

# トマト栽培ハウスの土壌実態とリン酸集積ハウスにおけるリン酸無施用栽培

伊藤 千春・小野寺徹・飯塚 文男・小野 イネ

## はじめに

秋田県の夏秋トマトの産地として、湯沢雄勝地域は代表的であり、全国的にも最も高い市場評価を得ている産地の一つである。しかしながら、集約的な栽培を続けていることと作付年数が長くなってきていることから、養分集積など土壌状態の悪化が心配される。このため、当地域におけるハウス土壌の実態を把握するために現地調査を行なった。そのなかで、窒素施用には注意を払っているが、作付年数が長くなるにつれて、土壌へリン酸が集積する傾向にあることを認めた。そこで、当地区の代表的な農家の作付年数の異なるハウスについて、土壌へのリン酸の集積とトマトの生育について検討した。このような現地調査に基づき、農業試験場内で、土壌のリン酸量を変えてトマトを栽培し、リン酸集積土壌ではリン酸無施用でも栽培できたので報告する。

なお、現地調査については、すでに東北農業研究50号(1997)<sup>2)</sup>に、リン酸無施用栽培については東北農業研究51号(1998印刷中)<sup>3)</sup>に概要を載せている。

## 1. 試験方法

### 1) 現地調査

#### (1) 土壌の概況調査

地域全体の土壌状態を把握するために、湯沢普及センター、各農協が選定した栽培農家について、平成6年の6月1日～6月3日(定植終了後)に調査した。

a) 調査地点数：栽培農家数20戸、ハウス数30棟。b) 土壌採取法：1棟当たり3カ所、うねの表層から土壌をカラム状に20cmずつ、深さ40cmまで採取。c) 聞取調査：土壌管理及び施肥内容。d) 分析項目：pH、EC、無機態窒素、可給態リン酸、塩基交換容量、交換態塩基量などいずれも定法。

#### (2) 個別事例調査

作付年数の違いによる土壌の状態とトマトの生育を比較するために、平成7年～8年に当地域で最も高い収量をあげている湯沢市Y地区の農家A氏(以下、A氏という)の200㎡ハウス2棟を対象に、土壌の養分状態とトマトの生育について調査した。a) 土壌採取法と時期：方法は前述のものであるが、20cmずつ3層の深さ60cmまで採取、平成8年4月10日、6月13日、

8月4日、10月12日。b) 土壌及び立地条件：細粒グライ土(幡野統)、両ハウスとも同一転換畑に設置。平成8年における作付年数はトマト連作で9年目と3年目である。c) 作物体試料とその状態：平成7年10月22日(収穫末期)に、両ハウスから10株ずつ作物体全体を採取し、部位ごとに分けて試料にした。株採取時の着果段位は8～13段で、6段果房より下位の葉はすでに摘葉されていた。d) 耕種概要：品種「桃太郎」、栽植密度180株/a、定植5月3日、収穫6月25日～10月31日、摘芯8月下旬(12～13段)で、摘芯後に側枝はほぼ放任状態であった。e) 分析項目：概況調査の項目に作物体分析追加、作物体の窒素、リン酸、カリ、カルシウム、マグネシウムなどいずれも定法による。

## 2) 栽培試験

「リン酸が集積しているといわれても、トマトにリン酸は必要である。リン酸をやれば樹勢が違う」という現地農家に反論するために、平成9年に、土壌に集積したリン酸量と新たに施用したリン酸がトマトの生育に及ぼす影響を検討した。

a) 試験場所及び土壌条件：秋田農試ハウス、細粒褐色低地土(中島統)。b) 土壌リン酸量の調整と施肥量：供試ハウスの作土層をはぎ取って持ち出し、ハウス外の土壌を客入した。この段階での作土の目標土壌リン酸量は100g当り30mg、50mg、80mg、110mgの4水準である。さらに、過リン石灰を用いて、各水準ごとにリン酸施用区(3kg/a)と無施用区を設定した。なお、窒素(LP180)とカリ(硫酸加里)は、すべての試験区に3kg/aずつ施用した。c) 試験規模：ハウスは100㎡、1区面積は12.5㎡、単区制、表1に供試ハウスの土壌状態を示す。なお、ハウスは設置後6年目でトマト栽培開始後4年目である。d) 耕種概要及び管理：品種は「桃太郎」、播種2月28日、定植4月25日(自根)、栽培様式はうね幅220cm、株間45cm、2条植え。5段果房収穫時までは、各果房の収穫を終えるたびに、果房の下位葉を切除した。8月下旬に12段果房の上2～3葉を残して摘芯し、樹勢維持のためその後は摘葉せず、側枝の整理も最小限にとどめた。e) 土壌試料採取法：方法は先述したものに同じ、土壌のリン酸量は、6月30日、8月18日、10月29日の3回、深さ30cmまでカラム状に採取分析し、3回の平均

値を用いる。f) 作物体調査：作物体の生育は、1区5株について収量、品質、リン酸含有率などを調べた。すなわち、葉と側枝は切除するたびに回収し、果実は果房ごとに収量と果実品質を調査した後果実2個を、

分析用試料にした。また、収穫終了時に、株を部位別に分けて分析に供した。f) 分析項目：個別事例調査の項目に、風乾土を40倍の水で抽出する土壌の水溶性リン酸を追加した<sup>1)</sup>。

表1 供試ほ場の施肥前の土壌の状態<sup>1)</sup>

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100 g)		pH		EC	CEC	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	塩基飽和度
トルオーグ	水溶態	H <sub>2</sub> O	KCl	mS/cm	me/100 g	mg/100 g			%
33.7	6.7	6.19	5.13	0.06	21.2	33	372	101	91
45.1	8.8	6.33	5.27	0.07	20.6	39	350	108	92
91.9	17.7	6.28	5.40	0.08	22.5	49	377	116	91
113.5	25.7	6.54	5.71	0.10	22.8	58	416	137	102

注1) 深さ20cmまでの分析値を示した。

## 2. 結果および考察

### 1) 現地調査

(1) 土壌の概況調査：調査ハウスの土壌条件は、グライ土12点、褐色低地土8点、灰色低地土5点、その他の土壌5点であり、30棟のうち28棟が転換畑に設置されていた。主力栽培品種は「桃太郎」であり、トマトの作付年数は1年から10年で、平均5年であった。

調査ハウスの土壌状態を表2に、リン酸資材の施用量を表3に示す。土壌の養分では、窒素、カリに比べ、リン酸量が突出して多いことが特徴的であった。栽培年数は平均5年なので、表層0~20cmに限ると、1年に約20mg/100gの割合でリン酸が蓄積していることになる。この地域では、数種類の肥料に加え、堆きゅう肥やようりん、骨粉、過リン酸石灰などのリン酸質

資材が大量に施用されており、連年施用されたリン酸が土壌に蓄積していくものと考えられた。

なお、産地の西部にあたる湯沢市、羽後町境界に広がる農家ではトレンチャーを使った溝施肥を行っているのが特徴的であった。これは深さ60cm程度まで土壌を掘り上げ、溝内に数段に施肥するもので、多量の施肥を多量の土壌に混和し、濃度は上げないようにする方法である。

表3 調査対象地域におけるリン酸質資材の施用量

地点番号	栽培年数	kg/a						その他種類		
		ようりん	骨粉	過石	カニガラ	菜種粕	堆肥	肥料	有機物	資材
1	10						2,000	4	1	
2	9	10	10				10,500			
3	9			9			10,120	2	1	
4	8	11	11				11,540			
5	7	8	5				4,530	1		
6	7			4				2		
7	7	6	9	3		9		3	1	
8	7	10	10	5	10		500	2		
9	6			2	5		750	2		
10	5		3			3	1,000	2	1	
11	4	7			20		100	2	2	
12	4	10	10			10	1,000	1		
13	3		7			7	1,300	4	2	
14	3	23					1,200	2	1	
15	3						750	1	2	
16	3	10					500	1	1	
17	3	20			5		1,500	3		
18	2			11			500	1	1	
19	1	22	6	6		6		2		
20	不明	8					1,000	2		
地点数		12	9	7	4	9	17	18	8	2

表2 調査対象地域におけるハウス土壌の状態

深さ cm		pH		EC	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		H <sub>2</sub> O	KCl	mS/cm	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g
0-20	平均	6.1	5.2	0.5	15.5	104.6	17
	最大	7.0	6.0	1.2	42.4	285.6	36
	最小	4.9	4.3	0.1	2.2	30.9	3
20-40	平均	6.2	5.1	0.3	8.2	78.6	14
	最大	7.3	6.8	1.1	29.7	163.6	36
	最小	4.8	3.9	0.1	0.7	10.5	2

注1) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>はトルオーグ法による。

(2) 個別事例調査：当地域を代表するA氏の資材施用内容を表4に、土壌状態を表5に示す。A氏も多種類の肥料や資材を施用しており、成分量を計算すると、リン酸はアール当たり10kgを越えた。したがって、1年間で土壌のリン酸量は、深さ60cmまでの平均で14～15mg/100g（約8～9kg/a）という大幅な増加を示した。また、栽培年数の長短にかかわらず、毎年ほぼ同じ様な施肥が繰り返されるため、栽培年数が長くなるにつれて養分が集積し、3年目のハウスと9年目のハウスではリン酸、カリ量に大きな差異が認められた。

また、平成8年のA氏のトマトの部位別乾物重と養分含有率を表6に示す。収穫末期におけるトマトの養分含有率は、窒素、カリでは3年目と9年目の両ハウスに大きな違いはないが、リン酸では9年目のハウスの方が作物体全体で2倍近い値を示した。ハウスごとの具体的な収量データは得られなかったが、A氏自身が両ハウスの収量差をほとんど感じていないこと、過剰なリン酸が蓄積するといわれる葉柄のリン酸含有率の比が最大であることから、9年目のハウスではすでにリン酸が余っており、むしろぜいたく吸収が生じていると考えられた<sup>2)</sup>。

表4 A氏の施肥内容（平成7年）<sup>1)</sup>

(単位：kg/a)

種類	施肥法	施用時期	施用量	成分量		
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
堆肥	全層	前年秋	500	1.4	1.9	1.0
〃	溝施肥	春	250	0.7	0.9	0.5
JT有機6-1	全層	春	15	0.9	0.9	0.9
〃	溝施肥	春	15	0.9	0.9	0.9
ロング	全層	春	2.5	0.4	0.3	0.4
JT液肥	チューブ	追肥	20	2.0	1.0	1.0
トリオ有機	穴肥	追肥 <sup>2)</sup>	10	0.8	1.0	0.8
カニガラ	全層	前年秋	10	0.8	0.8	
骨粉	全層	前年秋	10	0.4	1.7	
ようりん	全層	前年秋	10		2.0	
〃	全層	春	5		1.0	
硫加	全層	春	2.5			1.3
合計				8.3	12.4	6.7

注1) 表ではアルカリ資材を除いた。

2) 4、5段果房開花期。

表5 A氏のハウスにおける耕起前土壌の養分状態の変化<sup>1)</sup> (単位：mg/100g)

	トマトの栽培年数 <sup>2)</sup>	平成7年	平成8年	増減
		4月18日	4月10日	
N	9年目	1.3	1.0	-0.3
	3年目	1.0	0.8	-0.2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9年目	49.9	63.9	+14.0
	3年目	12.0	26.9	+14.9
K <sub>2</sub> O	9年目	43	51	+8
	3年目	13	18	+5

注1) 深さ60cmまでの平均値を掲げた。

2) 平成8年における年数。

表6 A氏のハウスにおけるトマトの部位別乾物重と養分含有率

	果実 <sup>1)</sup>	葉身	葉柄	茎	果柄	側枝	全体
	乾物重 (kg/a)						
9年目	15.7	25.0	10.1	32.5	1.4	16.9	101.6
3年目	17.1	24.2	9.2	31.5	1.3	13.7	96.9
比 <sup>2)</sup>	0.9	1.0	1.1	1.0	1.1	1.2	1.0
N (%)							
9年目	1.30	2.50	1.23	1.05	1.01	2.68	1.74
3年目	1.39	2.53	1.05	1.06	1.02	2.49	1.69
比 <sup>2)</sup>	0.9	1.0	1.2	1.0	1.0	1.1	1.0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)							
9年目	0.90	1.73	0.77	0.84	0.86	1.07	1.10
3年目	0.62	0.93	0.29	0.39	0.36	0.68	0.60
比 <sup>2)</sup>	1.5	1.9	2.7	2.2	2.4	1.6	1.8
K <sub>2</sub> O (%)							
9年目	3.70	2.68	3.67	3.22	3.40	4.52	3.42
3年目	3.31	2.90	2.67	2.73	3.30	4.47	3.12
比 <sup>2)</sup>	1.1	0.9	1.4	1.2	1.0	1.0	1.1

注1) 収穫果以外のものも含む。

2) 9年目/3年目を示す。

## 2) 栽培試験

土壌のリン酸量4水準、リン酸施用、無施用で栽培試験を行った結果を図1～4に示す。端的にいうと、土壌リン酸量、施用量の差異とトマトの正常果収量、正常果率、平均糖度の間には明瞭な差が認められなかった。この原因について、土壌リン酸の存在形態、トマトのリン酸吸収量、部位別リン酸含有率の3点から考えてみる。

まず、土壌リン酸の存在形態については、供試ハウス土壌ではpH3、500分の1規定硫酸溶液で抽出される可給態リン酸量の2～3割が、水で抽出される水溶態として存在するようになっていることが分かった。

通常、リン酸は水に溶けにくい、土壌にリン酸が集積してくると、リン酸と結合する金属も変わってきて、その形態、性質も変化して、しだいに水に溶けやすい状態になってくる。可給態リン酸量に占める水溶態リン酸量の比率は、土壌によって異なると考えられる。しかしながら、この水溶態リン酸は、作物がより吸収しやすい状態にあるリン酸であるといえる。

したがって、リン酸無施用区でもトマトは1.5~2 kg/aほどのリン酸を吸収しており、施用区の吸収量の8~9割に達している。また、土壌のリン酸量が1.5kg/a程度ある場合にも、トマトはほぼその量のリン酸を吸収しており、それ以上のリン酸が存在しても吸収量に顕著な増加は認められず、過剰なリン酸は土壌に集積することが分かる。

トマトの部位別のリン酸含有率によると、葉身、葉柄では、土壌のリン酸量が少ない場合に、無施用区のリン酸含有率が低い傾向にあった。しかし、果実では土壌のリン酸量やリン酸施用の有無にかかわらず、リン酸含有率はほぼ一定に保たれていた。このことは、土壌にある程度のリン酸量があれば、果実へのリン酸の移行量には変わりが無いことを示しており、これが収量、品質に差が生じない一因であると考えられる。

以上の調査及び試験結果から、土壌に水溶態リン酸が5 mg/100 g程度あれば、トマトの吸収量に見合うだけのリン酸が存在しており、リン酸の無施用栽培ができた。それ以上のリン酸があっても、茎葉へのぜいたく吸収が生じるだけで、収量、品質の向上は認められず、土壌への残存量が増加するだけであった。

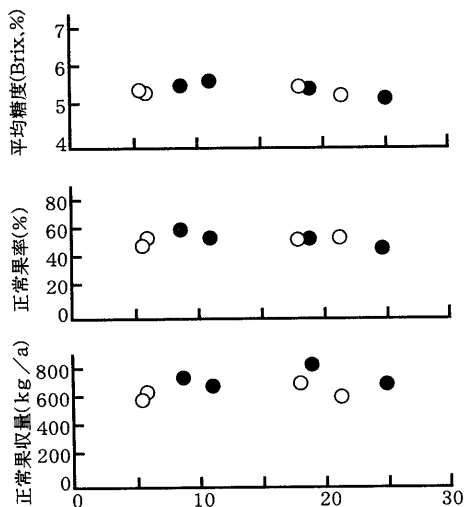


図1 土壌の水溶態リン酸と収量、品質との関係  
○無施肥区 ●施用区

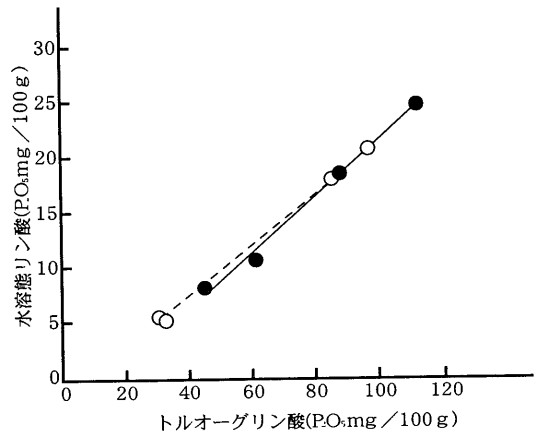


図2 供試ほ場におけるトルオーグリン酸と水溶態リン酸の関係  
○無施肥区 ●施用区

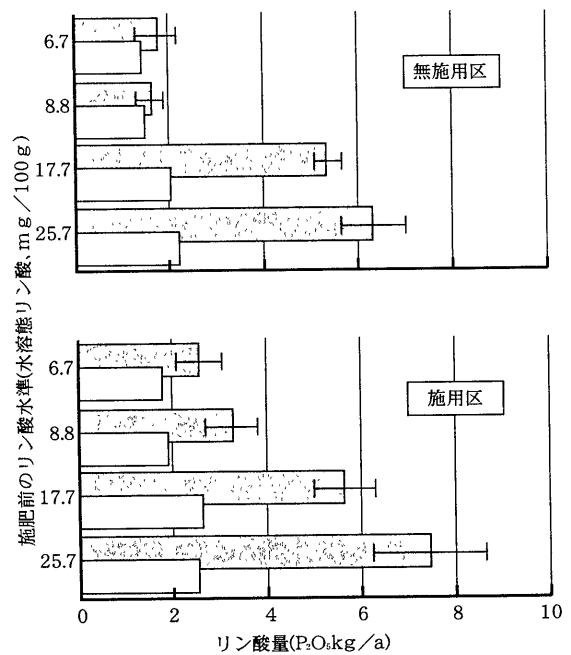


図3 土壌の水溶態リン酸量とトマトのリン酸吸収量  
■土壌の水溶態リン酸量  
□トマトのリン酸量

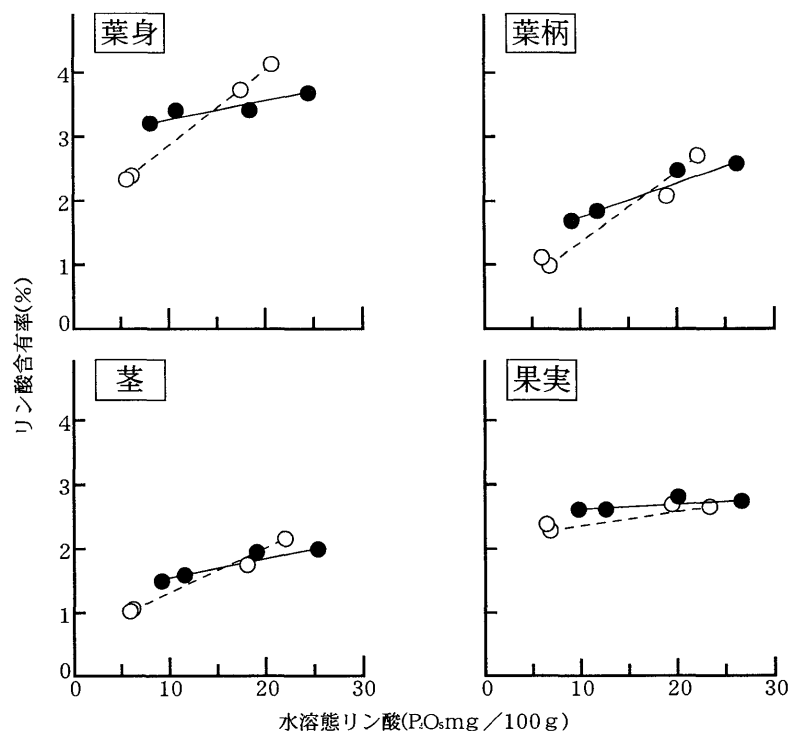


図4 トマトの部位別リン酸含有率  
○無施肥区 ●施用区

### 3. 要約

窒素過多により、トマトには落花や着色不良などの障害が現れるので、現地では、窒素施肥については細心の注意を払っている。しかしながら、土壌に集積したリン酸量やトマトのリン酸吸収量については、ほとんど考慮されずに、土づくりと称して堆きゅう肥や資材を大量に投入している。そのため、平均すると栽培5年で作土層の可給態リン酸量が100mg/100g（トルオーグ法）に達するなど、土壌へのリン酸の集積が顕著であった。

このように土壌にリン酸が集積してくると、作物に吸収されやすい水溶性リン酸も多くなっていく。この水溶性リン酸が、トマトの吸収量に見合う量であれば、リン酸を施用しなくてもトマトは栽培できる。それ以上リン酸があっても、トマトは茎葉がぜいたくに吸収するだけで、収量、品質は向上せず、土壌へ残る量が増えるだけである。このリン酸量として、水溶性リン酸5mg/100g（可給態リン酸では30mg/100g程度）が目安になる。

以上のことから、土壌への負荷を軽減してハウスを長期間使用するために、リン酸施肥の3つの目安を設けた。①土壌の水溶性リン酸が5mg/100g以上あれ

ば、リン酸を無施用にする。②水溶性リン酸が5mg/100gに満たない場合でも、リン酸施肥量は吸収量に見合う程度（2kg/a）に抑えること、③未測定の場合の目安として、現地調査の集積傾向からみて、3年以上栽培したハウスではリン酸施肥量を2kg/a程度に抑え、5年以上のハウスでは施用しない。

### 4. 普及上の注意

栽培品種が‘桃太郎8’に代わり、さらにリン酸をはじめ肥料、資材施肥量が増加しているようである。資材の施肥量とトマトの収量、ハウスの利用年数の間の経営収支を考慮に入れた指導も必要である。

### 引用文献

- 1) 日本土壤肥料学会, 1986. 土壤標準分析・測定法. 博友社, 127-135.
- 2) 伊藤千春、飯塚文男、小野イネ, 1997. ハウス栽培における土壌の養分状態とトマトの生育. 東北農業研究 50 : 177-178.
- 3) 伊藤千春、飯塚文男、小野イネ, 1998. リン酸蓄積ハウスにおけるトマトのリン酸無施用栽培. 東北農業研究 51 : 印刷中.