により実施した。

<sup>1)</sup>園芸研究部(現環境基盤研究部) <sup>2)</sup>海部農林水産事務所(現山間農業研究所) <sup>3)</sup>園芸研究部

(2017.9.13 受理)

## 2 窒素の全量基肥施肥の検討

持続的な生育のために被覆尿素肥料120日リニア溶出型(商品名LP120、ジェイカムアグリ株式会社、以下LP120)を40%、果実肥大に伴う養分要求のために被覆尿素肥料80日シグモイド溶出型(商品名LPS80、ジェイカムアグリ株式会社、以下LPS80)を40%、定植後の活着及び生育促進のために速効性肥料を20%配合し、栽培試験に供試した。あわせて、供試した被覆尿素肥料をナイロンメッシュ袋に2.5 g入れ、ほ場土壌の地表下10 cmに2反復で埋設した。2012年作では8月28日に、2013年作では8月29日に埋設した。埋設後2~4週間ごとに取り出し、袋内に残った肥料中のNを定量した。分析は、愛知県経済農業協同組合連合会から、ジェイカムアグリ株式会社に依頼し、ジメチルアミノベンズアルデヒド法により行った。

## 3 リン酸が蓄積した施設土壌におけるリン酸の減肥量の検討

リン酸の減肥量を検討するため、施肥量を0、4及び8 g-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> m<sup>-2</sup>とした試験区を設け、それぞれリン酸0g区、リン酸4g区及びリン酸8g区とした。

## 4 試験区の構成

表1に各試験区の施肥概要を示した。リン酸を減肥した3試験区のNは、2に示した肥料を用い、全量基肥施肥とした。Nの速効性肥料として、リン酸0g区は硫酸を、リン酸4g区及びリン酸8g区は、リン酸施肥量にあわせてMAP(リン酸一アンモニウム)と硫酸を施肥した。被覆尿素肥料を利用した果菜類の減肥率が20~30%であること<sup>5)</sup>を考慮し、対照とした慣行区よりも23%削減してNを20 g m<sup>-2</sup>施肥した。リン酸を減肥した3試験区のカリウム(K)施肥は、硫酸加里で26 g-K<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>を全量基肥施肥とした。慣行区は、施肥基準<sup>4)</sup>に準じて基肥を有機質肥料(有機アグレット、朝日工業株式会社、東京)で、Nを14 g m<sup>-2</sup>、リン酸を14 g-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> m<sup>-2</sup>、Kを14 g-K<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>施肥し、追肥はNK化成を3回に分けて行い、合計でNを12 g m<sup>-2</sup>、Kを12 g-K<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>追肥した。基肥は、定植当日に全面全層

施肥し、慣行区の追肥は畝表面に施肥した。調査株は1区当たり5株の3反復とした。

## 5 調査項目

第3花房開花期及び摘心期に、茎長、茎径、葉長及び葉色を測定した。第3花房開花期として2012年作は10月2日に、2013年作は9月30日に、摘心期は2か年とも10月30日に行った。葉色は、葉緑素計(SPAD-502、コニカミノルタ株式会社、東京)で測定した。良果は80 g以上で商品価値があり、不良果は80 g未満または病害虫及び生理障害により商品価値がない果実とし、その数及び重量を測定した。果実糖度は、第1、第3、第5果房の良果から中庸な3個を選び、デジタルポケット糖度計(PAL-1、株式会社アタゴ、東京)で測定した。作物体の養分含有率の分析は、作物体を部位別に採取し、70℃で3日間通風乾燥して乾物重を測定し、粉碎したものを供試した。N濃度は、全窒素全炭素測定装置(SUMIGRAPH NC-22、住化分析センター株式会社、大阪)による乾式燃焼法で測定した。リン濃度は、植物栄養実験法<sup>6)</sup>に準じて乾式灰化後、バナドモリブデン法で測定した。養分吸収量は、各部位について乾物重に養分含有率を乗じて算出したものを合算した。作付前後の土壌中の可給態リン酸含有量をTruog法<sup>7)</sup>で測定した。表2に2012年作前の土壌の化学性を示した。

## 結果

埋設した被覆尿素肥料について、LP120の最終溶出率は2か年とも75%であった(図1、図2)。LPS80は定植1か月後からN溶出量が多くなり、最終溶出率は2012年作が79%で、2013年作が87%であった。2012年作の摘心期のリン酸0g区の茎径及び茎長の値が他の3区に比べて小さい以外は、試験区間で有意な差は認められなかった(表3)。2013年作の第3花房開花期及び摘心期の生育に有意な差は見られなかった。1株当たりの良果及び不良果の

表1 試験区の施肥概要

試験区	基肥			追肥			合計		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
リン酸0g区	20	0	26	0	0	0	20	0	26
リン酸4g区	20	4	26	0	0	0	20	4	26
リン酸8g区	20	8	26	0	0	0	20	8	26
慣行区	14	14	14	12	0	12	26	14	26

リン酸0g区、リン酸4g区及びリン酸8g区の窒素は、硫酸またはMAP、LP120、LPS80で施用した。慣行区は、基肥に有機質肥料を、追肥はNK化成を3回に分けて施肥した。

表2 2012年作前の土壌の化学性

pH(H <sub>2</sub> O)	EC	T-N	T-C	Av-P <sup>1)</sup>	PAC <sup>2)</sup>	CEC	Ex-K	Ex-Ca	Ex-Mg
(土:水=1:5)	(dS m <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )		(g-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg <sup>-1</sup> )		(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )			
6.7	0.16	0.8	12.0	1.75	3.02	9.3	0.2	7.0	2.4

2012年7月31日採取。1) Truog法、2) リン酸吸収係数

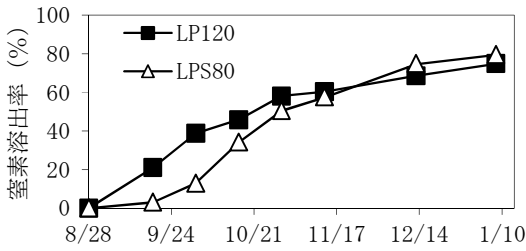


図1 埋設した被覆尿素肥料の窒素溶出率(2012年作)

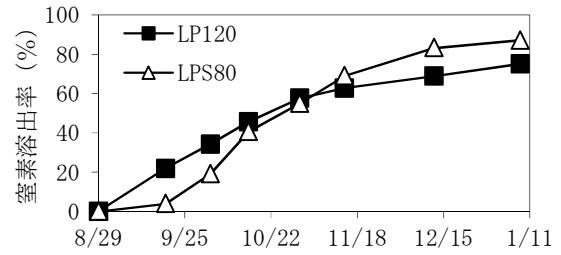


図2 埋設した被覆尿素肥料の窒素溶出率(2013年作)

表3 第3花房開花期及び摘心期のトマトの生育

調査時期	試験区	2012年作				2013年作			
		茎長 (cm)	茎径 (mm)	葉長 (cm)	葉色 (SPAD 値)	茎長 (cm)	茎径 (mm)	葉長 (cm)	葉色 (SPAD 値)
第3花房開花期	リン酸 0g 区	139a	11a	45a	52a	123a	11a	43a	54a
	リン酸 4g 区	141a	11a	55a	54a	123a	12a	44a	54a
	リン酸 8g 区	140a	11a	54a	51a	124a	12a	43a	54a
	慣行区	139a	10a	44a	53a	121a	11a	43a	55a
摘心期	リン酸 0g 区	191a	9b	45b	40a	195a	9a	48a	39a
	リン酸 4g 区	195a	11a	55a	41a	195a	8a	45a	38a
	リン酸 8g 区	193a	11a	55a	43a	199a	7a	44a	40a
	慣行区	194a	11a	54a	41a	192a	7a	44a	39a

異なる英文字間に5%水準で有意差あり(Tukey法)

調査日: 第3花房開花期は、2012年作は10月2日、2013年作は9月30日。

摘心期は2012年作及び2013年作とも10月30日。

茎径、葉長及び葉色は、第3花房開花期は第1花房下、摘心期は第6花房下を調査した。

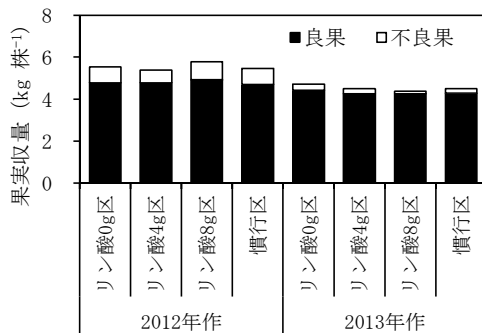


図3 1株当たりの果実収量  
5%水準で有意差なし(Tukey法)

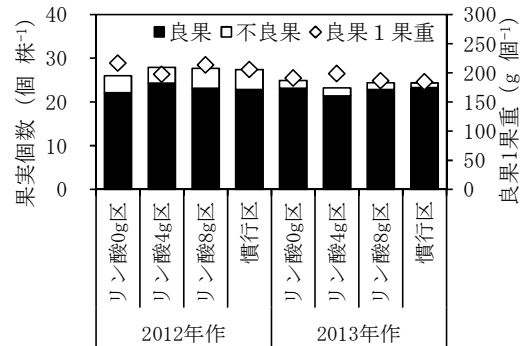


図4 1株当たりの果実個数及び良果1果重  
5%水準で有意差なし(Tukey法)

収量は、2か年とも試験区間に有意な差は見られなかった(図3)。1株当たりの果実個数及び良果1果重は、2か年とも試験区間に有意な差は見られなかった(図4)。果実糖度は、5 Brix%前後で、同一果房間に有意な差は見られなかった(図5)。2012年作のリン酸0g区のN吸収量は、他の3試験区よりも有意に少なかった(図6)。また、同年作のリン酸0g区のリン吸収量は、リン酸4g区及びリン酸8g区よりも有意に少なかったが、慣行区と有意な差は見られなかった。2013年作のリン酸4g区のN吸収量は、慣行区よりも有意に多かったが、他の試験区間に有意な差は見られなかった。2013年作のリン吸収量は、有意な差は見られなかった。同一採取期における可給態リン含有量は、試験区間に有意な差は見られなかった(図7)。

## 考 察

### 1 窒素の全量基肥施肥の可能性

小菅ら<sup>3)</sup>は、夏秋栽培の全量基肥栽培の検討において、収穫盛期にN供給量が増す中後期溶出型にすることで、果実収量・外観品質を落とすことなく、省力的な肥培管理ができることを明らかにした。トマトは、第1花房着果期から養分吸収量が多くなるため追肥の開始期とされ、促成栽培では定植1か月後にあたる。埋設した肥料の溶出パターンの結果から、LP120は栽培期間中継続的にNを供給し、LPS80は養分吸収量が増加する定植1か

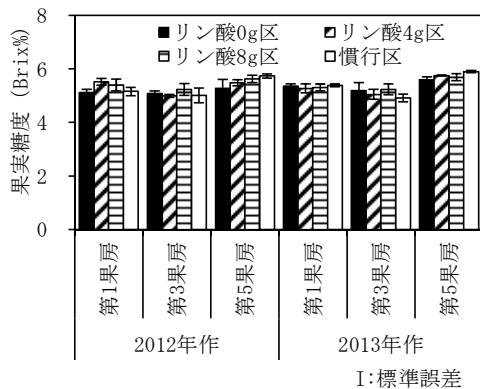


図5 果実糖度  
5%水準で有意差なし(Tukey 法)

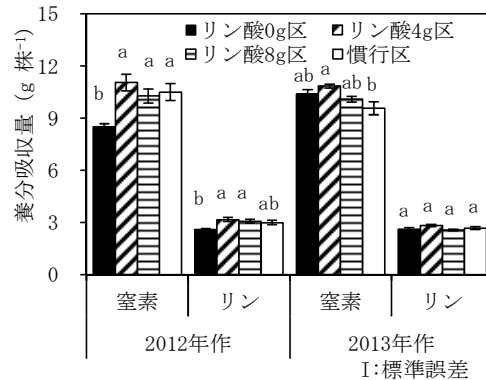


図6 1株当たりの窒素及びリンの吸収量  
異なる英文字間に5%水準で有意差あり(Tukey 法)

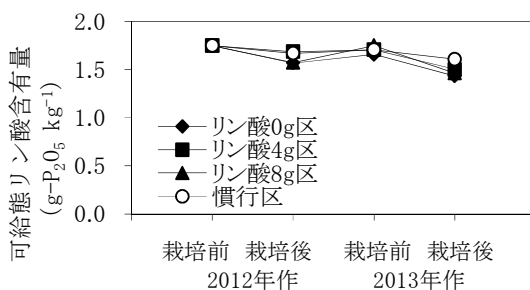


図7 可給態リン酸含有量の変化  
5%水準で有意差なし(Tukey 法)

月後からN溶出量が多くなった。これらを用いた栽培試験の結果、Nを全量基肥施肥した3試験区の良果収量は、2か年とも4.3~4.9 kg 株<sup>-1</sup>で、目標収量である11 kg m<sup>-2</sup>(本試験の栽植密度で4.0 kg 株<sup>-1</sup>に相当)<sup>4)</sup>よりも多く、実用的な収量であった。また、果実糖度も慣行施肥と同程度であった。さらに、N吸収量も、2012年作のリン酸0g区を除き、慣行区と同程度であった。以上の結果から、供試した被覆尿素肥料を用いると、トマトの促成栽培におけるNの全量基肥施肥が可能であることが明らかとなった。しかし、LP120は最終溶出率が75%とやや低いため、他の被覆尿素肥料や配合割合を今後検討する必要がある。

## 2 リン酸無施肥の可能性

今回の栽培試験における土壌の可給態リン酸含有量は1.75 g-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup>で、愛知県の施肥基準<sup>4)</sup>におけるリン酸無施肥の目安となる下限値の2 g-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup>よりもやや少なかった。リン酸0g区のリン酸吸収量は、2012年作ではリン酸4g区及びリン酸8g区よりも少なかったが、2013年

作では同程度であった。また、トマト果実10 tを生産するのに必要なリン酸は5~8 kg-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(本試験で得られた果実収量で1.0~2.0 g-P 株<sup>-1</sup>に相当)<sup>8)</sup>とされているが、2か年のリン酸0g区の吸収量はいずれも2.6 g-P 株<sup>-1</sup>で、果実収量に対して必要と試算されるリン吸収量よりも多かった。これらのことから、リン酸0g区では土壌に蓄積したリン酸を有効に活用できたと考えられる。しかし、本試験のように作物残渣をほ場外へ持ち出した場合には、土壌中の可給態リン酸が減少する可能性があるため、リン酸を無施肥で栽培を継続する場合には定期的に土壌診断を行う必要があると考える。

## 引用文献

1. 農林水産省. 野菜生産出荷統計平成27年産. (2016) <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001164543> (2017. 2. 12参照)
2. 榎田正治. トマト栽培における施肥窒素の利用率と施肥量. 農業及び園芸. 64, 747-751 (1989)
3. 小管佐代子, 桑野伸晃, 三枝正彦. トマト栽培における肥効調節型窒素肥料を利用した全量基肥施肥法. 日本土壌肥料学雑誌. 72 (5), 621-626 (2001)
4. 愛知県農林水産部農業経営課. 農作物の施肥基準. p. 1-117 (2011)
5. 菅野均志. ロングとLPコート of 施肥技術. ロングとLPコート of 開発 その特性と施肥技術. (庄子貞雄監修). ジェイカムアグリ(株). 東京. p. 71-79 (2011)
6. 植物栄養実験法編集委員会. 植物栄養実験法. 博友社. 東京. p. 127-128 (1990)
7. 土壌環境分析法編集委員会. 土壌環境分析法. 博友社. 東京. p. 267-269 (1997)
8. 門馬信二. 新編野菜園芸ハンドブック. (西貞夫監修). 養賢堂. 東京. p. 548-570 (2001)