

# 黒ボク土における土壤中リン酸と作物の生育に関する研究

## 第1報 作物生育に対する可給態リン酸濃度こう配の影響

亀和田國彦・岩崎 秀穂\*・粕谷 光正・佐藤 文政

### I 緒 言

リンは植物にとって最も重要な元素の一つであり、農業生産活動においても窒素、カリウムと共に肥料として多量に施用されている。かつて、耕地土壌の実態調査が実施され、土壌の生産力の大きな阻害要因の一つとして、リン酸低レベル状態が指摘された。特に火山灰由来土壌でのリン酸の非可給化によるリン酸欠乏は、火山灰由来土壌が多く分布する本県の農業生産にとって、重要な問題であった。

このような状況下で、新規造成ほ場を含め、低リン酸ほ場でのリン酸多量施用技術の検討が行われ、成果<sup>1, 10, 12, 17)</sup> が得られると共に、多くの耕地土壌に、多量のリン酸が施用され、土壌肥沃度の向上に貢献した。しかし、近年の土壌調査結果<sup>15)</sup>を見ると普通畑の可給態リン酸含量は、平均値7.0mg/100gで10mg/100g未満の地点が約87%を占めており、このデータからは、作物の種類によっては、いまだリン酸肥沃度の不足が指摘される現状にあると言える。

一方、全国レベルでの土壌中可給態リン酸含量の20年間の変化の取りまとめ<sup>18)</sup>では、特に畑地土壌におけるリン酸含量の増加が指摘され、異状蓄積による生育阻害も危ぐされている。本県においても、たまねぎ連作ほ場でのリン酸多施用によるリン酸の蓄積が報告<sup>7)</sup>されており、

これによると、灰色低地土のたまねぎ耕作ほ場(100地点調査)のうちの99%が可給態リン酸100mg/100gを越え、更に17%が200mg/100gを越えている。

これらリン酸の蓄積は化学肥料や有機質資材の連年多量施用により生じるものと考えられるが、現在まで、リン酸の過剰蓄積が作物の生育にどのような影響を及ぼすのか、またどの程度の蓄積が影響を及ぼすのか必ずしも明らかではない。一方、特に近年、有限なリン酸資源の有効利用及び保護が考慮される中で、各種の生物利用による、土壌蓄積リンの有効利用<sup>4, 13)</sup>も検討されており、これら問題の早期解決が強く望まれている。

そこで、筆者らは、これら問題の解決の資とするため土壌中リン酸濃度の違いに対する各種作物の反応と作物生育に対する可給態リン酸の上限値等に関する試験を実施した。本報ではこのうち1982~1986年に実施した各作物の反応について報告する。

### II 試験方法

#### 1. 供試ほ場

供試ほ場は、表層多腐植質黒ボク土で、表層から約50cm以下は七本桜、今市軽石層になる。母材及び堆積様式は非固結火成岩、風積で、リン酸吸収係数は非常に大きく、試験開始前の理

第1表 供試ほ場の処理前の理化学性

| 項目  | pH  | Truog-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>mg/100g | 置換性塩基mg/100g |     |                  | CEC<br>me/100g | リン酸<br>吸収係数 | 三相分布 % |      |      | 仮比重  |
|-----|-----|------------------------------------------------|--------------|-----|------------------|----------------|-------------|--------|------|------|------|
|     |     |                                                | CaO          | MgO | K <sub>2</sub> O |                |             | 固相     | 液相   | 気相   |      |
| 分析値 | 6.0 | 3.3                                            | 172          | 33  | 16               | 32.4           | 2,340       | 24.6   | 35.3 | 40.1 | 0.50 |

\* 現栃木県普及教育課

栃木県農業試験場研究報告第33号

化学性は第1表に掲げたとおりであった。

## 2. 処理内容

試験区は1.2×2.7 m, 3.24㎡に木枠で仕切り、可給態リン酸目標値を2, 10, 20, 30, 100, 250, 500及び1,000mg/100gとして、重焼リン(混合リン肥)を施用した。処理の深さは15cmとした。30～1,000mg/100gの処理は1980年11月に、2～20mg/100gの処理は1984年4月に行った。さらに、すべての各リン酸水準に対し、標準量施肥を、2～500mg/100gの各リン酸水準にはリン酸無施肥及び標準量+堆肥施用を、また30～1,000mg/100gの各リン酸水準には窒素増加施用の各処理を施した。各処理は2連で実施し、各々のリン酸水準の重焼リン施用量は第2表に、施用重焼リンの分析値は第3表に掲げたとおりである。

1980年11月と1985年11月に処理区間のpHの調整のため苦土炭カルを施用したが、土壤中リン酸含量調整のための試験期間中のリン酸施用は行わなかった。

## 3. 供試作物及び耕種概要

作物の栽培は、1981年4月に作付されたにんじんを第1作として1986年6月に収穫されたた

第2表 土壌へのリン酸処理内容及び施肥区分

| 土 壌 リン 酸 水 準 処 理                                                        |                                            |         | 施 肥 区 分        |            |                    |              |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|----------------|------------|--------------------|--------------|
| 土壌リン酸目標値<br>T <sub>RUOG</sub> P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g) | 添 加 量<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> g/㎡ | 処 理 年 月 | リン<br>無<br>施 用 | 標 準<br>施 用 | 標 準 量 +<br>堆 肥 施 用 | 窒 素 増<br>施 用 |
| 2                                                                       | 0                                          | 1984. 4 | ○              | ○          | ○                  | —            |
| 10                                                                      | 140                                        | "       | ○              | ○          | ○                  | —            |
| 20                                                                      | 250                                        | "       | ○              | ○          | ○                  | —            |
| 30                                                                      | 480                                        | 1980.11 | ○              | ○          | ○                  | ○            |
| 100                                                                     | 850                                        | "       | ○              | ○          | ○                  | ○            |
| 250                                                                     | 1,400                                      | "       | ○              | ○          | ○                  | ○            |
| 500                                                                     | 2,300                                      | "       | ○              | ○          | ○                  | ○            |
| 1,000                                                                   | 3,700                                      | "       | —              | ○          | —                  | ○            |

注1. ○は試験実施, —は未実施

第4表 作物作付経過

| 作付順序 | 供 試 作 物     | 作 型                 | は 種 年 月 | 収 穫 年 月   | 栽 培 様 式                 |
|------|-------------|---------------------|---------|-----------|-------------------------|
| 1    | に ん じ ん     | 春 ま き               | 1981. 4 | 1981. 9   | 露 地 栽 培                 |
| 2    | は う れ ん そ う | 秋 ま き               | " 9     | " 10      | "                       |
| 3    | ト マ ト       | 夏 秋 ど り             | 1982. 5 | 1982. 7~9 | 雨 よ れ 栽 培 (バ イ プ ハ ウ ス) |
| 4    | い ち ご       | ハ ウ ス 半 促 成 (無 加 温) | " 10    | 1983. 4~5 | バ イ プ ハ ウ ス 栽 培         |
| 5    | き ゅ う り     | 抑 制                 | 1983. 7 | 1983. 8~9 | "                       |
| 6    | は う れ ん そ う | 秋 ま き               | 1984. 9 | 1984. 11  | 露 地 栽 培                 |
| 7    | 小 麦         | 普 通                 | " 11    | 1985. 6   | "                       |
| 8    | 大 豆         | "                   | 1985. 7 | " 10      | "                       |
| 9    | た ま ね ぎ     | "                   | " 10    | 1986. 6   | "                       |

まねぎまで、計9作行った(第4表)。1981～1983年の期間中は土壌の可給態リン酸水準30～1,000mg/100gの範囲で栽培した。

各作の施肥量は栃木県施肥基準に、また耕種内容は慣行に従った。施肥の肥料は各作とも硫酸アンモニウム、過リン酸石灰及び硫酸カリを使用した。

## 4. 調査及び分析方法

各作物はその生育量及び収量などを調査し、収穫物は部位別にリン(P)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)及びその他の無機成分の全量分析を行った。これらの無機成分の分析は、硝酸-過塩素酸分解後、Pはバナドモリブデン発色法、K, Ca, Mg, マンガン(Mn)、鉄(Fe)及び亜鉛(Zn)は原子吸光法によった。

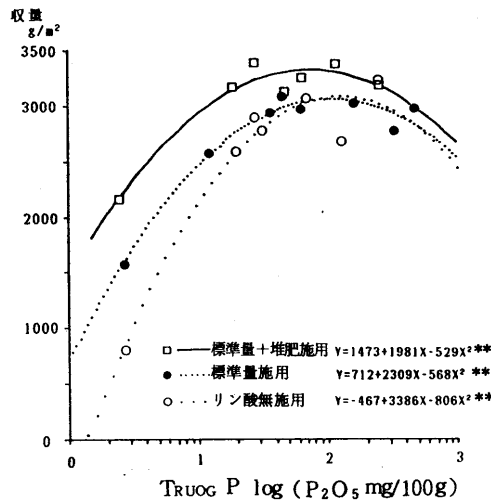
各作収穫のたびに土壌を採取し、風乾後2mmの篩で篩別し、可給態リン酸等の分析を行った。可給態リン酸値はT<sub>RUOG</sub>法(0.02M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1:200, 30分振とう, RERAY-MARPHY 発色法)<sup>16)</sup>によって得た値をもって、これとした。

第3表 46重焼リンの分析値

| 項 目                                 | 分 値 % |
|-------------------------------------|-------|
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (全 量) | 47.0  |
| " (く 溶性)                            | 46.7  |
| " (水 溶性)                            | 36.2  |
| CaO (全 量)                           | 22.0  |
| MgO (全 量)                           | 0.8   |

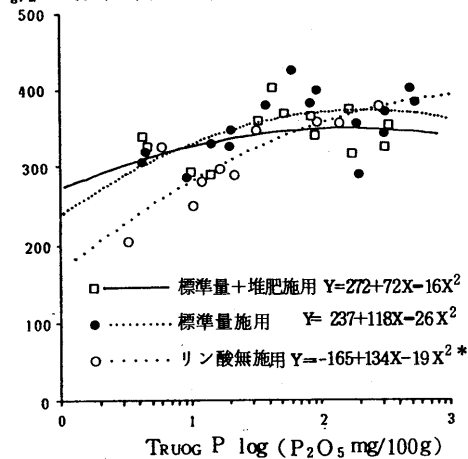
注 小野田化学工業分析

# 黒ボク土における土壤中リン酸と作物の生育に関する研究 (第1報)

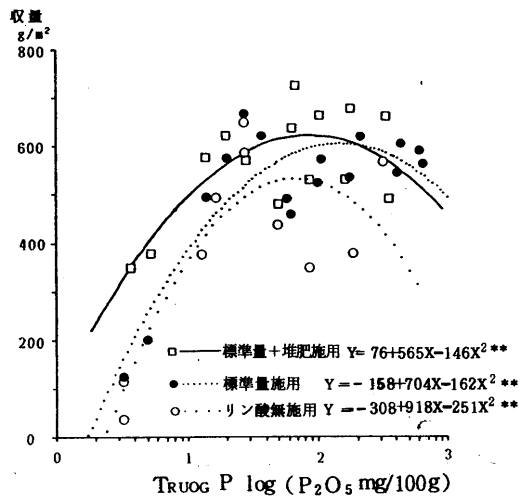


第1図 TRUOG Pとほうれんそう収量との関係

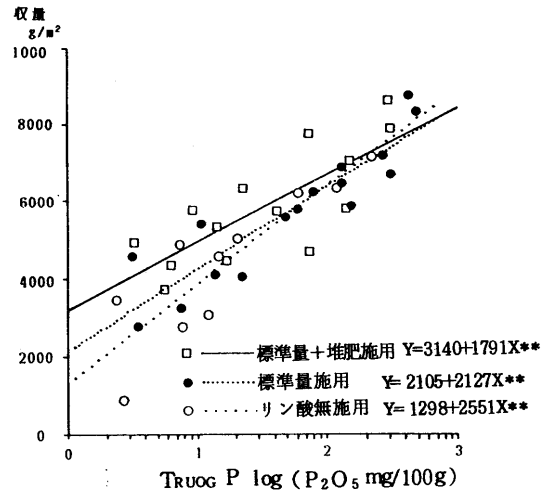
注1. \*\*危険率1%未満で有意  
 \* " 5% " "  
 (以下の図で同じ)



第3図 TRUOG Pと大豆収量との関係



第2図 TRUOG Pと小麦収量との関係



第4図 TRUOG Pとたまねぎ収量との関係

## III 結 果

### 1. 収量及び生育量

#### 1) 収 量

土壤中可給態リン酸濃度とほうれんそう収量との関係は第1図のとおりであった。可給態リン酸低域で収量は低く、可給態リン酸濃度の上昇にしたがって、収量も上昇した。さらに可給態リン酸濃度が上昇するとやがて収量の上昇の程度は緩やかになり、一定の可給態リン酸濃度で、頭打ちとなり、それ以上の可給態リン酸濃

度の上昇は収量をやや低下させるように見えた。小麦、大豆及びたまねぎの収量と可給態リン酸濃度との関係は第2～4図に示した。たまねぎを除く両作物についてもやはりほうれんそうと同様の傾向であった。

これらの可給態リン酸濃度と収量との関係は、近似的に次の式に良く適合した。

$$Y=a+b(\log \cdot X)+c(\log \cdot X)^2 \quad \text{〔式1〕}$$

栃木県農業試験場研究報告第33号

第5表 各作物収量のTRUOG Pに対する回帰式とこれに基づく各値

| 作物名    | 施肥区分 | 回帰式                                     | 最高収量 (100%)                                              |         | 最高収量の95%                                                 |     | 最高収量の85%                                                 |     | 標準化式                                   | 標準化式の各値 |         |      |
|--------|------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------|---------|---------|------|
|        |      |                                         | Y (収量) X (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )<br>g/㎡ mg/100g |         | Y (収量) X (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )<br>g/㎡ mg/100g |     | Y (収量) X (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )<br>g/㎡ mg/100g |     |                                        | 加速度     | X=0での傾き | 最大値  |
| ほうれんそう | 無リン酸 | Y = -467 + 3.386X - 806X <sup>**</sup>  | 3,088                                                    | 126     | 2,933                                                    | 46  | 2,625                                                    | 22  | Y = -0.15 + 1.10X - 0.26X <sup>2</sup> | -0.52   | 1.10    | 1.00 |
|        | 標準量  | Y = 712 + 2.309X - 568X <sup>**</sup>   | 3,058                                                    | 107     | 2,905                                                    | 32  | 2,599                                                    | 13  | Y = 0.23 + 0.75X - 0.18X <sup>2</sup>  | -0.36   | 0.75    | 0.99 |
|        | 堆肥   | Y = 1,472 + 1.981X - 529X <sup>**</sup> | 3,328                                                    | 74      | 3,162                                                    | 20  | 2,829                                                    | 8   | Y = 0.48 + 0.64X - 0.17X <sup>2</sup>  | -0.34   | 0.64    | 1.08 |
|        | 麦    | Y = -308 + 918X - 251X <sup>**</sup>    | 532                                                      | 68      | 506                                                      | 32  | 452                                                      | 19  | Y = -0.58 + 1.73X - 0.47X <sup>2</sup> | -0.94   | 1.73    | 1.00 |
|        | 標準量  | Y = -158 + 704X - 162X <sup>**</sup>    | 605                                                      | 150     | 575                                                      | 55  | 514                                                      | 26  | Y = -0.30 + 1.32X - 0.30X <sup>2</sup> | -0.60   | 1.32    | 1.14 |
|        | 堆肥   | Y = 76 + 565X - 146X <sup>**</sup>      | 622                                                      | 85      | 590                                                      | 30  | 529                                                      | 14  | Y = -0.14 + 1.06X - 0.27X <sup>2</sup> | -0.54   | 1.06    | 1.17 |
| 大豆     | 無リン酸 | Y = 165 + 134X - 19X <sup>**</sup>      | 395                                                      | (3,388) | 375                                                      | 316 | 336                                                      | 56  | Y = 0.42 + 0.34X - 0.05X <sup>2</sup>  | -0.10   | 0.34    | 1.00 |
|        | 標準量  | Y = 237 + 118X - 26X <sup>**</sup>      | 373                                                      | 186     | 354                                                      | 26  | 317                                                      | 6   | Y = 0.60 + 0.30X - 0.07X <sup>2</sup>  | -0.14   | 0.30    | 0.94 |
|        | 堆肥   | Y = 272 + 72X - 16X <sup>**</sup>       | 350                                                      | 178     | 333                                                      | 16  | 298                                                      | 3   | Y = 0.69 + 0.18X - 0.04X <sup>2</sup>  | -0.08   | 0.18    | 0.89 |
| たまねぎ   | 無リン酸 | Y = 1,298 + 2,551X <sup>**</sup>        | 8,000                                                    | 427     | 7,600                                                    | 295 | 6,800                                                    | 145 | Y = 0.16 + 0.32X                       | 0       | 0.32    | 1.00 |
|        | 標準量  | Y = 2,105 + 2,127X <sup>**</sup>        | 8,000                                                    | 589     | 7,600                                                    | 380 | 6,800                                                    | 162 | Y = 0.26 + 0.27X                       | 0       | 0.27    | 1.00 |
|        | 堆肥   | Y = 3,140 + 1,791X <sup>**</sup>        | 8,000                                                    | 513     | 7,600                                                    | 309 | 6,800                                                    | 110 | Y = 0.39 + 0.22X                       | 0       | 0.22    | 1.00 |

注1. 回帰式のYは収量 (g/㎡), XはTRUOG P (log (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mg/100g))  
 2. \*\* は危険率1%未満で有意, \* は危険率5%未満で有意 (以下の図表で同様)  
 3. 標準化式は各作物のリン酸無施用の最高収量を基準とした  
 4. ( ) は試験実施範囲外の値

ここで, Yは収量, Xは可給態リン酸値, a, b及びcは定数及び係数.

本試験の範囲内では, 可給態リン酸高水準での収量の低下を明確には把握できなかった. しかし, 適正水準以上の可給態リン酸濃度は当然, 収量の低下を招くものと判断し, すなわち, 各作物の収量は, 可給態リン酸濃度の対数値に対しおおむね二次曲線を描くものとして以下, この式に基づき, 各作物の可給態リン酸の値に対する反応の特徴について検討した.

第5表に各々の作物の各処理別の回帰式, この式に基づく収量最大値, これを与えるX (可給態リン酸値), 収量最大値の95%及び85%の値, 並びにこれらの収量を与える可給態リン酸値を掲げた. ほうれんそうの標準量施肥で収量最大値は3,058g/㎡であり, これを与える可給態リン酸値は107mg/100g, また, 最大値の95, 85%の収量を与える可給態リン酸値はそれぞれ32, 13mg/100gであった. 小麦は収量最大値が605mg/㎡で, このときの可給態リン酸値は150mg/100g, また, 最大値の95, 85%の値はそれぞれ55, 26mg/100gであった. 同様に大豆の各値は収量最大値373mg/㎡で, 可給態リン酸186

mg/100g, 最大値の95, 85%の可給態リン酸値はそれぞれ26, 6mg/100g, たまねぎは最大値8,000g/㎡で可給態リン酸値は589mg/100g, 95, 85%の値はそれぞれ380, 162mg/100gであった.

さらに各作物の比較を容易にするため, 各回帰式を標準化した (以下, 標準化式という). これは, 各式をその式の最大値で除したもので, これらの式の最大値は, すべて1になる.

$$SY = \frac{a + b(\log \cdot X) + c(\log \cdot X)^2}{Y_{\max}}$$

ここで, SY は標準化した収量, Y<sub>max</sub> は各式の最大値を表す.

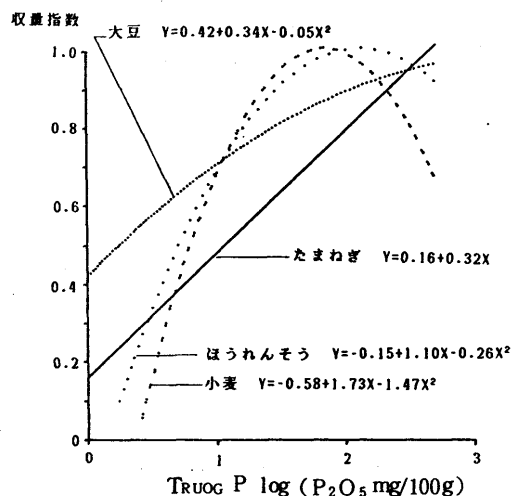
すなわち

$$SY = a' + b'(\log \cdot X) + c'(\log \cdot X)^2 \quad \text{〔式2〕}$$

ここで, a', b'及びc'は定数及び係数を表す. 各作物の標準化式は第5表に掲げた.

たまねぎについては, 先に述べたとおりその関係が直線的で, 直線を回帰させたため収量最大値が求められず, 従って回帰式の標準化もで

# 黒ボク土における土壤中リン酸と作物の生育に関する研究（第1報）

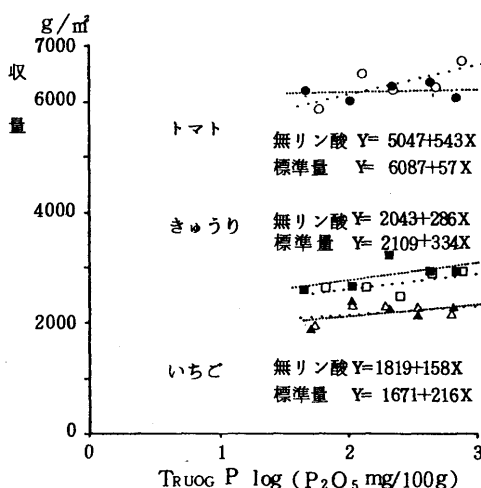


第5図 標準化した回帰曲線

注. 各曲線の施肥区分はリン酸無施用

きなかった。従ってたまねぎは一般的な収量水準を考慮し、8,000g/㎡を最高収量として、回帰式の標準化を実施した。

これら標準化式の加速度及びX=0での傾きについても同表に掲げた。ここでX=0での傾きは、可給態リン酸低水準でのリン酸濃度上昇に対する収量の上昇程度、また、加速度は、収量の上



第6図 TRUOG Pといちご、トマト及びきゅうり収量との関係

昇スピードの減少速度としてとらえられる。

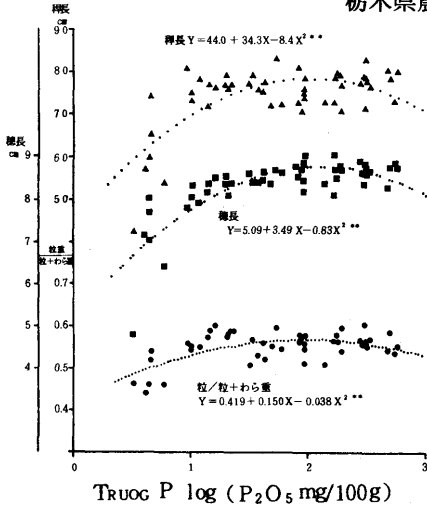
標準量施用の標準化式に基づく曲線を第5図に掲げた。

標準化式は、傾きが大きいものは、加速度の絶対値（以下、加速度の大小関係は絶対値で扱う）も大きく、傾きの小さいものは、加速度も小さい傾向にあり、各作物を標準量施用で比較

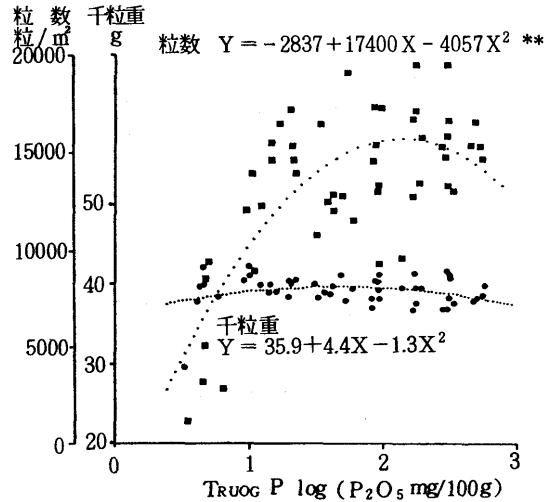
第6表 各作物生育量のTRUOG Pに対する回帰式とこれに基づく各値

| 作物名    | 項目          | 回帰式                                           | 最大値    |                                           | 最大値の95% |                                           | 最大値の85% |                                           | 標準化式                                   | 標準化式の各値 |         |
|--------|-------------|-----------------------------------------------|--------|-------------------------------------------|---------|-------------------------------------------|---------|-------------------------------------------|----------------------------------------|---------|---------|
|        |             |                                               | Y      | X(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) mg/100g | Y       | X(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) mg/100g | Y       | X(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) mg/100g |                                        | 加速度     | X=0での傾き |
| ほうれんそう | 草丈 cm       | Y = 10.3 + 16.0X - 3.9X <sup>2</sup> **       | 27     | 112                                       | 25      | 29                                        | 23      | 11                                        | Y = 0.39 + 0.60X - 0.15X <sup>2</sup>  | -0.29   | 0.60    |
|        | 葉数枚         | Y = 9.02 + 0.17X                              | -      | -                                         | -       | -                                         | -       | -                                         | -                                      | -       | -       |
| 小麦     | 子実+わら重 g/㎡  | Y = -121 + 1,145X - 271X <sup>2</sup> **      | 1,088  | 130                                       | 1,034   | 46                                        | 870     | 22                                        | Y = -0.11 + 1.05X - 0.25X <sup>2</sup> | -0.50   | 1.05    |
|        | 子実重/子実+わら重  | Y = 0.419 + 0.150X - 0.038X <sup>2</sup> **   | 0.57   | 94                                        | 0.54    | 13                                        | 0.46    | 3                                         | Y = 0.74 + 0.26X - 0.07X <sup>2</sup>  | -0.13   | 0.26    |
|        | 穂長 cm       | Y = 44.0 + 34.3X - 8.4X <sup>2</sup> **       | 79     | 110                                       | 75      | 23                                        | 63      | 7                                         | Y = 0.56 + 0.43X - 0.11X <sup>2</sup>  | -0.21   | 0.43    |
|        | 穂数本         | Y = 112 + 323X - 73X <sup>2</sup> **          | 469    | 162                                       | 446     | 45                                        | 375     | 17                                        | Y = 0.24 + 0.69X - 0.16X <sup>2</sup>  | -0.31   | 0.69    |
|        | 穂長 cm       | Y = 5.09 + 3.49X - 0.83X <sup>2</sup> **      | 8.8    | 126                                       | 8.4     | 24                                        | 7.0     | 7                                         | Y = 0.58 + 0.40X - 0.09X <sup>2</sup>  | -0.19   | 0.40    |
|        | 粒数粒/㎡       | Y = -2,837 + 17,400X - 4,057X <sup>2</sup> ** | 15,820 | 138                                       | 15,030  | 50                                        | 13,450  | 24                                        | Y = -0.18 + 1.10X - 0.26X <sup>2</sup> | -0.51   | 1.10    |
|        | 千粒重 g       | Y = 35.9 + 4.4X - 1.3X <sup>2</sup>           | 39.6   | 49                                        | 37.6    | 3                                         | 31.7    | 0.4                                       | Y = 0.91 + 0.11X - 0.03X <sup>2</sup>  | -0.07   | 0.11    |
|        | 集面積指数       | Y = 3.18 + 0.35X*                             | -      | -                                         | -       | -                                         | -       | -                                         | -                                      | -       | -       |
| 大豆     | 粒+さや+莢重 g/㎡ | Y = 457 + 118X - 16.9X <sup>2</sup> **        | 663    | (3,090)                                   | 630     | 123                                       | 530     | 12                                        | Y = 0.69 + 0.18X - 0.03X <sup>2</sup>  | -0.05   | 0.18    |
|        | 主莢長 cm      | Y = 37.8 + 12.2X - 2.3X <sup>2</sup> **       | 54     | 447                                       | 51      | 37                                        | 43      | 6                                         | Y = 0.70 + 0.23X - 0.04X <sup>2</sup>  | -0.09   | 0.23    |
|        | 主莢節数        | Y = 10.7 + 0.68X - 0.10X <sup>2</sup> **      | 11.9   | (2,512)                                   | 11.3    | 9                                         | 9.5     | 0.2                                       | Y = 0.90 + 0.06X - 0.01X <sup>2</sup>  | -0.02   | 0.06    |
|        | 分枝数本        | Y = 3.02 + 0.80X - 0.20X <sup>2</sup> **      | 3.8    | 100                                       | 3.6     | 10                                        | 3.0     | 2                                         | Y = 0.79 + 0.21X - 0.05X <sup>2</sup>  | -0.10   | 0.21    |
|        | さや数個        | Y = 848 + 131X - 7.38X <sup>2</sup> **        | 1,429  | (10 <sup>4.9</sup> )                      | 1,358   | (10 <sup>3.8</sup> )                      | 1,143   | (3,090)                                   | Y = 0.59 + 0.09X - 0.01X <sup>2</sup>  | -0.01   | 0.09    |
|        | 粒数粒/㎡       | Y = 1,091 + 370X - 61.4X <sup>2</sup> **      | 1,648  | 1,023                                     | 1,566   | 71                                        | 1,401   | 10                                        | Y = 0.66 + 0.22X - 0.04X <sup>2</sup>  | -0.07   | 0.22    |
|        | 百粒重 g       | Y = 22.0 + 1.41X - 0.37X <sup>2</sup> **      | 23.3   | 81                                        | 22.1    | 1                                         | 18.6    | 0.1                                       | Y = 0.94 + 0.06X - 0.02X <sup>2</sup>  | -0.03   | 0.02    |
|        | 腐敗率         | Y = 0.162 + 0.071e <sup>0.87X</sup>           | -      | -                                         | -       | -                                         | -       | -                                         | -                                      | -       | -       |
| たまねぎ   | 緑色葉長 cm     | Y = 0.34 + 2.26X**                            | -      | -                                         | -       | -                                         | -       | -                                         | -                                      | -       | -       |
|        | 草丈 cm       | Y = 42.3 + 21.6X - 4.09X <sup>2</sup> **      | 99     | 437                                       | 94      | 51                                        | 79      | 11                                        | Y = 0.60 + 0.31X - 0.06X <sup>2</sup>  | -0.12   | 0.31    |
|        | 葉数枚         | Y = 5.04 + 2.37X - 0.58X <sup>2</sup> **      | 7.5    | 110                                       | 7.1     | 17                                        | 6.0     | 4                                         | Y = 0.68 + 0.32X - 0.08X <sup>2</sup>  | -0.16   | 0.32    |

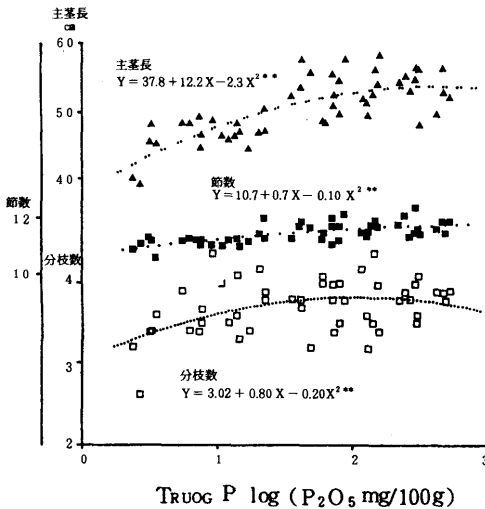
注. 小麦及び大豆の粒数は子実重/粒重により求めた値



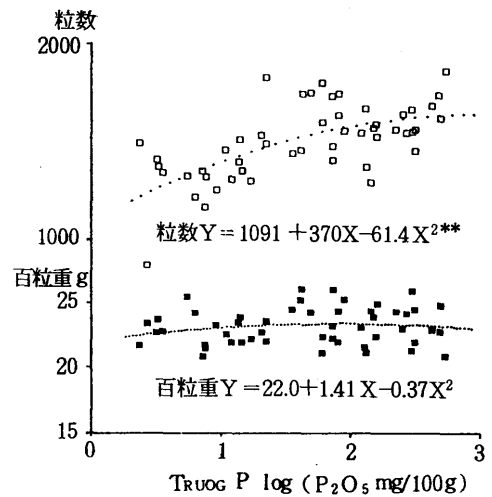
第7図 TRUOG Pと小麦の各生育量との関係



第8図 TRUOG Pと小麦収量構成要素との関係



第9図 TRUOG Pと大豆の各生育量との関係



第10図 TRUOG Pと大豆収量構成要素との関係

すると、両値ともに小麦が最も大きく、加速度が0.6、傾きが1.32であった。両値が最も小さかったのはたまねぎで、加速度が0、傾きが0.27であった。

各作物においてリン酸無施用に比べ標準量施肥及び堆肥施用でその収量は最大値の左側で常に標準量施用がリン酸無施用を、堆肥施用が標準量施用を上回っており、傾き及び加速度はリン酸無施肥でより大きくなる傾向であった。これらの各施肥区分間の差は、可給態リン酸の低

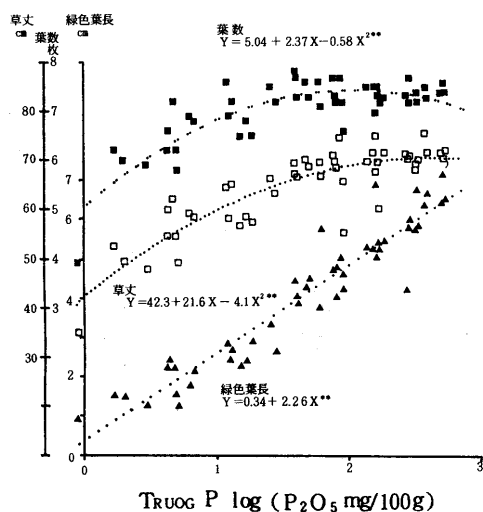
い水準で大きく、収量最大値に近づくに従って、小さくなる傾向にあった。

いちご、トマト及びきゅうりの収量と可給態リン酸との関係を第6図に掲げた。この3種の作物に対しては、可給態リン酸30mg/100g以上の範囲での実施で、各作物ともやや右上がりの回帰直線が得られたが、回帰式の有意性は認められず、収量のピークも明らかでなかった。

## (2) 生育量

小麦の各生育量と可給態リン酸濃度との関係

黒ボク土における土壌中リン酸と作物の生育に関する研究（第1報）



第11図 TRUOG Pとたまねぎの各生育量との関係

を第7, 8図及び第6表に掲げた。その傾向は、各項目ともおおむね収量と同様であったが穂数及び粒数を除く各項目は収量に比べ、ばらつきが小さく、また可給態リン酸濃度のごく低い水準のもの以外は、その値の可給態リン酸水準間の差が小さかった。各々の最大値を与える可給態リン酸値は、粒+わら重130, 稈長110, 穂長126, 穂数162, 粒数138, 千粒重49, また粒重/粒+わら重は94mg/100gであった。

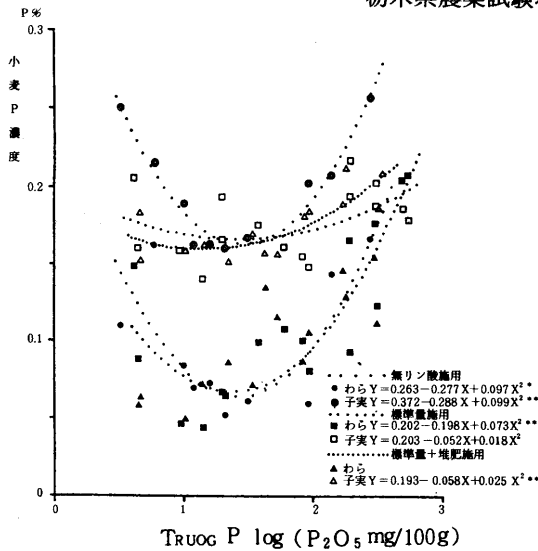
大豆の生育量と可給態リン酸値との関係は、第9, 10図及び第6表に掲げた。大豆についても各項目はやはり、収量と同様の傾向であった。各項目の最大値を与える可給態リン酸値は、粒+さや+茎重>1,000(3,090), 主茎長447, 主

第7表 TRUOG P及び植物体中濃度と各作物部位別成分濃度との相関係数

| 作物    | 部位  | 関係項目    | N      | P       | K        | Ca      | Mg       | Mn       | Fe      | Zn       |
|-------|-----|---------|--------|---------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|
| トマ    | 葉部  | TRUOG P | 0.435  | 0.879** | -0.595** | 0.578*  | -0.458   | 0.144    | -       | -0.462   |
|       |     | 葉部 P    | 0.362  |         | -0.425   | 0.445   | -0.184   | -0.108   | -       | -0.627** |
|       | 茎部  | TRUOG P | 0.287  | 0.953** | 0.417    | 0.235   | -0.755** | -0.108   | -       | -0.463   |
|       |     | 茎部 P    | 0.444  |         | 0.363    | 0.255   | -0.631** | 0.019    | -       | -0.433   |
|       | 果実  | TRUOG P | 0.017  | 0.812** | -0.279   | 0.330   | -0.105   | 0.219    | -       | 0.643**  |
|       |     | 果実 P    | -0.012 |         | 0.168    | 0.313   | 0.212    | 0.168    | -       | 0.367    |
| いちご   | 葉部  | TRUOG P | 0.579* | 0.920** | -0.851** | 0.038   | 0.347    | 0.407    | -       | -0.389   |
|       |     | 葉部 P    | 0.378  |         | -0.767** | 0.083   | 0.239    | 0.365    | -       | -0.444   |
|       | 果実  | TRUOG P | 0.479* | 0.812** | -0.408   | -0.072  | 0.716**  | 0.448    | -       | -0.446   |
|       |     | 果実 P    | 0.532* |         | -0.152   | 0.052   | 0.682**  | 0.202    | -       | -0.277   |
|       | 葉部  | TRUOG P | -0.161 | 0.931** | -0.233   | 0.228   | 0.087    | 0.183    | -       | -0.353   |
|       |     | 葉部 P    | -0.132 |         | -0.107   | 0.400   | 0.242    | 0.181    | -       | -0.121   |
| きゅうり  | 茎部  | TRUOG P | -0.070 | 0.787** | -0.500*  | -0.087  | 0.258    | 0.030    | -       | 0.008    |
|       |     | 茎部 P    | -0.256 |         | -0.588*  | -0.202  | 0.493*   | -0.016   | -       | -0.011   |
|       | 果実  | TRUOG P | 0.143  | 0.868** | -0.393   | 0.454   | 0.251    | 0.104    | -       | -0.442   |
|       |     | 果実 P    | 0.431  |         | -0.111   | 0.213   | 0.339    | 0.166    | -       | -0.280   |
|       | 地上部 | TRUOG P | -      | 0.845** | -0.301   | 0.289   | 0.280    | -0.788** | 0.019   | -        |
|       |     | 地上部 P   | -      |         | -0.189   | 0.159   | 0.243    | -0.802** | 0.025   | -        |
| ほうれんそ | 根部  | TRUOG P | -      | 0.627** | -0.124   | -0.213  | 0.327    | -        | -       | -        |
|       |     | 根部 P    | -      |         | 0.364    | 0.325   | 0.867**  | -        | -       | -        |
|       | 葉部  | TRUOG P | -      | 0.654** | 0.070    | 0.312*  | -0.046   | -        | -0.222  | 0.340*   |
|       |     | 葉部 P    | -      |         | 0.251    | 0.473*  | 0.289*   | -        | 0.312*  | 0.406**  |
|       | 子実  | TRUOG P | -      | 0.272   | -0.070   | 0.214   | -0.149   | -        | 0.209   | -0.594** |
|       |     | 子実 P    | -      |         | 0.861**  | 0.636** | 0.838**  | -        | 0.551** | 0.480**  |
| 大豆    | 茎部  | TRUOG P | -      | 0.679** | -0.545** | 0.040   | 0.736**  | -0.313*  | -0.173  | 0.274    |
|       |     | 茎部 P    | -      |         | -0.345*  | 0.220   | 0.595**  | -0.162   | -0.103  | 0.008    |
|       | さや  | TRUOG P | -      | 0.721** | 0.520**  | -0.212  | 0.290*   | -0.250   | 0.012   | 0.189    |
|       |     | さや P    | -      |         | 0.417**  | 0.000   | 0.122    | 0.049    | -0.013  | 0.093    |
|       | 子実  | TRUOG P | -      | 0.642** | 0.306*   | 0.739** | 0.533**  | 0.540**  | 0.320** | 0.209    |
|       |     | 子実 P    | -      |         | 0.435**  | 0.426** | 0.720**  | 0.500**  | 0.168   | 0.111    |
|       | 葉部  | TRUOG P | -      | 0.786** | -0.814** | -0.144  | -0.362** | -        | 0.466** | 0.339*   |
|       |     | 葉部 P    | -      |         | -0.758** | -0.179  | -0.168   | -        | 0.639** | 0.402**  |
|       | 球部  | TRUOG P | -      | 0.456** | -0.489** | -0.111  | -0.295   | -        | 0.229   | -0.051   |
|       |     | 球部 P    | -      |         | 0.054    | 0.247   | 0.264    | -        | 0.047   | 0.126    |

注1. TRUOG Pは対数値との相関係数

2. — は未検討



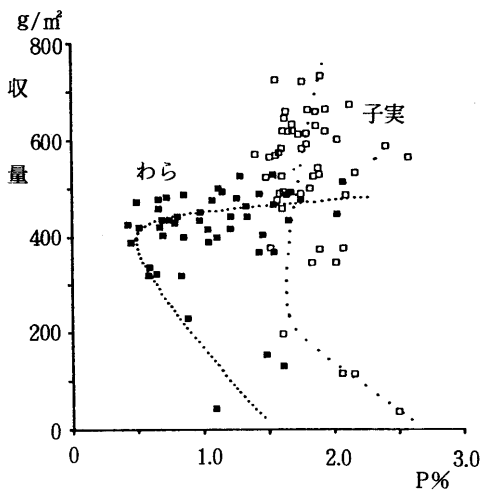
第12図 TRUOG Pと小麦P濃度との関係

節数>1,000(2,512),分枝数100,さや数>1,000 ( $10^{8.9}$ ),粒数>1,000(1,023),また百粒重81 mg/100gであった。

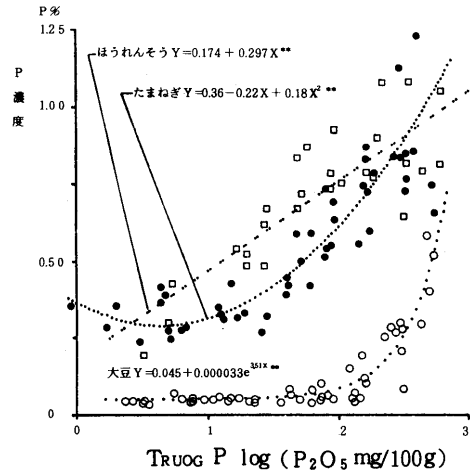
たまねぎの各生育量と可給態リン酸濃度との関係は、第11図及び第6表に掲げた。第11図に掲げた緑部葉長は冬期間に、枯れ残っている葉の長さで、この項目についてもやはり明確に可給態リン酸濃度の高いほど大きい値であった。

## 2. 無機成分含有率及び吸収量

### (1) リン



第14図 小麦のP濃度と収量との関係



第13図 TRUOG Pとほうれんそう地上部、大豆茎部及びたまねぎ葉部P濃度との関係

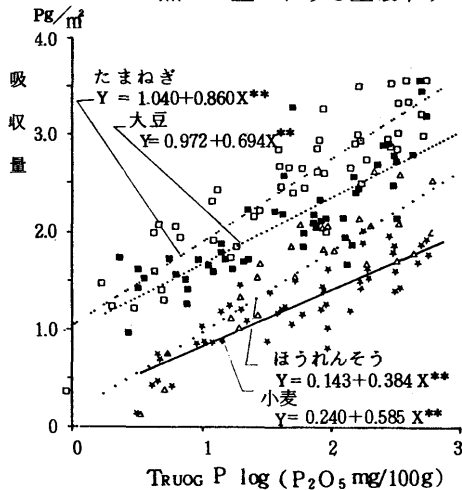
可給態リン酸濃度と各作物収穫物中の無機成分濃度との相関係数を第7表に掲げた。またこのうち特に小麦の地上部のP濃度と可給態リン酸濃度との関係を第12図に、ほうれんそう、大豆及びたまねぎのP濃度を第13図に示した。

可給態リン酸濃度と作物体P濃度との関係はほとんどの作物で有意な正の相関係数が得られ、各作物とも可給態リン酸濃度が上昇するにしたがって、P濃度は上昇する傾向にあった。しかし各作物でそのパターンは異なっており、小麦においては一定の可給態リン酸値以下で、粒及びわら中のP濃度が上昇した。わらにおけるこの動きを二次曲線に回帰させたときの最低値は、標準量施肥で作物体中P 0.08%, 可給態リン酸濃度は15mg/100gであった。また大豆の茎の反応は、一定の可給態リン酸値以下では、P濃度の増域がみられず、このときの茎中P濃度は約0.045%で、P濃度が急に上昇を始める可給態リン酸濃度は100~200mg/100gであった。

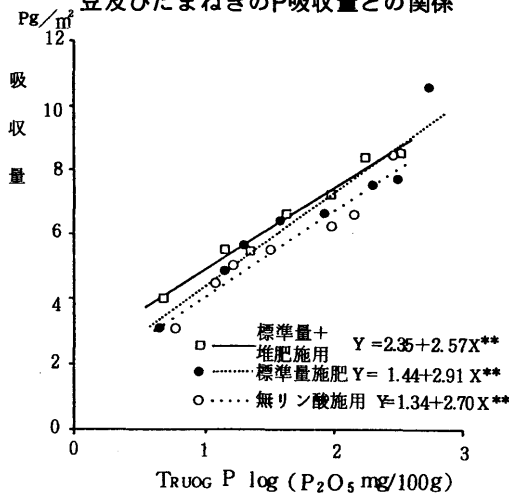
小麦の子実及びわらの収量と各々のP濃度との関係を第14図に掲げた。可給態リン酸濃度の低下で植物体中P濃度が上昇するのを受けて、各値の分布は折れ曲がった形となった。

各作物のP吸収量と可給態リン酸濃度との関

黒ボク土における土壌中リン酸と作物の生育に関する研究 (第1報)



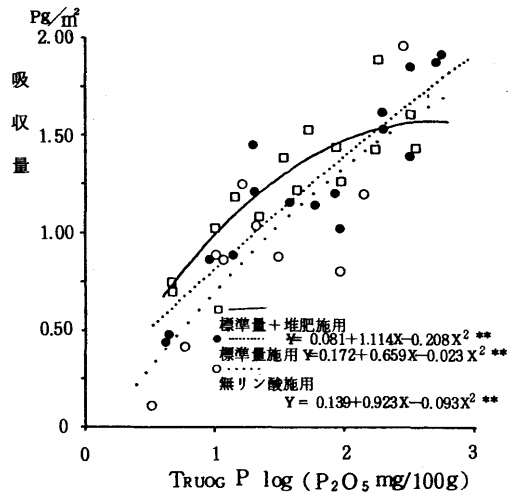
第15図 TRUOG Pとほうれんそう、小麦、大豆及びたまねぎのP吸収量との関係



第17図 TRUOG PとP吸収量 (ほうれんそう、小麦、大豆及びたまねぎ合計) との関係

小麥、大豆及びたまねぎ合計) との関係

係を、第15図に掲げた。各々の吸収量は可給態リン酸濃度の上昇に従い上昇した。収量の最大値以上の可給態リン酸濃度条件では、収量の低下にともない、吸収量は低下するはずであるが、本試験の範囲では、その上昇の程度は、各作物とも収量のそれに比べて、より直線的であった。可給態リン酸低水準でP濃度が上昇した小麦について施肥区分別に見ても可給態リン酸濃度低水準での吸収量の上昇は見られなかった (第16図)。

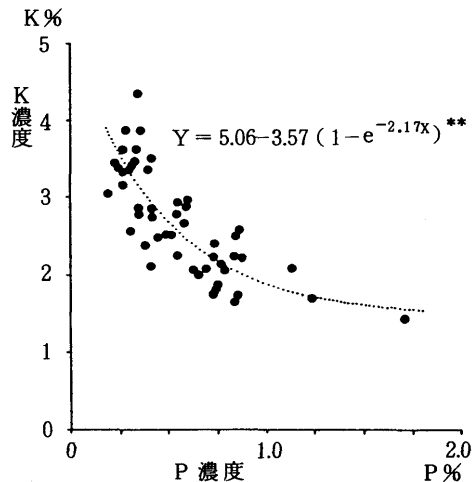


第16図 TRUOG Pと小麦P吸収量との関係

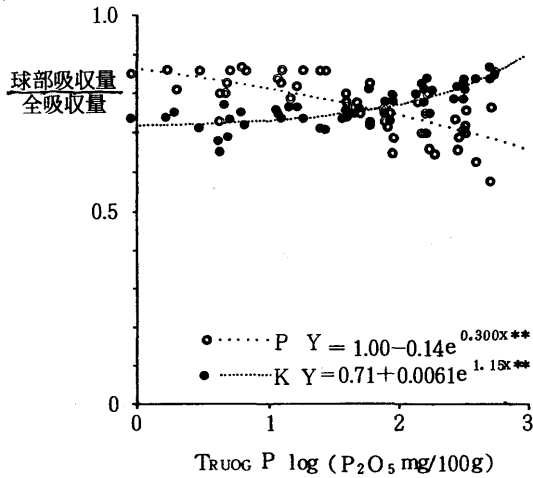
ほうれんそう、小麦、大豆及びたまねぎのP吸収量の合計と可給態リン酸濃度の関係を第17図に掲げた。吸収量はやはり可給態リン酸濃度こう配に対し、直線的な関係にあった。

(2) その他の無機成分

小麦及び大豆の子実における各無機成分濃度は、P濃度に対し正の相関が見られ、大豆の鉄と亜鉛を除く各成分は、P濃度との相関について、1%未満の危険率でその有意性が認められた。

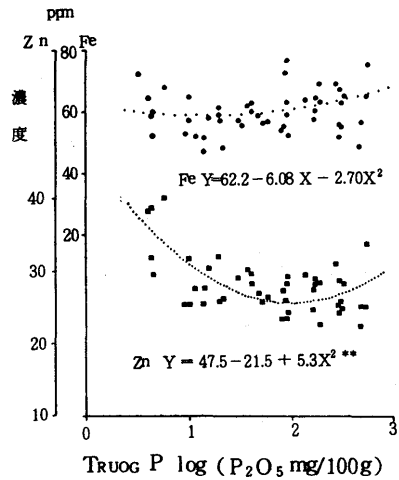


第18図 たまねぎ葉のP濃度とK濃度との関係



第19図 TRUOG PとたまねぎP、K吸収量の球部割合との関係

大豆の各収穫物のK濃度は、茎において可給態リン酸及び茎中P濃度の上昇に従いその含量は低下するのに対し、さや及び子実では、上昇する傾向にあった。K濃度については、他にトマト、いちご及びきゅうりの茎葉部で、可給態



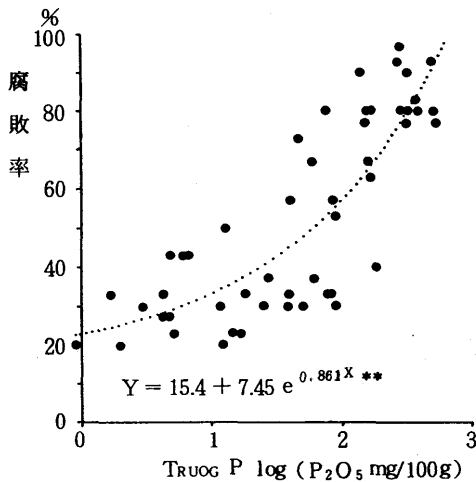
第20図 TRUOG Pと小麦子実中Fe、Zn濃度との関係

リン酸濃度と負の相関が認められた。たまねぎの球部での両項目の関係は明かではなかったが、葉においては第18図に掲げたとおり可給態リン酸及び葉中P濃度の上昇に従って、Kは低下する傾向にあった。Kの吸収量の葉部と球部の割合は第19図に掲げたとおりで、可給態リン酸高水準で球部の割合が上昇する傾向にあった。

小麦の子実中Fe及びZn含有率と可給態リン酸濃度との関係を第20図に掲げた。これらもPと同様の傾向で、可給態リン酸濃度の低下と上昇により、植物体中濃度が上昇し、P濃度との関係を見ると、何れもPと同じ動きをした。

### 3. たまねぎの貯蔵後の腐敗率

夏期期間の約5カ月間のたまねぎのつり下げ貯蔵後の腐敗率と可給態リン酸含量との関係は第21図及び第8表に示した。腐敗率は土壤中可給態リン酸の上昇に従い、収量と並行的に、上昇した。たまねぎ球部P濃度との関係でも、正の相関係数が得られたが、直線的な関係ではなかった。



第21図 TRUOG Pとたまねぎ腐敗率との関係

第8表 たまねぎ貯蔵後の腐敗率と各項目との相関係数

| 項目   | TRUOG P 収量 | 球部無機成分濃度 |         |         |        |        |        |
|------|------------|----------|---------|---------|--------|--------|--------|
|      |            | P        | K       | Ca      | Mg     | Fe     | Zn     |
| 相関係数 | 0.795**    | 0.849**  | 0.485** | 0.405** | -0.188 | -0.203 | -0.049 |

注 TRUOG Pは対数値との相関係数

#### IV 考 察

各種養分の土壤中濃度の上昇は、植物の生育を向上させ、最適値以上の濃度で植物生育を低下させることは、一般に良く知られている。しかしリン酸は特に黒ボク土においてその過剰害が明らかではなく、耕地の管理に当たっての上限基準値が明らかではなかった。本試験においても可給態リン酸  $700\text{mg}/100\text{g}$  程度までの水準で明らかな収量の低下は認められなかったが、可給態リン酸濃度と作物生育との関係が二次曲線に良く適合することを見出し、これによって、可給態リン酸濃度の上限値を明らかにした。この二次曲線は、近似的なものであるが、作物生育に良く適合したので、可給態リン酸の上限値、適正範囲などの算出、可給態リン酸濃度と作物生育の関係についての作物間又は施肥区分間などの比較に有効であると判断し、これを適用した。さらにこれらの式の比較を容易にするため、収量に関する回帰式については各式の最大値が1になるように各定数及び係数を補正し、式を標準化した。

回帰式の最大値を与える可給態リン酸値は、当該作物にとって、最も望ましいリン酸濃度であり、これを各作物の無リン酸施用で比較すると、ほうれんそう 126、小麦 68、大豆  $> 1,000$  (3,388)、たまねぎは  $> 427\text{mg}/100\text{g}$  であった。これらの値は、これ以上の可給態リン酸濃度の増加は、収量の低下をもたらす値であり、当該作物にとっての可給態リン酸濃度の“絶対上限値”としてとらえられる。

また標準量施用において収量最大値の95%の値を与える可給態リン酸濃度は、ほうれんそう 32、小麦 55、大豆 26、たまねぎ  $380\text{mg}/100\text{g}$  であった。これらの値は、通常の栽培は場での土壤管理における可給態リン酸存在量として満足すべき値と考え、“適正上限値”ととらえられよう。同じく収量最大値の85%の可給態リン酸濃度を“適正下限値”と考えると、この値は、

ほうれんそう 13、小麦 26、大豆 6、たまねぎ  $162\text{mg}/100\text{g}$  であった。この“適正上限値”と“適正下限値”との間が当該作物の適正範囲となるが、ほうれんそう、小麦及び大豆では  $6\sim 55\text{mg}/100\text{g}$  の範囲にあるのに対し、たまねぎは  $162\sim 380\text{mg}/100\text{g}$  と極めて大きな値で、リン酸要求量が特に大きい。

いちご、トマト及びキュウリは、可給態リン酸濃度低水準での結果が得られず、収量のピークは明らかでなかったが、 $50\sim 600\text{mg}/100\text{g}$  で収量の大きな増減はないと判断される。

各収量水準に対応する可給態リン酸値について作物間の比較をすると、たまねぎは常に最も大きかったが、他の作物ではその大小関係は異なっている。これは、各作物の曲線の形が一樣ではないことに起因し、この違いは、標準化式の加速度及び  $X=0$  での傾き等によりとらえられる。やはり標準量施用で比較すると、たまねぎを除く3作物の中で加速度、 $X=0$  での傾きともに小麦が最も大きく、それぞれ 0.60、1.32 であった。一方、大豆は両値とも最も小さくそれぞれ 0.14、0.30 であった。つまり小麦は可給態リン酸低水準における可給態リン酸濃度の上昇でその収量は急速に上昇し、収量最大値付近で鋭いピークを描いて収量は下降する。大豆は、これと対照的であり、ほうれんそうはこの中間的な動きをすることが認められた。

可給態リン酸濃度こう配に対する各生育量の反応は、小麦の茎数、大豆の分枝数など多くの項目で、収量と同様の傾向を示し、さらに、多くの項目で収量に比べ、ばらつきが小さかった。小麦の各生育量の最大値を与える可給態リン酸値は、千粒重で  $49\text{mg}/100\text{g}$  とやや低かったが、他の項目は  $94\sim 162\text{mg}/100\text{g}$  の範囲にあり、おおむね収量と同様の値にあった。更に各項目の標準化式の加速度及び  $X=0$  での傾きを比較すると、千粒重が最も小さく、粒数が最も大きかった。この2項目は小麦の収量に直接関与す

る要因であり、可給態リン酸濃度こう配の影響は、千粒重で最も小さく、粒数で最も大きいと判断され、小麦収量に対する可給態リン酸濃度こう配の影響には粒数の増減の影響が大きく作用したと考えられる。

大豆について同様に収量構成要素である粒数と百粒重について比較すると、やはり粒重の影響は小さく、粒数の影響が大きいとみられた。

ほうれんそうの各施肥別の回帰式を比較すると、その曲線は収量最大値の手前で標準量施用では無リン酸施用の上方に、堆肥施用では更にその上方に位置し、したがって同一の可給態リン酸水準での収量は堆肥>標準量>無リン酸施用の順に高かった。また同収量を得るための可給態リン酸値は標準量施用に比べ堆肥施用で低く、無リン酸施用でより高かった。小麦、大豆及びたまねぎでもこの傾向は同様であった。

ほうれんそうの各施肥別の標準化式の加速度及び $X=0$ での傾きを比較すると、加速度、 $X=0$ での傾きともに無リン酸で最も大きく、堆肥施用で最も小さかった。他の3作物でもおおむね同様の傾向であり、無リン酸施用では標準量及び堆肥施用に比べ、可給態リン酸低域でのリン酸濃度こう配に対する反応が敏感であると解釈される。

また無リン酸に対する標準量及び堆肥施用の差は、可給態リン酸低水準ほど大きかったことから、可給態リン酸濃度が低いほどリン酸施肥、堆肥施用の効果が大きいと判断できる。<sup>32</sup>Pを使った土壤中の可給態リン酸各水準に対するリン酸施用の効果判定の試験では、可給態リン酸高水準ほど施肥リン酸の利用率和効果が小さくなったと報告<sup>9)</sup>されており、施肥リン酸の効果については本試験の結果に一致すると思われる。

大豆に対し灰色低地土で実施された群馬農試の報告では可給態リン酸10~20mg/100gが適正範囲で、40~80mg/100gが上限値であるとされ、また兵庫農試<sup>3)</sup>の灰色低地土では80~120

mg/100gが最適値で、200mg/100g以上で収量の低下が認められた。ほうれんそうに対する静岡農試<sup>11)</sup>の灰色低地土での結果では100mg/100gで収量増加停止、300mg/100gで減少開始が報告され、北海道の疑似グライ土、泥炭土及び褐色低地土でピークは70~150mg/100gとする報告<sup>14)</sup>がある。これらの結果は、大豆については先に述べた本試験の値に比べ、かなり小さいもので、一方、ほうれんそうについてはおおむね本試験の結果と同様の値と見える。しかし、本試験では、可給態リン酸高水準での明確な収量の減少がみられなかったことから、特に可給態リン酸高水準での反応に違いがあると考えられる。

また北海道におけるたまねぎに対する調査結果<sup>5)</sup>では、褐色低地土で70~100mg/100g、灰色低地土及び泥炭土では140mg/100g程度が最適値で、その前後で球の肥大が抑制されたとされた。この結果についても本試験のたまねぎ収量に試験の範囲内で上限値が確認できなかったことに比較すると、かなり低い可給態リン酸濃度で上限値が生じたと判断できる。

灰色低地土と黒ボク土との土壤溶液中P濃度の比較をした加藤らの報告<sup>8)</sup>によれば、 $\text{Truog P}$ の増加に伴い、特に土壤中リン酸高水準で、その溶液中P濃度は灰色低地土が黒ボク土より高くなっている。この様に土壤によって作物反応が変わるのは、土壤中リン酸の存在形態の違いによって土壤溶液中P濃度に違いが生じるからと推察される。更にこの報告<sup>8)</sup>では黒ボク土の溶液中P濃度は、非晶質リン酸アルミニウム-リン酸カルシウム系により説明されるとし、この場合、pH6付近でP溶解度の上限は $10^{-4}$ M付近にあり、分析値もこの値を上限値としたとしている。土壤のリン酸含量の上限値を作物に対する生育阻害という意味で考える場合、各作物の上限値は溶液中Pイオン濃度に対する抵抗性としてとらえられ、溶液中P濃度 $10^{-4}$ Mで生育

## 黒ボク土における土壌中リン酸と作物の生育に関する研究（第1報）

阻害が生じない作物では、黒ボク土の先に示した系によりP濃度が規定される範囲内では、生育低下が認められる上限値は存在しないことになる。

各作物の各部位のP濃度は、可給態リン酸濃度こう配に反応した。この両者の関係は、作物または部位により異なっている。

小麦のわら及び子実中P濃度と可給態リン酸濃度との関係を、施肥別にみると、可給態リン酸低濃度での作物体中P濃度の上昇程度は無リン酸施用で最も大きく、堆肥施用で最も小さく、回帰させた二次曲線のカーブが緩やかであった。この関係は、可給態リン酸低水準での収量の低下の程度が堆肥施用で小さかったのに関係するように見え、ほうれんそうの葉部を含め、可給態リン酸低水準での作物体中P濃度の上昇は、生育量の極端な悪化によると考えられる。この現象を含め、可給態リン酸濃度こう配に対する作物中P濃度の変化パターンの違いは、各作物の特性の違いと考えられる。

小麦の作物体中P濃度と収量との関係を見ると、特定の作物体中P濃度は、2水準の収量を与えており、少なくとも、土壌中可給態リン酸低濃度状態で作物体中のP濃度が収量を律しているとは考えにくく、作物体中P濃度が生育量と土壌中可給態リン酸濃度に律せられると考えるのが妥当であろう。

小麦と大豆の子実中のP濃度と、他の無機成分濃度との関係を見ると、多くの成分で、正の相関が認められている。また、大豆の部位別のP濃度または可給態P濃度とK濃度との関係を見ると、茎では、それぞれに負の相関が、さや及び子実では、それぞれに正の相関が認められた。一般に植物体内中でP及びKは移動しやすい無機成分で、特にPは細胞分裂の盛んな部位に集中し、成熟期には子実の成熟に伴い子実部に転流、蓄積されると言われる<sup>2)</sup>。大豆及び小麦の子実部で、PとKの濃度間には正の相関が

認められ、成熟期にはPの転流に対してKがなんらかの関係をもって転流したと考えられる。可給態リン酸高水準条件下での成熟期前の作物体茎葉中Pは高濃度で存在するのに対し、Kは可給態リン酸低水準のものと同水準であると考えられる。この状態で開始される成熟期のPとKの転流の過程で茎葉部のK濃度が低下し、この結果、茎葉部のK濃度はP転流量の多いものほど低くなり、茎葉部のK濃度はP濃度に対し負の相関が生じたと推察される。

ここに推論した現象は、各無機成分の部位別保有量の経時適把握により一層明らかになると思われるが、たまねぎにおいても葉部でのKとP濃度との明瞭な負の相関が認められている。これらのPとKの吸収、転流の関係を更に吸収量の部位別バランスでみると、可給態リン酸濃度の上昇にともない、Pの葉部含有率は高くなるがKのそれは低くなる傾向にあり、成熟期のP転流に伴う、茎葉部でのK含量の低下と推察される。

さらに作物体中無機成分濃度の間関係を見ると、小麦のわら、子実、大豆の子実及びたまねぎの葉部などで、Fe、ZnとPとの正の相関がみられた。土壌中の可溶性Fe濃度は可給態リン酸高水準で低下するにもかかわらず、作物体中Fe濃度は増加しており、これらの成分もPの吸収、転流に関係すると考えられる。

灰色低地土で大豆に対して実施された試験<sup>3)</sup>で、可給態P濃度高水準で、Zn吸収が低下し、可給態リン酸高水準での収量低下は、Zn欠乏によると判断している。本試験ではトマト、いちご及びきゅうりの各部位で負の相関係数が得られたが、多くの項目でばらつきが大きく、有意性は認められなかった。また大豆では負の相関は全く得られず、可給態リン酸高水準でのZn吸収低下は明らかでなかった。

たまねぎは、多くの場合一定期間の貯蔵後に出荷され、貯蔵期間中の腐敗は、収量低下とな

る。たまねぎの貯蔵後の腐敗率は、可給態リン酸に対し、正の相関が認められた。同時に、収量及び球中P濃度とも正の相関が認められた。従って、たまねぎ球腐敗に直接関与する項目は断定できず、特に球中P濃度との関係は直線的ではなくこれによるとは考えにくかった。

## V 摘 要

黒ボク土畑土壌における各種作物の生育及び収量に対する可給態リン酸濃度勾配の影響を明らかにし、適正範囲と上限値を明らかにするため1981年4月から1986年6月まで9作については場試験を実施した。このうち特にほうれんそう、小麦、大豆及びたまねぎの生育反応を中心に取りまとめ、その概要は次のとおりであった。

1. 可給態リン酸濃度上昇に対し、各作物収量は、上昇し、たまねぎを除く3種の作物では特定可給態リン酸濃度以上で、収量が下降する傾向にあった。
2. たまねぎを除く3作物の収量は可給態リン酸濃度の対数値に対し、近似的に二次曲線に良く適合した。たまねぎは、一次式に回帰させた。
3. 回帰式の最大値を収量最大値とし、この値を与える可給態リン酸値を当該作物の絶対上限値と考えた。さらに収量最大値の95%を与える可給態リン酸値を適正上限値、また85%を与える可給態リン酸値を適正下限値とした。ほうれんそうの絶対上限値は、107、適正上限値は32、適正下限値は13mg/100g、同様に小麦はそれぞれ、150、55、26mg/100g、大豆は186、26、6mg/100g、たまねぎは589、380、162mg/100gであった。いちご、トマト及びきゅうりの収量は、可給態リン酸50～700mg/100gの範囲で増減は認められなかった。
4. 各作物の各種生育量についても可給態リン酸濃度との関係は、おおむね収量と同様の傾向がみられ、各項目の最大値は、各作物の上限値に近い値をとるものが多かった。大豆及び小麦

では、収量に対し、粒数の影響が大きかった。

5. 収量の施肥別の回帰式を比較すると、上限値の手前で、標準量施用は無しリン酸の上方に、堆肥施用は標準量の上方に位置し、この順に、同一可給態リン酸濃度に対する収量は高く、また同一収量を与える可給態リン酸濃度は低かった。

6. 灰色低地土で実施された報告に比較すると本試験での上限値などは各々の作物で高く、土壌溶液中P濃度の違いによるものと推察した。

7. 作物体中P濃度は、可給態リン酸濃度の上昇に従い上昇する傾向にあったが、小麦とほうれんそうは、可給態リン酸濃度低域でも上昇する傾向にあった。

8. 各無機成分の子実中濃度の多くは、P濃度と正の相関が認められた。特にK濃度は、小麦、大豆及びたまねぎの、茎葉で負の、子実で正の相関が認められ、成熟期のPの転流に関係すると考えた。

9. たまねぎの腐敗率は可給態リン酸濃度に対し正の相関が認められたが、収量など他の項目とも相関が認められ、原因の特定はできなかった。

## 引 用 文 献

1. 古野昭一郎・茂木惣治：栃木農試研報，8，75～86，（1964）
2. 古谷雅樹・宮地重遠・玖村敦彦編：植物生理学講座，5，254～272（1975）
3. 二見敬三・藤井浩：兵庫農試研報，33，41～52（1983）
4. 堀江秀樹：植生管理科研究成績概要，1，41～49（1987）
5. 岩渕晴郎：北海道立農業試験場報告，51，1～90（1984）
6. 柏倉康光・栗原久義・峰岸恵夫・只木正之・松本泰彦・神保吉春：群馬農試報告，23，41～52（1983）

黒ボク土における土壌中リン酸と作物の生育に関する研究（第1報）

7. 加藤秀正・岡 紀邦・本島俊明：土肥誌, 56, 279～284 (1985)
8. 加藤秀正・岡 紀邦・亀和田國彦：土肥誌, 58, 27～34 (1987)
9. 北村秀教・今泉諒俊：愛知農試, 土壌保全対策資料, 30, 1～29 (1986)
10. 茂木惣治・土山 豊：栃木農試研報, 15, 55～64 (1971)
11. 中神敏・水木順敏・金田雄二：静岡農試研報, 28, 59～66 (1983)
12. 中野政行・橋本俊一・土山 豊：栃木農試研報, 24, 19～31 (1970)
13. 西尾道徳：研究ジャーナル, 10-2, 46～53 (1987)
14. 関口久雄：化成肥料研究会, 化成研, 58-1, 1～11 (1983)
15. 栃木農試研究資料, 18, 1～36, (1983)
16. TRUOG E.: J.Am.Soc. Agron., 22, 874～882 (1930)
17. 土山 豊・鎌田嘉孝：農及園, 47, 39～44 (1972)
18. 吉池昭夫：土肥誌, 54, 255～261 (1983)

Studies on the relation between soil phosphorus and growth of crops in Andosols

(I) Effect of density gradient of available phosphorus  
on the growth of crops

Kunihiko KAMEWADA, Hideho IWASAKI, Mitsumasa KASUYA and Fumimasa SATO

Summary

In order to determine the effect of density gradient of available phosphorus (henceforth abbreviated as P) on the growth of crops, the field experiment using nine species of crops was conducted from April 1981 to June 1986. As the first report the present paper deals with the response to available P of spinach, wheat, soybean and onion.

1. The yield of each crop increased in proportion to the density of available P, though the yield of three species of crops except onion tended to decrease above a particular density of available P.
2. The relation between the common logarithmic value of the density of available P and the yield of three crops except onion was adequately fitted to the quadratic equations, while that of onion was fitted to a simple equation.
3. The absolute upper limits, adequate upper limits and adequate lower limits of available P for each crop were calculated from each regression equation as follows ( $P_2O_5$  mg/100g): spinach, 107, 32, 13; wheat, 150, 55, 26; soybean, 186, 26, 6; onion, 589, 380, 162.

栃木県農業試験場研究報告第33号

4. Absolute upper limits in the present work were higher than those in the previous results obtained from Gray Lowland soils and this differences seemed to be responsible for the difference of the concentration of P in soil-solution.
5. The concentration of P in crops tended to increase in proportion to the density of available P. In spinach and wheat the concentration of P tended to increase even at extremely low level of available P.
6. A significant positive correlation was observed between the concentrations of P and various inorganic components in grains of wheat and soybean and bulbs of onion. It was assumed that the concentration of K in some crops is related to the translocation of P in the plant.
7. A significant positive correlation was observed between the ratio of rotten bulbs of onion and the density of available P.