

マサ土における蓄積リン酸が野菜の生育・収量に及ぼす影響

山本哲靖・後 俊孝

キーワード：野菜 可給態リン酸 水溶性リン酸 収量

広島県の主要な野菜産地である沿岸島しょ部地帯は、腐植が少なくリン酸固定力の小さいマサ土（花崗岩風化土壌）が広く分布している。この地帯における野菜畑土壌でのリン酸集積は、可給態リン酸で乾土100 g当たり100mg以上の畑の分布割合が75%以上¹⁰⁾と極めて多く、過剰集積したリン酸が作物の初期生育に与える影響は大きい¹⁾。また、リン酸過剰による作物の障害事例は報告されている^{4, 5, 7)}ものの、ほ場試験による収穫期までのリン酸の影響についての調査事例はほとんどみられない。そこで、リン酸の土壌への蓄積による野菜の収量への影響について、11種類の野菜を用いてほ場試験を行ったのでその結果を報告する。

グリン酸を可給態リン酸として表す。

試験区の構成は、可給態リン酸が各作の作付け時に300mgの①高P区と、100mgの②対照区、さらに、初作目に可給態リン酸で300mgとした後、リン酸無施用とする③残効区を設けた。試験区へのリン酸の補給は、土壌中の可給態リン酸を測定後、不足分を粉状の重過リン酸石灰（可給態リン酸45.8%，全リン酸47.7%，水溶性リン酸38.1%）で行った。pH調節は作付け時に苦土石灰で行なった。これらの施用量と窒素、カリの施肥量および肥料の種類は表1に示した。また、初作目のみ稲わら堆肥を2 t/10a 施用した。試験は無加温のビニールハウスで行い、1区面積は8.5m²（1.7m×5m）で2反復とし、

材料および方法

試験は本県東南部に位置する広島県立農業技術センター島しょ部研究部（因島市）で、1989年より1994年まで行った。供試ほ場の土壌はマサ土で、試験開始時の化学性はpH（H₂O）6.0，EC0.21mS/cm，トルオーグリン酸は44.4mg/乾土100 g，リン酸吸収係数270であった。以下、可給態、水溶性リン酸及び試験区のリン酸施肥量については、ことわりのない限り乾土100 g 当りとし、トルオー

表2 作付回数と各作の供試作物及び耕種概要

作付回数	供試作物（品種）	播種日 (年.月.日)	定植日 (月.日)	収穫日 (月.日)
1	キュウリ（ソフィア）	'89. 2. 6	3.22	4.15～6.26
2	キヌサヤエンドウ（美笹）	'89. 8.14	—	10. 7～12.21
3	メロン（アールスメイト夏Ⅱ）	'90. 3.20	4.17	7.18～7.23
4	ワケギ（寒知らず）	—	'90.9.17	11.26
5	トマト（ハウス桃太郎）	'91. 1. 8	3.19	5.17～7.15
6	レタス（オンタリオ）	'91. 8.23	9.25	11.15～11.25
7	ホウレンソウ（ソロモン）	'92. 1.27	—	4. 1
8	ピーマン（京波）	'92. 1.31	4.16	5. 7～7.24
9	ブロッコリー（唐嶺）	'92. 8.17	9.21	12.11～1.18
10	ニンジン（向陽2号）	'93. 3.11	—	7. 7
11	タマネギ（七宝早生）	'93. 9.14	11.15	4.26

表1 作付回数と各作の施用量

作付回数	リン酸施用量(kg/10a)		窒素、カリ施用量 (kg/10a)		苦土石灰施用量 (kg/10a)
	高P区	対照区	基肥	追肥	
1	255.6	55.6	N-30, K ₂ O-30 (IB化成S1)	N- 9, K ₂ O- 7.2 (液肥2号)	—
2	—	—	—	—	50
3	28.2	—	N-10, K ₂ O- 6.5 (被覆NK化成E180)	—	80
4	—	—	N-16, K ₂ O-13 (硫酸, 塩化カリ)	N- 3, K ₂ O- 3 (硫酸, 塩化カリ)	—
5	180.0	59.7	N-25, K ₂ O-16.3 (被覆NK化成E180)	N-10, K ₂ O-10 (尿素, 塩化カリ)	—
6	30.7	24.7	N-13, K ₂ O-10 (尿素, 塩化カリ)	N-10, K ₂ O-10 (尿素, 塩化カリ)	150
7	81.3	19.5	N-13, K ₂ O-12 (尿素, 塩化カリ)	N- 4, K ₂ O- 4 (尿素, 塩化カリ)	—
8	100.2	23.8	N-20, K ₂ O-13 (被覆NK化成E180)	—	—
9	118.3	24.7	N-20, K ₂ O-13 (被覆NK化成E180)	—	—
10	99.4	36.5	N-23, K ₂ O-15 (被覆NK化成E180)	—	100
11	116.8	—	N-20, K ₂ O-13 (被覆NK化成E100)	—	—

備考：1作目のみ稲わら堆肥2 t/10a 施用

残効区の窒素、カリ、苦土石灰の施用は各作とも同様に行った。

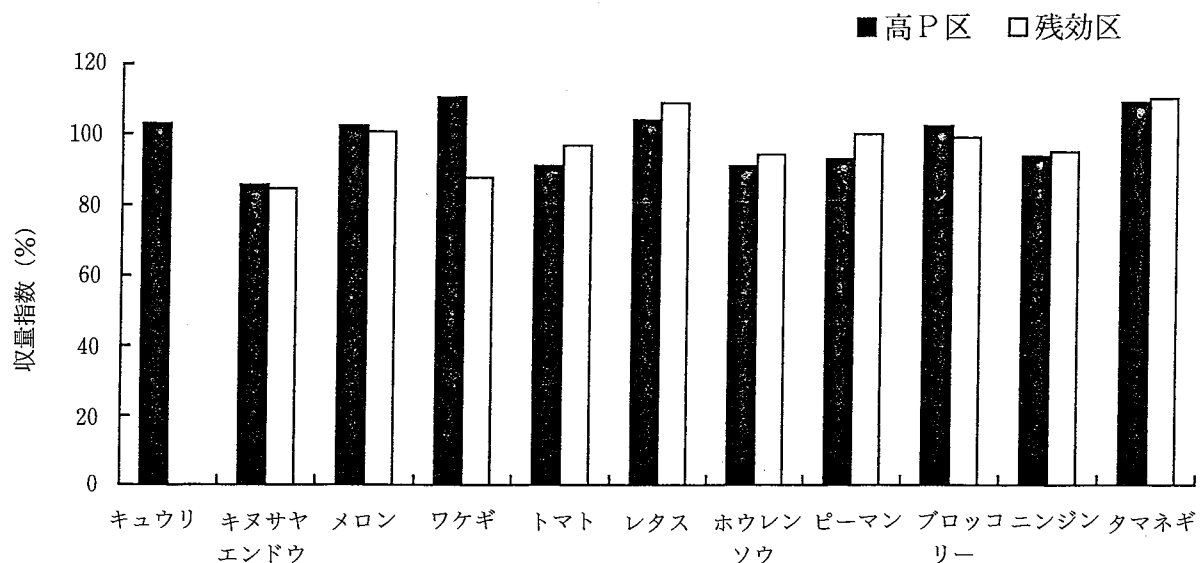


図1 土壌リン酸が各作物の収量に及ぼす影響 備考) 対照区を100としたときの収量指数

各試験区間には幅40cmの波板を深さ30cmまで埋設した。供試作物および耕種概要は表2に示した。可給態リン酸及び水溶性リン酸は土壌標準分析・測定法³⁾に、植物体分析は土壌、水質及び作物体分析法⁶⁾に準じた。

結 果

1. 生育および収量

各作物の対照区に対する高P区の収量指数はキヌサヤエンドウで86、トマトおよびホウレンソウで91、ピーマンで93、ニンジンで94と低かった。また、これらの残効区の対照区に対する収量指数はキヌサヤエンドウで85、トマトで97、ホウレンソウで95、ピーマンで101、ニンジンで96と2作目のキヌサヤエンドウで低かったが、5作目のトマト以降の作目は同等であった。キュウリ、メロン、ブロッコリーの収量指数は対照区に対して高P区、残効区とも102~104と同等であった。レタス及びタマネギの収量指数は高P区、残効区とも対照区に比べて4~11%ほど高かった。ワケギの対照区に対する収量指数は高P区で高く、残効区で低く一定の傾向はみられなかった(図1)。特に、キヌサヤエンドウでは草丈が播種後39日目において高P区、残効区とも対照区の81%と劣り(表3)、トマトではBrixが高P区で5.5%、残効区で5.4%と対照区の5.4%と同等であったが、平均1果重は高P区で137g、残効区で146gと対照区の155gに比べて少なかった(表4)。また、ワケギでは対照区に比べ高P区、残効区とも先枯れ症状が多発し、秀品率が高P区で17%、残効区で4%低かった(表5)。

表3 土壌リン酸がキヌサヤエンドウの生育に及ぼす影響

試験区	草丈 (cm)	同左対照区 (%)
高P区	29.5	81
残効区	29.3	81
対照区	36.2	100

調査日：'89.9.22 (播種後39日目)

表4 土壌リン酸がトマトの品質に及ぼす影響

試験区	平均1果重 (g)	Brix (%)
高P区	137.3	5.5
残効区	145.5	5.4
対照区	154.7	5.4

表5 土壌リン酸がワケギの品質に及ぼす影響

試験区	先枯れ率 (%)			秀品率 (%)
	1 cm以下	1 ~ 5 cm	5 cm以上	
高P区	14	24	18	44
残効区	22	17	5	57
対照区	31	7	1	61

調査日：'90.11.26

2. 植物体リン含有率

各作物の対照区のリン含有率は、ホウレンソウ(地上部)が0.63%と最も高く、次いでレタス(結球)、キュウリ(葉)、ワケギ(茎葉)、ニンジン(根)が0.43~0.45%であった。タマネギ(球)のリン含有率は0.28%、キヌサヤエンドウ(茎葉)は0.16%で、ピーマン(葉)

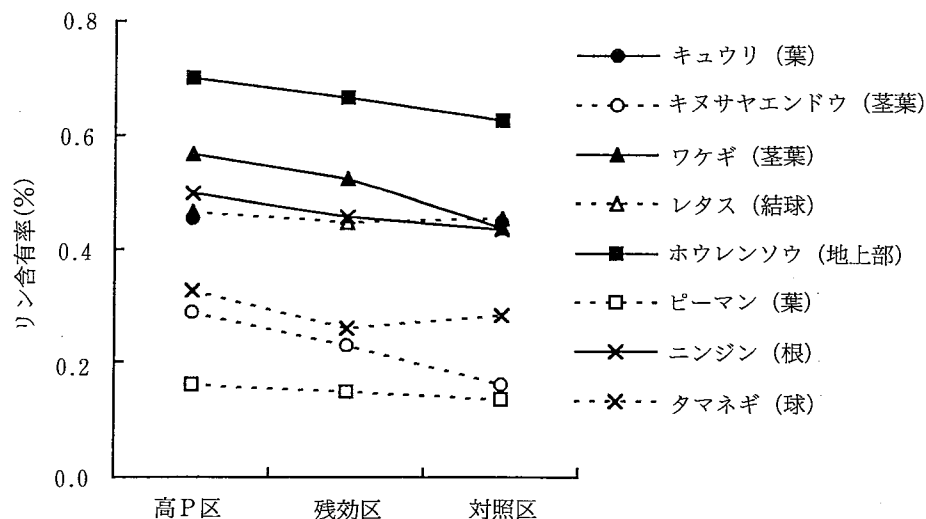


図2 土壌リン酸が各作物のリン含有率に及ぼす影響

は0.14%であった。

高P区のリン含有率は、キヌサヤエンドウ、ワケギ、ホウレンソウ、ピーマン、ニンジン、タマネギが対照区に比べて各々80、30、12、19、15、15%高く、キュウリ、レタスは対照区と同等であった。また、残効区のリン含有率は、キヌサヤエンドウ、ワケギ、ホウレンソウ、ピーマン、ニンジンが対照区に比べて各々43、20、6、10、5%高く、レタスは同等、タマネギは8%低かった（図2）。

3. 土壌の可給態リン酸

栽培期間中における土壌の可給態リン酸の平均値は、全作とも高P区>残効区>対照区の順となり、高P区、対照区では1作目に高い値を示した後、高P区は270mgから180mg、対照区は95mgから65mgにかけて漸次低下の傾向にあった。残効区では2作目に210mgに低下した後、以降ゆるやかに減少し、11作目には120mgとなった（図3）。また、残効区の可給態リン酸と施肥後の日数との間には直線回帰関係が認められた（図4）。

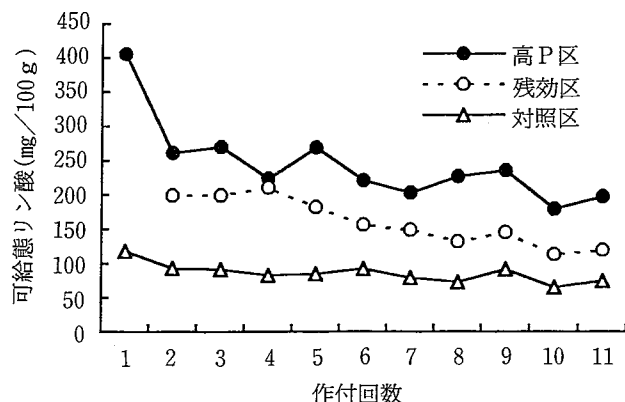


図3 各作栽培期間中の可給態リン酸の平均含量

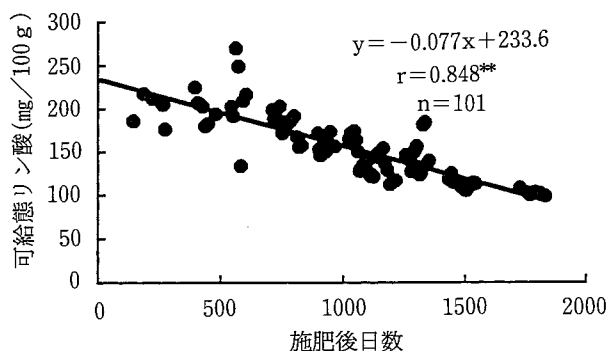


図4 可給態リン酸含量の推移（残効区）

4. 土壌の水溶性リン酸

栽培期間中における土壌の水溶性リン酸の平均値は、1～5作目までは高P区>残効区>対照区の順となり、6作目（施肥後約900日）からは残効区と対照区は同等となった。また、高P区の水溶性リン酸は1作目が81mg、2作目に51mgと高い値を示したが、3作目以降は26～11mgの間で推移した。対照区の水溶性リン酸は1作目が17mg、2作目に22mgを示した後、7～5mgの間で推移した。

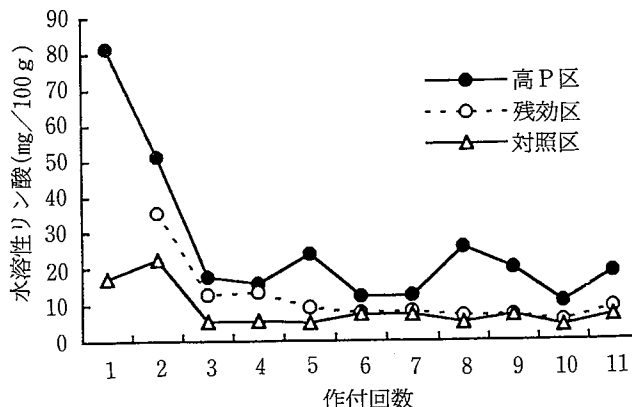


図5 各作栽培期間中の水溶性リン酸の平均含量

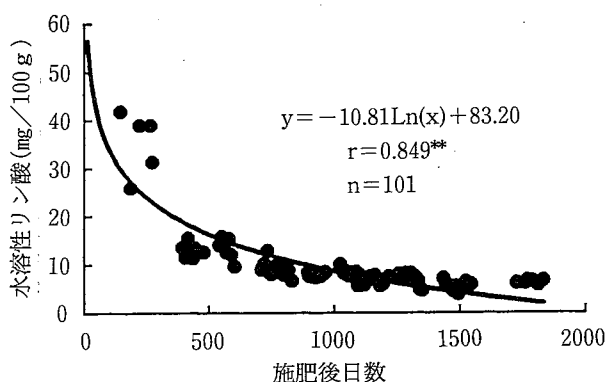


図6 水溶性リン酸含量の推移（残効区）

残効区の水溶性リン酸は2作目が35mgと高い値を示した後、13～5mgの間で漸次低下の傾向を示した（図5）。また、残効区の水溶性リン酸と施肥後の日数との間には対数回帰関係が認められた（図6）。可給態リン酸に対する水溶性リン酸の割合は、各処理区とも1作目と2作目は2割程度と高い割合を示したが、3作目（施肥後約400日）以降は5%程度で推移した。

5. 土壌のpH及びEC

各作の栽培期間中の平均pHは、対照区>残効区>高P区で推移し、対照区と高P区の幅は最大で0.7、平均で0.4となった。各作の栽培期間中の平均ECは、作期によって異なり、処理区間に一定の傾向が認められなかった（図7）。

考 察

広島県の沿岸島しょ部地帯に広く分布するマサ土の野菜畑ではリン酸が過剰集積の状態にある⁹⁾¹⁰⁾。蓄積リン酸が作物の生育に及ぼす影響は認められている^{2,8)}が、リン酸吸収係数の小さいマサ土ではその影響は大きいと考えられる¹⁾。そこで、マサ土の畑を用いて土壌中のリン酸含量の違いが11種類の野菜の収量等に及ぼす影響について検討した。

作付け時の土壌の設定リン酸を300mgと高リン酸にすることで収量の低下がみられた作物は、キヌサヤエンドウ、トマト、ハウレンソウ、ピーマン、ニンジンであった。特に、キヌサヤエンドウでは初期生育の抑制が著しく、トマトでは平均1果重が低下した。ワケギおよびタマネギは、高リン酸において10%程度増収したが、ワケギでは高リン酸ほど先枯れの程度、割合とも高くなった。また、タマネギでは保存性が悪くなるなどの報告⁷⁾もあり、これらの作物も高リン酸は好ましくないといえる。一方、キュウリ、レタス、ブロッコリーは高リン酸によ

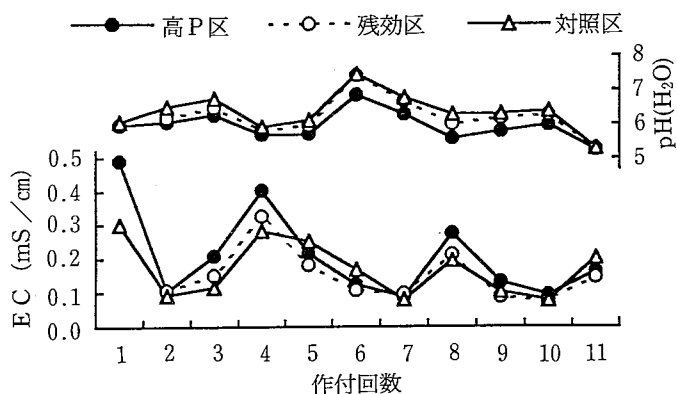


図7 各作栽培期間中の土壌の平均pH及びEC

る収量の低下はみられず、メロンについても高リン酸に弱い作物との報告もある^{1,5)}が、初期生育への影響のみで、収量まではその影響は及ばないものと考えられる。このように高リン酸は多くの野菜に対して収量のみならず、生育抑制や品質の低下等の悪影響を及ぼすが、その影響は野菜の種類による差が大きいことが明らかとなった。

野菜の作物体中のリン含有率はその種類によって異なり、ハウレンソウが最も高く、キヌサヤエンドウおよびピーマンが低い。高リン酸により収量または品質の低下がみられたキヌサヤエンドウ、ワケギ、ハウレンソウ、ピーマン、ニンジン、タマネギでは体内リンが上昇していた。一方、高リン酸による収量の低下がみられなかったキュウリ、レタスでは体内リンの上昇がみられなかった。これらにより、高リン酸による野菜への悪影響は体内リンの上昇により起こると考えられる。

高リン酸により悪影響を受けた野菜は土壌の可給態リン酸が200～250mg程度で発現しており、可給態リン酸200mg程度以上になると過剰障害になると考えられる。一方、悪影響を受けなかったキュウリ、メロン、レタス、ブロッコリーは可給態リン酸が100mg程度と200～400mg程度で収量が変わらず、しかも、キュウリ、レタスにおいては可給態リン酸の多少による体内リンの変化もなかったことより、これらの野菜では過剰のリン酸は必要ないと考えられる。また、水溶性リン酸の多少と各作目の収量、品質、体内リンの関係も可給態リン酸と同様であり、高リン酸による悪影響は水溶性リン酸が10mg以上で発現していた。これらのことより、可給態リン酸が100mg程度、水溶性リン酸が5～10mg程度あればリン酸の施用は必要ないと考えられ、これは土壌溶液濃度からみた最高収量または収量横ばい領域が可給態リン酸で100mg程度である²⁾ことや、ほ場試験において可給態リン酸が100mgで収量増加が停止した⁴⁾ことから推定できる。

マサ土への施肥リン酸の可給態リン酸として存在割合

は高く、施肥直後に約70%存在し、時間による減少程度も直線的でゆるやかで1年間に約10%減少する程度であった。なお、高P区の初作目で可給態リン酸が設定リン酸より高かったのは堆肥の施用による影響とみられる。施肥リン酸の水溶性リン酸としての存在割合は施肥直後は約20%と高いが、施肥後約1年間で急激に減少し、以後7%以下をゆるやかに減少することが認められた。可給態リン酸に対する水溶性リン酸の割合は施肥後1年間は20%程度であったが、それ以降は5%程度であった。これらのことよりリン酸吸収係数の低いマサ土においては、施肥リン酸の肥効効率は高く、減少程度も少ないため、可給態リン酸が十分にあればリン酸の施用は必要ないと考えられる。また、作物の生育への関与は水溶性リン酸が可給態リン酸よりも大きい¹⁾、1作目にリン酸を多施用し、以後無施用の残効区において施肥後1年以内に栽培したキヌサヤエンドウでは大きく減収したのに対して1年以降の作目では対照区と同等であったことより、水溶性リン酸は施肥直後に多く初期時点での影響は大きい、時間の経過とともに影響は小さくなり、可給態リン酸と同様の傾向を示すものと考えられる。

各作栽培期間中の土壌の平均pHは、高リン酸ほど低くなる傾向があるが、その差は0.7以下と小さく、また、ECは高リン酸との間に一定の傾向がみられなかった。このように、pH及びECは高リン酸による影響が小さいと考えられた。

以上のことよりリン酸吸収係数の小さい土壌の高リン酸条件下では、多くの野菜でリン酸過剰による収量、品質の低下が発現する。その原因としては体内リンの上昇が考えられる。また、施肥されたリン酸は高い割合で可給態リン酸として存在し、その減少程度は直線的でゆるやかであり、可給態リン酸が100mg程度あればリン酸の施用は必要ないと考えられる。一方、水溶性リン酸は施肥直後に高く、その後急激に減少したのち、可給態リン酸の5%程度でゆるやかに減少する。したがって、一度に多量のリン酸施用は、水溶性リン酸の溶出が多くなり、生育抑制などの過剰障害の発現の可能性が大きいいため、リン酸不足土壌でも施用は分施する必要がある。また、リン酸集積ほ場ではリン酸の施用を控えると共に、キヌサヤエンドウ等の高リン酸に弱い作物は栽培しないことなどの対策が必要である。

摘 要

高リン酸による収量、品質への影響を、リン酸吸収係数の小さいマサ土で11種類の野菜を栽培して検討した。

1. キヌサヤエンドウ、ワケギ、トマト、ハウレンソウ、ピーマン、ニンジンでは可給態リン酸が200~250mg程度で収量あるいは品質が低下した。キュウリ、メロン、レタス、ブロッコリーは可給態リン酸の多少による収量の差はみられなかった。タマネギは可給態リン酸の上昇とともにやや増収した。また、各作の収量あるいは品質と水溶性リン酸の関係は可給態リン酸と同様であった。

2. キヌサヤエンドウ、ワケギ、ハウレンソウ、ピーマン、ニンジン、タマネギは高リン酸により体内リン含有率が上昇した。キュウリ、レタスは高リン酸による体内リン含有率の上昇はなかった。

3. 施肥リン酸は、可給態リン酸としては高い割合で存在し、施肥直後に約70%、その後1年間に10%程度の減少を示し、また、水溶性リン酸としては施肥直後に約20%と高い割合で存在し、その後1年程度で急激に減少したのち7%以下でゆるやかな減少を示した。また、可給態リン酸に占める水溶性リン酸の割合は、施肥後約1年間で低下し、その後は5%程度であった。

4. マサ土では、高リン酸による収量、品質の低下が発現しやすく、その原因は体内リンの上昇が考えられる。ほとんどの作物において可給態リン酸が100mg以上あればリン酸施用の必要はないと考える。

謝 辞

本研究の実施にあたり、広島県立農業技術大学校若山譲助教授に協力を頂いた。また、本稿のとりまとめにあたって、松浦謙吉専門技術員並びに中藪正之部長の各位から懇切な指導と助言を頂いた。ここに記して深く感謝の意を表する。

引 用 文 献

- 1) 後 俊孝・山本哲靖：1996. マサ土における高リン酸が数種の野菜・花きの初期生育及び無機成分含有率に及ぼす影響。広島県農技セ研報64：45-53
- 2) 加藤秀正・岡 紀邦・藤沢 徹：1987. 各地にみるリン酸の上限—土壌溶液論的考察。土肥誌58：549-555
- 3) 土壌標準分析・測定法委員会：1986. 土壌標準分析・測定法
- 4) 中神 敏・水本順敏・金田雄二：1983. 園芸作物土壌の有効リン酸に関する研究（第1報）ハウレンソウのリン酸上限について。静岡農試研報28：59-66
- 5) 中神 敏・水本順敏・中村新市・戸田幹彦：1984.

- 園芸作物土壌の有効リン酸に関する研究（第2報）
温室メロンのリン酸上限について。静岡農試研報29
：53-63
- 6) 農林水産省農蚕園芸局農産課：1979. 土壌、水質及び作物体分析法
- 7) 二見敬三・今井太磨雄・藤井 浩：1979. タマネギに対する土壌有効態リン酸含量の影響。兵庫農総セ28：5-10
- 8) 堀江秀樹：1990. ほ場試験による吸収量の植物種間差。土肥誌61：248-252
- 9) 松浦謙吉・宮地勝正・谷本俊明：1995. 農耕地土壌の問題点とその保全対策。広島県農技セ研究成果発表会要旨集：1-5
- 10) 山本哲靖・若山 譲・房尾一宏・後 俊孝：1995. リン酸の集積が野菜の生育・収量に及ぼす影響。広島県農技セ研究成果発表会要旨集：15-18

The Effect of High Amounts of Soil Phosphate on Some Vegetable Crops on the Masa Soil

Noriyasu YAMAMOTO and Toshitaka USHIRO

Key words: Vegetable crops, Available phosphate, Water-soluble phosphate, Yield