

リン酸が蓄積した褐色低地土におけるトマト連作時のリン酸減肥による生育収量及び土壌の可給態リン酸含量の変化

塚本崇志・岩佐博邦・八槇 敦

キーワード: トマト, 可給態リン酸, 褐色低地土, 減肥, 連作

I 緒 言

我が国は肥料原料のりん鉱石のほぼ100%を輸入に依存している。新興国の食糧増産, 原料供給国の輸出制限及び石油高騰等の影響で2007~2008年に肥料の原料価格が高騰し, 特にリン酸を含む肥料の価格が大きく上昇した(財務省, 2016)。将来的にも, 世界的な人口増加等ともなう需要の拡大により価格の高騰が見込まれる。その一方で, 全国的に土壌の可給態リン酸含量の増加傾向が認められている(小原・中井, 2004)。可給態リン酸とは作物が吸収できる土壌中のリン酸のことであり, その分析方法は複数ある。本報では以下トルオーグ法によるものを可給態リン酸と呼ぶ。リン酸は作物の過剰害が生じにくいとされてきたが, リン酸の過剰施用がホモブシス根腐病の発病を助長するという報告もある(大島ら, 2015)。リン酸肥料の価格高騰の懸念からだけでなく, 農産物を安定的に生産するためにも, 土壌の可給態リン酸含量を適正範囲に維持する必要があり, 蓄積しているリン酸の有効利用を進めることが求められている。

千葉県においては, 特に九十九里低地や河川沿いに広がる褐色低地土の野菜施設において可給態リン酸含量が高く, その平均は380mg/100gで, 約8割の圃場で診断基準値(50~100mg/100g: 千葉県, 2009)の上限を超えている(千葉県, 2015)。褐色低地土とは, 沖積低地に分布し, 全層あるいはほぼ全層が黄褐色の土層からなる砂含量が高い土壌であり, 保肥力及び保水力が小さい。黒ボク土と比べてリン酸吸収係数が低いと, リン酸が固定されにくく, 可給態リン酸が蓄積しやすい。また, 千葉県の褐色低地土が広がる地域では施設野菜の産地が多く存在している。これらの背景から, 千葉県では褐色低地土においてリン酸減肥に取り組む優先度が高い。

土壌に蓄積したリン酸を有効活用することにより, 施肥コストの削減と可給態リン酸含量の適正化が図られる。しかし, リン酸減肥を進める上では, 減肥が可能な土壌の可給態リン

酸含量を明らかにする必要がある。トマトに関しては過去に以下のような報告がある。伊藤ら(1998)は, 雨よけハウス栽培において, 土壌へのリン酸の富化を防ぐためには, 可給態リン酸含量が30mg/100g以上を超える場合には, リン酸を無施用にすることを提案している。林ら(2006)は, 重焼りんでリン酸を富化した淡色黒ボク土の隔離床栽培において, 可給態リン酸含量が20mg/100g以上であれば, リン酸施用の有無によらず収量が同等であったことを示している。小宮山ら(2009)は, 重過石を用いてリン酸過剰にしたアロフェン質黒ボク土の隔離床栽培において, 可給態リン酸含量が50mg/100g以上の場合にはリン酸を無施用としても収量が減少しないことを示している。さらに, 渡邊ら(2011)は可給態リン酸含量が60.5mg/100gの灰色低地土の養液土耕栽培において, リン酸施用の有無で生育量及び収量に差は認められなかったことを報告している。

以上のように, 減肥が可能な土壌の可給態リン酸含量についての報告は多数ある。しかし, リン酸を減肥してトマトを連作することが生育, 収量, リン酸吸収量及び土壌の可給態リン酸含量に与える影響を明らかにした報告はほとんどない。そこで, 本報では, リン酸が蓄積した褐色低地土において, リン酸を減肥した半促成栽培と抑制栽培でトマトを連作し, その生育, 収量, リン酸吸収量及び土壌の可給態リン酸含量の変化を明らかにする。

II 材料及び方法

1. 試験圃場の設定

試験には, 千葉県農林総合研究センター東総野菜研究室砂地野菜試験地(千葉県匝瑳市)内のハウスから採土した, 可給態リン酸含量 127mg/100g, 全リン酸含量 297mg/100g, リン酸吸収係数 435 の粗粒質普通褐色低地土を用いた。この土壌を1区当たり幅 60cm, 深さ 60cm, 奥行き 360cmで, 千葉県農林総合研究センター本場(千葉市)内の黒ボク土のハウスに客入し, トマトを栽培するベッドとした。客土外への根の伸長を防ぐために, 黒ボク土と客土の境界に遮根シートを敷設した。

2. リン酸減肥試験区の設定

千葉県におけるトマトのリン酸の施肥基準量は, 半促成栽培

受理日 2016年8月1日

本報告の概要は, 2015年度日本土壌肥料学会関東支部大会において発表した。

第1表 各試験区のリン酸施肥量

試験区	基肥	追肥
100-100区	施肥基準量	施肥基準量
50-100区	施肥基準量の50%	施肥基準量
0-100区	無施用	施肥基準量
0-0区	無施用	無施用

注) 施肥基準量は、半促成では基肥が26kg/10a, 追肥が8kg/10a, 抑制では基肥が13kg/10a, 追肥が3kg/10a.

培では基肥が 26kg/10a, 追肥が 8kg/10a, 抑制栽培では基肥が 15kg/10a, 追肥が 3kg/10a である (千葉県, 2009). 試験区の構成はリン酸の基肥及び追肥を施肥基準量の100%施用した 100-100 区, リン酸の基肥を基準量の50%, 追肥を基準量とした 50-100 区, リン酸基肥を施用せず, 追肥を基準量とした 0-100 区, 基肥及び追肥の両方を無施用とした 0-0 区の4試験区を設置した (第1表). 1区13株植えて, 0-100 区を3反復, 他の試験区を4反復とした. 基肥には重焼リン (46 重焼りん, P2O5: 46%) 及びNK化成肥料 (NK 粒状複合 C6 号, N: 17%, P2O5: 0%, K2O: 17%) を用いた. 0-0 区の追肥には尿素 (N: 46%) と塩化加里 (K2O: 60%) を水に溶かして施用した. 0-0 区以外の追肥には, くみあい液肥2号 (N: 10%, P2O5: 4%, K2O: 8%) を施用した. 堆肥は無施用で, 窒素及び加里は全て施肥基準量を施用した. すなわち, 半促成栽培の窒素は基肥が 15kg/10a, 追肥が 16kg/10a, 加里は基肥が 15kg/10a, 追肥が 12.8kg/10a, 抑制栽培の窒素は基肥が 10kg/10a, 追肥が 3kg/10a, 加里は基肥が 10kg/10a, 追肥が 4.8kg/10a であった. 肥料は, 褐色低地土のベッドのみに, その面積当たりの量を施用し, 深さ約 15cm まで混和した. 通路への施肥は行わなかった. また, 同一のリン酸減肥条件で連作した影響を評価するために, 試験区の配置は試験期間中同一とした.

3. 栽培概要

2012年11月から2014年12月までの2年間で, 半促成栽培—抑制栽培の作型を連続して, 計4作続けてトマトを栽培し, 収穫を行った (第2表). 1作目半促成栽培 (以下1作目半促成とする) 及び3作目半促成栽培 (以下3作目半促成とする) では, 穂木「ハウス桃太郎」(タキイ種苗), 台木「ドクターK」(タキイ種苗)の接ぎ木苗をそれぞれ2012年11月21日及び2013年11月28日に定植した. 2作目抑制栽培 (以下2作目抑制とする) では「ハウス桃太郎」(タキイ種苗), 4作目抑制栽培 (以下4作目抑制とする) では「桃太郎グラunde」(タキイ種苗)の自根苗をそれぞれ2013年8月5日及び2014年8月5日に定植した. 栽植様式は条間130cm, 株間40cm (1,920株/10a)で, 半促成栽培では1条植えの斜め誘引, 抑制栽培では1条植えの垂直誘引とした. 栽培期間中摘葉は行わなかった.

第2表 各作型耕種概要

作名	播種日	定植日	収穫期間・ 収穫段数
1作目半促成	2012年9月27日	2012年11月21日	2013年2月18日 ～6月21日・10段
2作目抑制	2013年6月28日	2013年8月5日	2013年9月26日 ～11月8日・5段
3作目半促成	2013年9月26日	2013年11月28日	2014年2月21日 ～6月11日・10段
4作目抑制	2014年6月30日	2014年8月5日	2014年9月18日 ～12月11日・5段

4. 調査及び分析方法

(1) トマトの草丈及び乾物重

草丈の測定は栽培終了時に1区当たり2株で行い, その平均値を結果に示した. 葉及び茎の採取は栽培終了時に1区当たり2株で行い, 果実の採取は1区あたり4果を収穫期間中に3回行った. 側枝の採取は, 1区当たり5株から1～2週間ごとに1回行った. 採取した植物体は, 70℃で3日以上乾燥した後に乾物重を測定し, 果実と側枝については乾物率を求めた.

(2) 果実の収量及び糖度

いずれの作においても収穫開始から収穫終了まで, 千葉県園芸作物標準出荷規格 (千葉県ら, 2014) に従い, 週2回規格別に収量を調査した. 調査株数は1区当たり5株とした. また, トマト果実の品質の指標として糖度を測定した. 調査した果房は, 1作目半促成が4段及び7段, 2作目抑制が3段, 3作目半促成が1段, 4段及び7段, 4作目抑制が1段, 3段及び5段とした. 果実糖度の測定は, それぞれの果房の収穫期に1区4果程度で実施し, その平均値を結果に示した.

(3) 葉柄汁液のリン濃度

トマトにおけるリン酸減肥の連作が植物体のリン栄養態に及ぼす影響を明らかにするために, 果房肥大期に, 果房直下葉柄汁液のリン濃度を調査した. 調査対象とした果房は, 1作目半促成が3段, 5段, 7段及び9段果房 (調査日はそれぞれ2013年3月4日, 3月21日, 4月12日及び4月26日, 以下同じ), 2作目抑制が1段及び3段果房 (2013年9月3日及び9月12日), 3作目半促成が1段, 3段, 5段, 7段及び9段果房 (2014年1月14日, 2月14日, 3月13日, 4月2日及び4月18日), 4作目抑制が1段, 3段及び5段果房 (8月25日, 9月17日及び9月30日)である. リン濃度の測定方法は, 各果房の果実がピンポン玉大になったときに各区5枚の小葉を採取し, その葉柄部を圧搾して得られた汁液を脱イオン水で50倍希釈した後に, ICP発光分析法 (バリアンテクノロジーズジャパンリミテッド製710-ES) で定量した.

(4) トマトのリン酸吸収量

葉, 茎, 果実, 側枝の部位別にリン酸含量を測定した. 予備調査の結果, 根のリン酸吸収量は全体の1割以下と少な

かったため調査しなかった。測定方法は、各部位を乾物重測定後に粉碎し、マイクロウェーブサンプルプロセッサー（MILESTONE 社製 ETHOS-900）で硝酸分解後に、ICP 発光分析法でリン酸含量を定量した。葉及び茎は栽培終了時の乾物重に、果実及び側枝は生育期間中の重量と乾物率から求めた乾物重にリン酸含量を乗じてリン酸吸収量を求めた。

(5) 土壌のリン酸含量

試験栽培開始前及びそれぞれの作の栽培後に各試験区の株間2か所から、深さ0から50cmまで、10cmごとに採土し、土壌の可給態リン酸含量及び全リン酸含量を測定した。全リン酸含量は、トマト連作時のリン酸減肥が土壌の難溶性リン酸の可給化に及ぼす影響について考察するために測定した。可給態リン酸含量はトルオーグ法により抽出し、全リン酸含量はマイクロウェーブサンプルプロセッサーで硝酸-過酸化水素分解後、それぞれICP発光分析法で定量した。

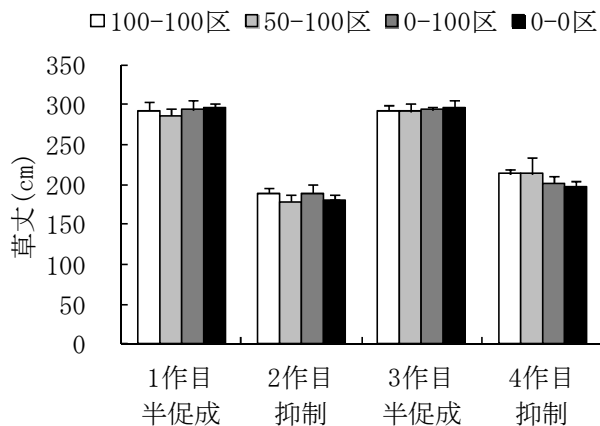
(6) 統計解析法

全ての結果について、一元配置分散分析を行い、有意差が検出された場合は Tukey-Kramer 法による多重比較検定を行った。これらの分析には統計解析ソフト JMP ver.5.1 (SAS Institute Inc.) を使用した。

III 結 果

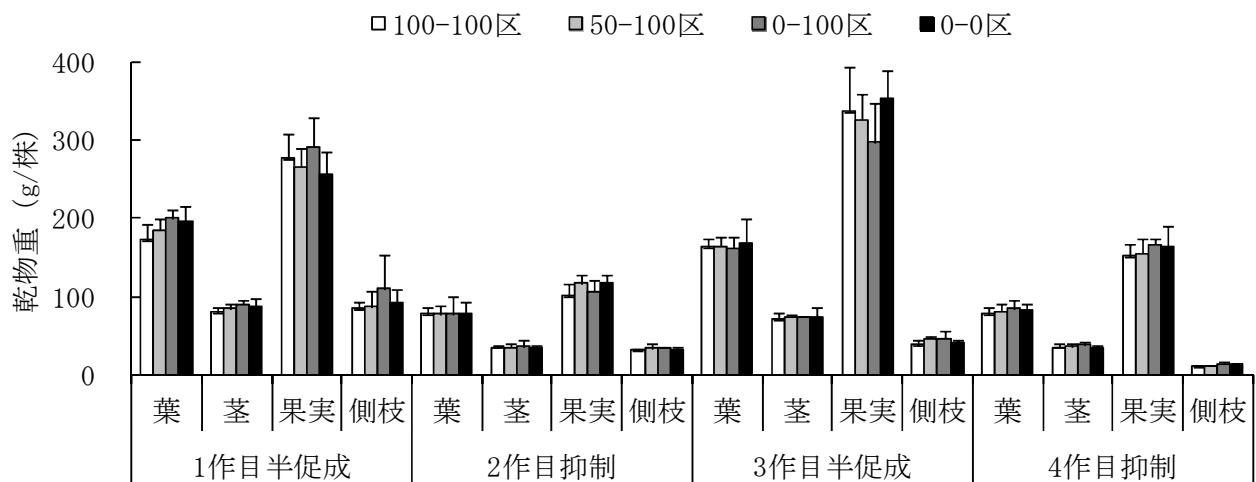
1. リン酸減肥が生育、収量及び糖度に及ぼす影響

収穫終了時の草丈、葉及び茎の株当たり乾物重、生育期間中の果実及び側枝の株当たり乾物重を第 1 及び 2 図に示した。半促成栽培では、草丈が 285.9~296.6cm、葉の乾物重が 161.9~199.9g/株、茎が 72.5~90.9g/株、果実が 256.7~353.8g/株、側枝が 38.9~109.8g/株であった。抑制栽培では、草丈が 178.6~214.0cm、葉の乾物重が 77.4~

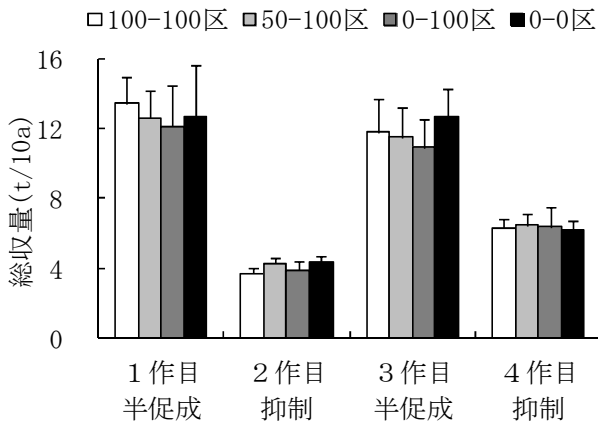


第 1 図 栽培終了時のトマトの草丈
注 1) 分散分析の結果、いずれの作でも試験区間の有意差はなかった。
2) 図中のバーは標準偏差を示す (0-100 区は n=3. それ以外は n=4)。

85.1g/株、茎が 35.0~38.8g/株、果実が 101.7~167.1g/株、側枝が 11.2~35.5g/株であり、いずれの作においても試験区間に有意な差が見られなかった。総収量は 1 作目半促成が 12.1~13.4t/10a, 2 作目抑制が 3.7~4.3t/10a, 3 作目半促成が 10.9~12.7t/10a, 4 作目抑制が 6.2~6.5t/10a であり、試験区間に有意な差がなく、リン酸無施用で 4 作続けて栽培した 0-0 区でも減収しなかった (第 3 図)。可販収量は、1 作目半促成が 5.7~6.1t/10a, 2 作目抑制が 1.6~2.1t/10a, 3 作目半促成が 9.2~10.5t/10a, 4 作目抑制が 5.8~6.3t/10a であり、試験区間に有意差がなかった (第 4 図)。2 作目抑制では、裂果が多発し、可販収量が全ての試験区で少なくなった。果実糖度は、いずれの作及び調査段位においても 4.4~6.5 の範囲にあり、試験区間に有意差がなかった (第 5 図)。

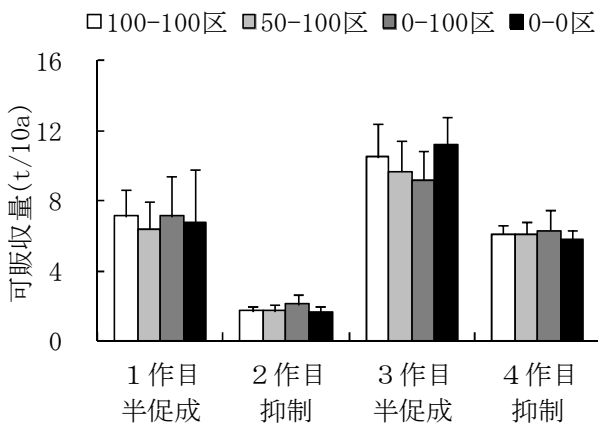


第 2 図 栽培終了時の葉及び茎の乾物重と栽培期間中の果実及び側枝の乾物重
注 1) 分散分析の結果、いずれの作でも試験区間の有意差はなかった。
2) 図中のバーは標準偏差を示す (0-100 区は n=3. それ以外は n=4)。



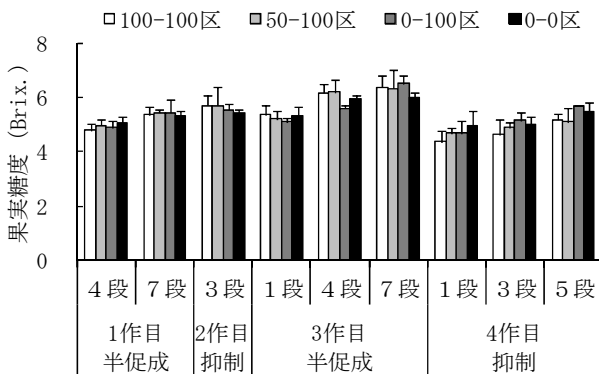
第3図 果実の総収量

注1) 分散分析の結果、いずれの作でも試験区間の有意差はなかった。
 2) 図中のバーは標準偏差を示す(0-100区はn=3. それ以外はn=4).



第4図 果実の可販収量

注1) 分散分析の結果、いずれの作でも試験区間の有意差はなかった。
 2) 図中のバーは標準偏差を示す(0-100区はn=3. それ以外はn=4).



第5図 果房段位別果実糖度

注1) 分散分析の結果、全ての作の段位において試験区間の有意差はなかった。
 2) 図中のバーは標準偏差を示す(0-100区はn=3. それ以外はn=4).

2. リン酸減肥が葉柄汁液のリン濃度に及ぼす影響

葉柄汁液のリン濃度は1作目半促成が781~1,255mgP/L, 2作目抑制が231~548mgP/Lであり, 各試験区間に有意差が見られなかった(第6図). 3作目半促成でも試験区間に有意な差はなかった. 生育初期である1月14日の1段果房直下葉においては400~600mgP/Lであったが, 生育が進むにつれて減少し, 生育後期の4月18日の9段果房直下葉では230~350mgP/Lとなった.

一方, 4作目抑制では, 8月25日の1段果房直下葉では335~356mgP/Lで試験区間に有意な差がなかったが, 9月17日の3段果房直下葉では0-0区が166mgP/Lであり, 100-100区の262mgP/Lと比べて有意に低かった. 9月30日の5段果房直下葉においても, 0-0区が142mgP/Lであり, 100-100区の245mgP/L及び0-100区の258mgP/Lと比べて有意に低かった.

3. リン酸減肥がリン酸吸収量に及ぼす影響

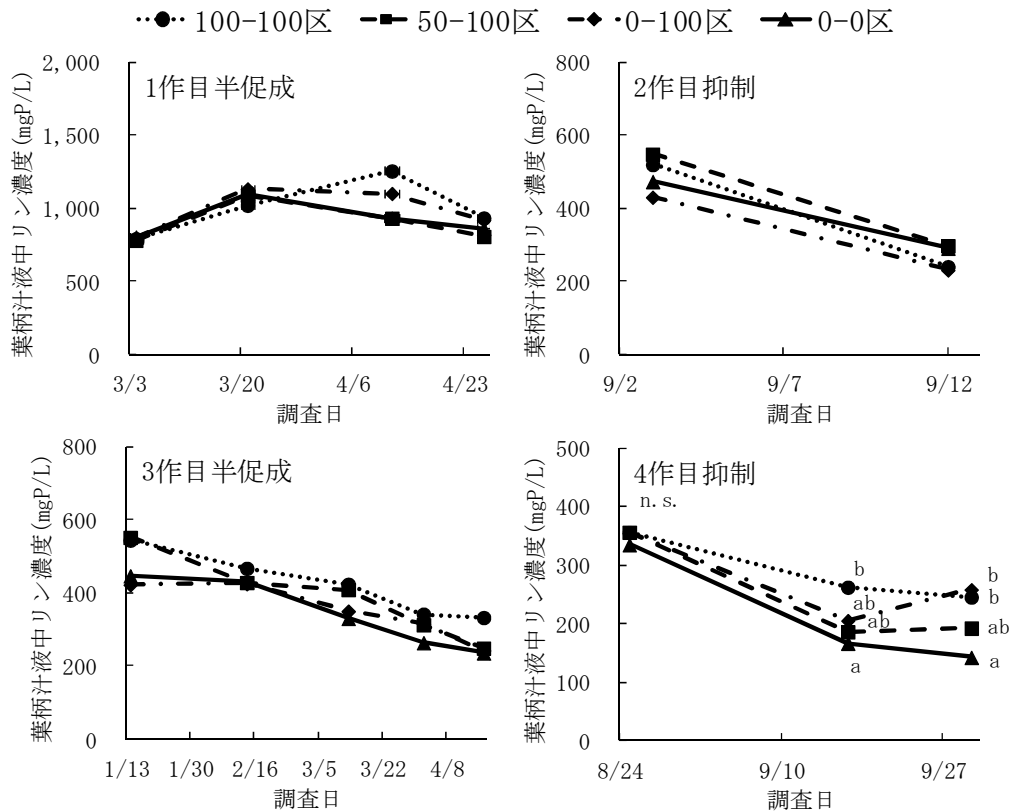
土壌の可給態リン酸含量の変化を第8図に示した. 栽培前から3作目半促成後まではいずれの深さでも81~136mg/100gで試験区間に有意差はなく, リン酸減肥の影響が認められなかった. 4作目抑制後では, 0-100区及び0-0区が深さ0~10cmにおいてそれぞれ63及び66mg/100g, 深さ10~20cmにおいてそれぞれ68及び72mg/100gとなり, 100-100区の深さ0~10cmの91mg/100g, 10~20cmの92mg/100gに比べて有意に低かった. しかし, 20cm以下では4作目抑制後においても67~105mg/100gで試験区間に有意差はなく, リン酸減肥の影響が見られなかった. 0-100区及び0-0区の深さ0~20cmにおける栽培前から4作後までの可給態リン酸含量の減少量は49~69mg/100gであった.

土壌の全リン酸含量は, 栽培前から2作目抑制後まではいずれの深さでも258~342mg/100gで試験区間に有意差はなく, リン酸減肥の影響が認められなかった(第9図). 4作目抑制後では, 50-100区, 0-100区及び0-0区の深さ0~10cmがそれぞれ275, 259及び260mg/100gであり, 100-100区の313mg/100gに比べて有意に少なかった. 0-100区及び0-0区の深さ0~10cmにおける試験期間中の全リン酸含量の減少量は, 36~51mg/100gであった.

IV 考 察

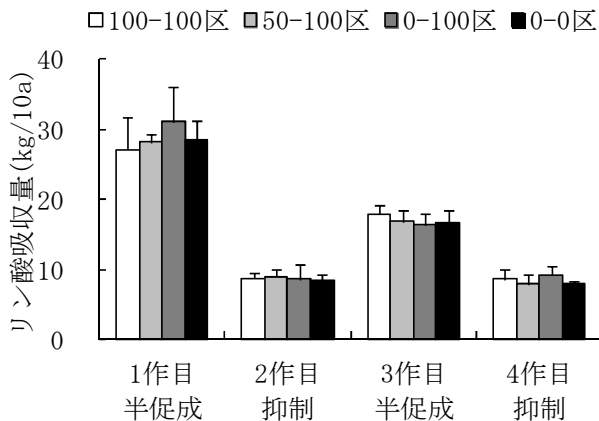
1. リン酸減肥が生育, 収量, 糖度, リン酸吸収量及び土壌のリン酸量に及ぼす影響

土壌の可給態リン酸含量が千葉県の診断基準値上限の100mg/100gを超えて127mg/100gである褐色低地土において, リン酸無施用でトマトを4作続けて栽培しても, 生育, 収量及び糖度は低下しなかった(第1~5図). キュウリでは,



第6図 各作型における葉柄汁液中リン濃度

注) 4作目抑制の同一日の異なるアルファベット間には多重比較 (Tukey-Kramer 法) により 5%水準で試験区間に有意差があることを, n.s. は有意差がないことを示す. 他の作では, 分散分析の結果いずれの調査日でも試験区間の有意差はなかった.



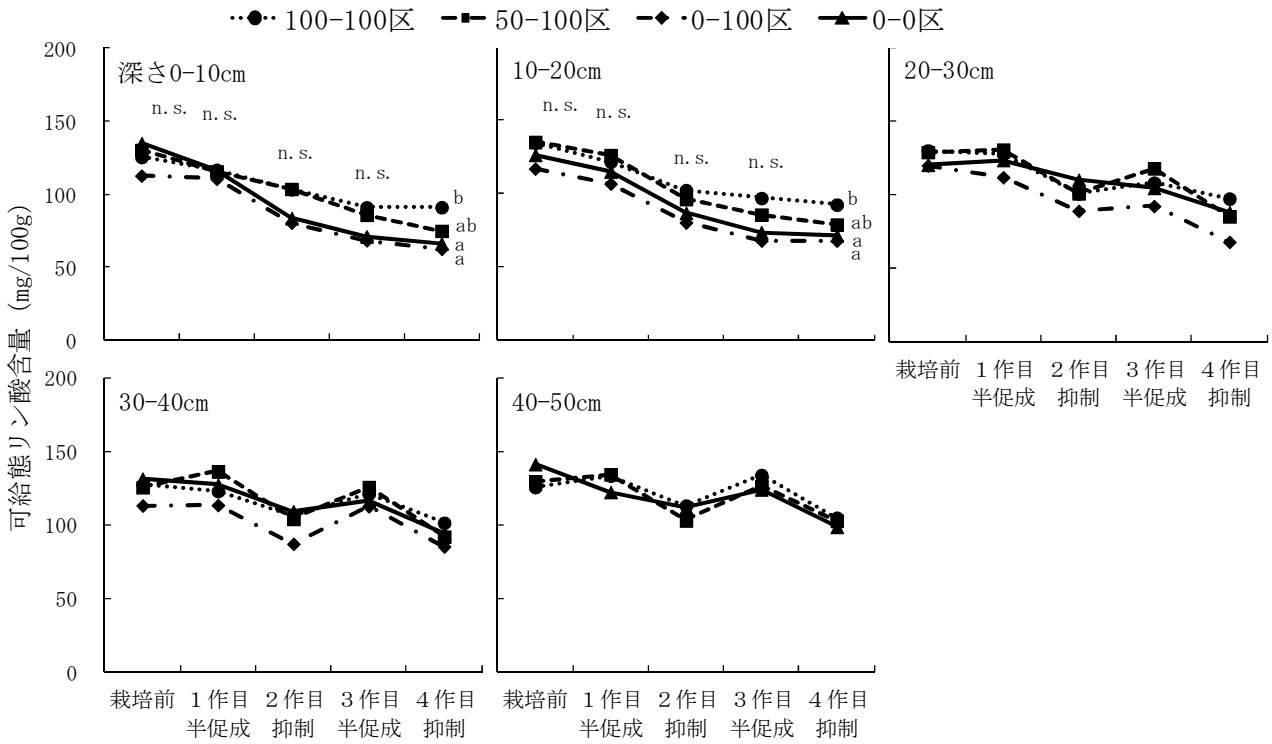
第7図 トマトの地上部におけるリン酸吸収量

注1) 分散分析の結果, いずれの作でも試験区間の有意差はなかった.
 2) 図中のバーは標準偏差を示す (0-100区は n=3. それ以外は n=4).

可給態リン酸が概ね100mg/100g以上の灰色低地土及び淡色黒ボク土において, 基肥のリン酸を無施用とする栽培を3~4年続けても, 標準施肥区に対する減収が明らかでなかったという報告があり (中央農業総合研究センターら, 2014), トマトを用いた本試験と同様の結果であった. さらに, トマト地上部のリン酸吸収量はいずれの作においても試験区間で有意差がなかった (第7図). リン酸吸収量を果実の総収

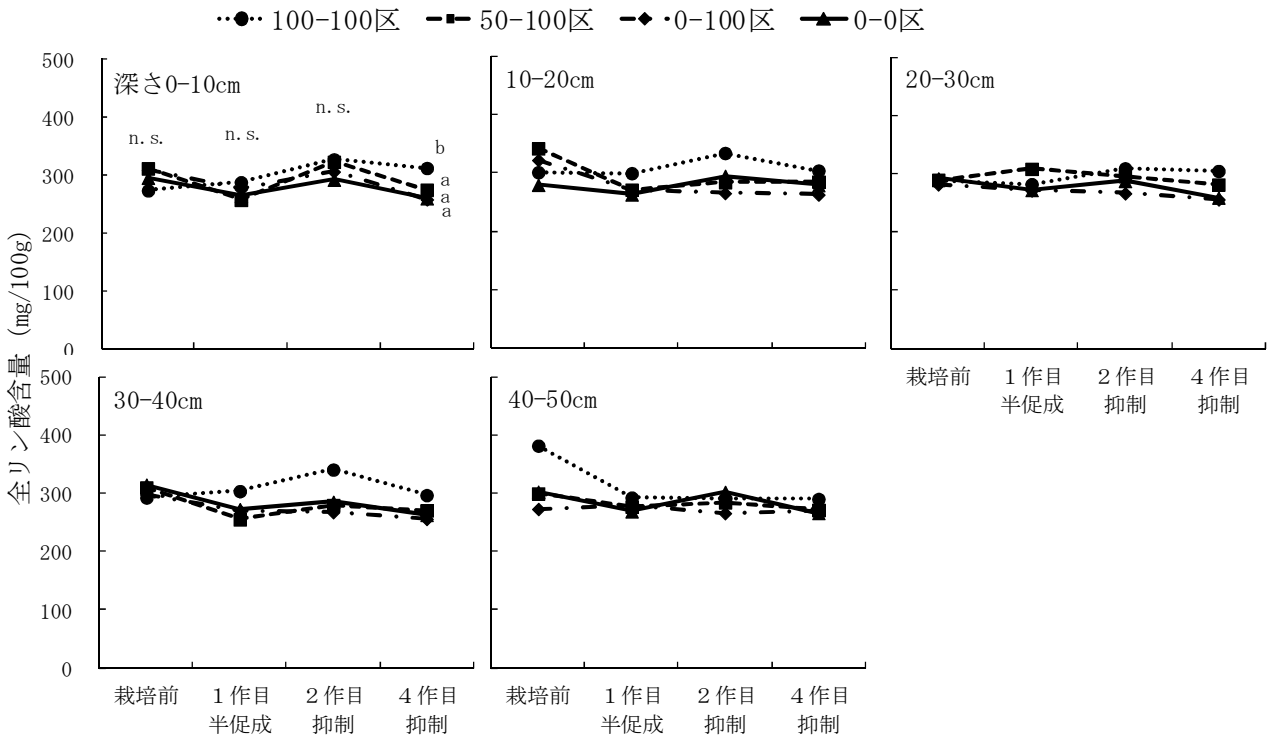
量で除して, トマト果実1kg当たり生産するために吸収されたリン酸量を計算すると, 1作目半促成が1.8~2.3g, 2作目抑制が1.7~2.1g, 3作目半促成が1.2~1.3g, 4作目抑制が1.1~1.3gであった. 渡邊ら (2011) は, このリン酸吸収量を果実収量で除した値がリン酸施用区では0.77~0.88gであったのに対して, リン酸無施用区では0.53~0.62gと低く, リン酸施用区では植物の必要量を超えて植物体に吸収されてしまう贅沢吸収が生じていたと考察している. 本試験の4作目抑制の値はこれらの値よりも高く, 4作目抑制においてもリン酸の贅沢吸収が生じたと推察された. また, 4作目抑制前の可給態リン酸含量は, 0-0区で71mg/100gであり, これまでに報告されているトマトのリン酸無施用栽培が可能な可給態リン酸含量 (灰色低地土60.5mg/100g: 渡邊ら, 2011) よりも高い値であった. このため, 0-0区においてもトマトが十分な収量を得るために必要なリン酸を吸収できたと考えられた.

4作後に土壌の可給態リン酸含量は減少し, 深さ0~20cmで63~72mg/100gと千葉県における診断基準値以内となった (第8図). 基肥をリン酸無施用とした0-100区及び0-0区では, 深さ0~20 cmの可給態リン酸含量は4作で49~69mg/100g減少した. しかし, 深さ20cm以下では各試験区間に有意差が見られなかった. トマトの根群の大部分は深さ50cm



第8図 深さ別の可給態リン酸含量の変化

注) 深さ 0-10cm 及び 10-20cm において、同一作の異なるアルファベット間には多重比較 (Tukey-Kramer 法) により 5%水準で試験区間に有意差があることを、n.s. は有意差がないことを示す。他の深さでは、分散分析の結果、いずれの調査時期でも試験区間の有意差はなかった。



第9図 深さ別の全リン酸含量の変化

注) 深さ 0-10cm では、同一作の異なるアルファベット間には多重比較 (Tukey-Kramer 法) により 5%水準で試験区間に有意差があることを、n.s. は有意差がないことを示す。他の深さでは、分散分析の結果、いずれの調査時期でも試験区間の有意差はなかった。

以内に分布し、水平的伸張が旺盛であり、活力の大きい根は表土に主に分布することが知られている（斉藤，1959）．本試験ではトマトの根の分布は調査していないが、深さ20cm以下に活力の大きい根の分布が少なかったために、可給態リン酸含量が減少しなかったと考えられる．また、深さ0～10cmの全リン酸含量の減少量は36～51mg/100gであり、全リン酸含量と可給態リン酸含量の減少量は同程度であった（第9図）．これらのことから、全リン酸含量の減少は可給態リン酸含量の減少によるものと考えられた．このことは、全リン酸含量の減少に難溶性リン酸の可給化の関与が小さいことを示しており、褐色低地土におけるトマト連作時の土壌のリン酸収支は可給態リン酸含量のみで評価できると考えられた．さらに、4作合計のトマト地上部のリン酸吸収量は約63kg/10aであり、可給態リン酸の減少量とほぼ等しかった（第7図）．この結果は、淡色黒ボク土（林ら，2006）及び灰色低地土（渡邊ら，2011）において、リン酸無施用栽培ではリン酸吸収量と可給態リン酸含量の減少量は一致したとする過去の報告と同様であった．リン酸吸収係数などの特性が異なる複数の土壌においてリン酸吸収量と可給態リン酸含量の減少量がほぼ一致したことは、多くの土壌においてトマトは可給態リン酸を吸収しており、一方で、難溶性リン酸の吸収が少ないことを示している．

これらのことから、可給態リン酸含量が100mg/100gを超えている褐色低地土では、4作続けてリン酸無施用でトマトを栽培しても、主に深さ0～20cmの土壌に蓄積した可給態リン酸を吸収することで十分な生育及び収量が確保されることが明らかとなった．土壌の可給態リン酸含量（トルオーグ法）で減肥を判断でき、4作目抑制栽培前の71mg/100g以上あればリン酸無施用でも減収しないと考えられた．

2. リン酸減肥が葉柄汁液のリン濃度に及ぼす影響

葉柄汁液のリン濃度は作物のリンの栄養状態を反映し、追肥の必要性の判断にも用いられる（林ら，2006）．本試験では、3作目半促成までは葉柄汁液のリン濃度は試験区間に有意差がなく、トマトのリン栄養状態はリン酸施肥の影響を受けていなかった（第6図）．また、4作目抑制においても、生育、収量及びリン酸吸収量にはリン酸減肥の影響が認められなかった．しかし、4作目抑制における葉柄汁液のリン濃度は、3段果房直下葉では0-0区が166mgP/Lであり、100-100区の262mgP/Lに比べて有意に低く、5段果房直下葉においても、0-0区が142mgP/Lで100-100区の245mgP/Lに比べて有意に低く、リン栄養状態がリン酸施肥の影響を受けていた（第6図）．トマトにおける葉柄汁液のリン濃度によるリン酸追肥の必要性を判断する診断基準値は、5段果房直下葉で150～200mgP/L程度と報告されている（林ら，2006）．4作目抑制の5段果房直下葉における0-0区の葉柄汁液リン濃度が上記の診断基準値を下回っていたことから、リン酸吸

収量には差がないものの、この栽培後期には0-0区のリン栄養状態としては不足に近い状況にあったと考えられた．林ら（2006）は、可給態リン酸含量が100mg/100gの淡色黒ボク土において、リン酸無施用区と標準施用区でトマトのリン酸吸収量に差が認められなかったが、5段果房直下の葉柄汁液リン濃度が低くなったという、本試験と同様の結果を報告している．また、キュウリにおいて、収穫期間中の葉柄汁液リン濃度の平均値は収穫終了時の土壌の可給態リン酸含量と有意な正の相関があり、葉柄汁液リン濃度はリン酸施肥量とともに土壌のリン酸含量を反映していることが報告されている（山崎・六本木，2006）．これらのことから、本試験の4作目抑制後半における0-0区の葉柄汁液リン濃度の減少は、土壌の可給態リン酸含量の減少を反映したものであり、葉柄汁液リン濃度の測定は短期的なトマトのリン栄養状態の評価が可能であると考えられた．林ら（2006）は、可給態リン酸含量が20及び50mg/100gである淡色黒ボク土において、リン酸無施用区が標準施用区と比べてリン酸吸収量は有意に少なかったが、収量には差が認められなかったことを報告している．これは標準施用区においてリン酸の贅沢吸収が起こっており、リン酸無施用区においてリン酸吸収量が減少しても、リン酸欠乏状態にはならなかったために収量に差がなかったと推察される．果実収量が減少する可給態リン酸含量の下限値については今後の検討が必要であるが、トマトのリン栄養状態を適正に保つという点から、4作目抑制栽培前の可給態リン酸含量71mg/100gをトマトの生育、収量及びリン酸吸収量が減少しない目安とすることが妥当であると考えられた．

千葉県内の褐色低地土の約8割の施設圃場では、可給態リン酸含量が診断基準値上限を超えている．生育及び収量を落とさずにリン酸を減肥することは、肥料コストの低減だけでなく、土壌の可給態リン酸含量を適正範囲に維持するために重要である．ただし、リン酸減肥が減収を招かないように、土壌診断に基づいて減肥を進めていく必要がある．

V 摘 要

リン酸が蓄積した褐色低地土におけるトマト連作時のリン酸減肥による生育収量及び土壌の可給態リン酸含量の変化を明らかにした．可給態リン酸含量が127mg/100g（千葉県の診断基準値上限100mg/100g）の褐色低地土において、リン酸を減肥して半促成栽培と抑制栽培でトマトを4作続けて栽培し、生育、収量、糖度、リン酸吸収量、土壌の可給態リン酸含量等を調査した．

1. リン酸を基肥及び追肥ともに施用しない栽培を4作続けても、トマトの葉、茎、側枝、果実の乾物重、収量、

- 糖度及びリン酸吸収量は低下しなかった。
2. 基肥のリン酸を無施用で栽培すると、深さ0~20cmの可給態リン酸含量は4作後で栽培前に比べて有意に減少し、63~72mg/100gと診断基準値以内となったが、深さ20cm以下では減少はみられなかった。
 3. 基肥をリン酸無施用で栽培すると、深さ0~20 cmの可給態リン酸含量は4作で49~69mg/100g減少した。4作合計のトマト植物体全体のリン酸吸収量は約63kg/10aであり、可給態リン酸含量の減少量とほぼ等しかった。
 4. 葉柄汁液リン濃度は、3作目半促成までリン酸施用の有無で有意差がなかったが、4作目半促成の5段果房直下葉ではリン酸無施用で診断基準値を下回った。
 5. 以上のことから、可給態リン酸含量が診断基準値を超えている褐色低地土では、4作続けてリン酸無施用でも、トマトは主に深さ0~20cmの土壤に蓄積した可給態リン酸を吸収することで生育に十分なリン酸を確保し、生育及び収量を落とさずに栽培が可能であり、トマトのリン酸吸収量とほぼ同量の土壤の可給態リン酸が減少すると考えられた。また、栽培前土壤の可給態リン酸含量が71mg/100g以上であれば、トマトの生育、収量及びリン酸吸収量が減少しないことが明らかとなった。

VI 引用文献

- 伊藤千春・小野寺徹・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 : 215-216.
- 大島宏行・前田良之・後藤逸男 (2015) ホモプシス根腐病の発病に及ぼす土壤の種類, 施肥リン酸, 土壤pHの影響. 土肥誌. 86 : 81-87.
- 小原洋・中井信 (2004) 農耕地土壤の可給態リン酸の全国的変動. 土肥誌. 75 : 59-67.
- 小宮山鉄平・藤澤英司・新妻成一・加藤雅彦・森国博全 (2009) 隔離床栽培における土壤可給態リン酸含量がトマトの養分吸収に与える影響. 土肥誌. 80 : 516-521.
- 斎藤隆 (1959) . 生育のステージと生理, 生態. II 栄養生長の生理, 生態. 1. 栄養生長の過程 (2) 地下部の生長経過. 30-31. 農業技術体系. トマト編. 農文協. 東京.
- 財務省 (2016) 財務省貿易統計. <http://www.customs.go.jp/toukei/info/>
- 千葉県 (2009) 主要農作物等施肥基準. 451pp.
- 千葉県・(社)千葉県園芸協会・全農千葉県本部 (2014) 千葉県園芸作物標準出荷規格 (青果物編). 59pp.
- 千葉県 (2015) 千葉県農耕地土壤の現状と変化. 56pp.
- 中央農業総合研究センター・群馬県農業技術センター・神奈川県農業技術センター・高知県農業技術センター (2014) 安全・簡便な畑土壤中リン酸の現場型評価法に基づく施設キュウリ栽培でのリン酸減肥マニュアル. http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/narc_cucumber_reduceH3PO4_man.pdf
- 林康人・加藤雅彦・小林新・久保省三 (2006) 点滴灌水施肥栽培における土壤の養分含量を考慮したリン酸の適正施肥. 土肥誌. 77 : 555-561.
- 山崎晴民・六本木和夫 (2006) 葉柄汁液の無機リンを指標としたキュウリの栄養診断. 土肥誌. 77 : 691-694.
- 渡邊修一・笠原賢明・吉川弘恭 (2011) トマトの養液土耕栽培におけるリン酸無施肥および極微量灌水がリン酸収支に及ぼす影響. 近中四農研報. 10 : 41-51.

Effect of Reduction in Phosphorus Application to Continuously Cultivated Tomato, on the Growth, Yield, and Soil Available Phosphorus Level in Phosphate-Accumulated Brown Lowland Soil

Takashi TSUKAMOTO, Hirokuni IWASA and Atsushi YAMAKI

Key words : tomato, available phosphorus, brown lowland soil, reduction in phosphorus application, continuous cultivation

Summary

We investigated, in brown lowland soil with 127 mg/100 g phosphate, the effect, on the growth, yield, and soil available phosphorus level, of reduction in phosphorus application, over a two-year period involving four continuous cultivations of tomato.

1. The dry weight of the leaves, stems, lateral shoots, and fruits of tomato, as well as the yield, sugar content of the fruit, and amount of phosphorus absorption, had not decreased after four continuous cultivations without phosphorus application.
2. The soil available phosphorus level at a depth of 0 to 20 cm had decreased by 49-69 mg/100 g after four continuous tomato cultivations without phosphorus application of basal fertilization. However, at a depth of 20 to 50 cm, it had not decreased. The total amount of phosphorus absorption over the four continuous cultivations was about 63 kg/10 a, approximately equal to the decrease in the soil available phosphorus level.
3. Our results suggested that, in phosphate-accumulated brown lowland soil, the growth and yield of tomato did not decrease without phosphorus application over four continuous cultivations, because the tomato plants absorbed the soil available phosphorus accumulated at the depth of 0 to 20 cm. In addition, the results indicate that, at a level of 71 mg/100 g phosphate in the soil, reduction in phosphorus application does not decrease the growth, yield, and phosphorus absorption by tomato plants.