

# 駒ヶ岳火山灰地における畑地かんがい に関する土壌肥料的研究

## 第2報 かんがい栽培の施肥法と土壌理化学性 の変化について

南 松 雄† 沢 口 正 利†

### SOIL AND MANURE SCIENTIFIC STUDIES ON UPLAND FIELD IRRIGATION IN KOMAGADAKE VOLCANIC ASH DISTRICT

#### II. Manurial effect on the irrigational culture and change of soil productivity

Matsuo MINAMI & Masatoshi SAWAGUCHI

駒ヶ岳火山灰地において、畑地かんがいが粗粒火山性土壌の理化学性におよぼす影響ならびにかんがい栽培と施肥法との関係について検討した結果、かんがいにより、土壌中の磷酸が有効化される利点はあるが有機物の消耗と塩基類の溶脱が大きく、かんがい栽培時の施肥法としては増施の方が良く、特に窒素に重点を置くべきである。また、栽培法としては疎植より密植の方がやや良好である。

#### I 緒 言

前報<sup>7)</sup>において、連続旱天の発生状況と有効根群域内の畑地土壌の水分保有能力の面よりみて、駒ヶ岳火山灰地帯の畑作の安定と計画性のためには、畑地かんがいが重要であることを明らかにした。

一般に、畑地かんがいは土壌の有効水分量を増加し、作物の水分代謝を良好にして、収量の増大と安定をはかることをもっとも大きな目的としている。

しかし、また、畑地かんがいはただ単に、作物に水分を補給して早ばつを防止するという消極的な生産力増進のほかに、地温調節、風蝕防止、養分供給、土壌改善、凍霜害防止<sup>9)10)</sup>等の面でも効果の高いことが報告されており、これらのことがわが国における畑地かんがいの有用性をますます高めているものと思われる。

このように、かんがい施設を持つことによって、従来の耐旱性にしばられた作物栽培から抜け出し、積極的に良質多収の品種を選択して、生産の拡大をはかることができるようになる。

一方、畑地かんがいは原則的には間断かんがいであって土壌水分は周期的に変動し、しかも、畑地かんがいのかん水は Surface Irrigation でも Sprinkler Irrigation でも自然降雨に比べて力学の強度が大きく、土壌の物理性におよぼす影響も当然大きいものと考えられ、また、土壌改善の面より、かんがい水の水質と土壌の性質との関係についても大きな問題を内蔵している。

したがって、本研究では1960年～1964年の5年間にわたり、駒ヶ岳火山灰地において Sprinkler 法による畑地かんがいが粗粒火山性土壌の理化学性におよぼす影響、かんがい栽培と施肥法との関係について検討した結果<sup>8)</sup>を報告する。

なお、試験の実施に際し、ご協力をいただいた元経営部大橋和平科長、森町役場、同地区農業改良普及所の職

† 中央農業試験場

員諸氏に深甚の謝意を表する。

## II 試験方法

本研究を実施した試験地の土壌断面および土壌の理化学性は前報<sup>2)</sup>の Tab. 1~2 に示すとおり、駒ヶ岳火山灰が厚く被覆せる火山性土に属し、粘土および腐植含量がきわめて少ない土壤である。

本研究は次の3項目について実施した。すなわち、

- 1) かんがいと三要素の肥効との関係
- 2) かんがい栽培の施肥法について
- 3) かんがいによる土壌理化学性の変化

まず、1) は畑地かんがいにおける施肥改善の基礎資料をうるため、燕麦、馬鈴薯、大豆の3作物を供試作物として、三要素試験を実施した。

試験区分は、まず、無かんがい系列とかんがい両系列に大別し、それぞれに①無肥料区、②無窒素区、③無磷酸区、④無加里区、⑤三要素

区、⑥堆肥併用区を設置し、各作物に対する施肥量は次のとおりである。すなわち、燕麦—窒素 4.5 kg, 磷酸 7.5 kg, 加里 4.5 kg, 堆肥 1,200 kg/10 a, 馬鈴薯—窒素 7.5 kg, 磷酸 11.0 kg, 加里 9.5 kg, 堆肥 1,800 kg/10 a, 大豆—窒素 1.5 kg, 磷酸 7.5 kg, 加里 4.5 kg, 堆肥 750 kg/10 a である。

2) はかんがい条件下における施肥法について調査するため、馬鈴薯および大豆を供試作物として、窒素、磷酸および加里用量試験を実施した。

試験区分として、①標準区、②窒素50%増施肥区、③磷酸50%増施肥区、④加里50%増施肥区、⑤窒素・磷酸・加里50%増施肥区を設置し、両作物に対する標準施肥量は次のとおりである。すなわち、馬鈴薯—窒素 8 kg, 磷酸 10 kg, 加里 10 kg, 堆肥 1,800 kg/10 a, 大豆—窒素 3 kg, 磷酸 8 kg, 加里 5 kg, 堆肥 750 kg/10 a である。

また、畑地かんがいと栽培法との関係について検討するため、試験区分として、無かんがい系列

Tab. 1 Relation between effects of three elements and irrigation on the yield of oats

| Treatment            | Growth at harvest   |                    |                  | Yield (kg per 10 are) |                 | Yield index (%) |
|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
|                      | Height of crop (cm) | Height of ear (cm) | Numbers of stalk | Weight of straw       | Weight of grain |                 |
| No irrigation series |                     |                    |                  |                       |                 |                 |
| None                 | 63.4                | 19.0               | 30               | 106                   | 108             | 53              |
| No nitrogen          | 66.6                | 20.9               | 34               | 102                   | 102             | 49              |
| No phosphoric acid   | 77.5                | 25.7               | 34               | 130                   | 139             | 63              |
| No potassium         | 83.2                | 24.8               | 34               | 187                   | 176             | 85              |
| N·P·K                | 95.5                | 24.9               | 37               | 250                   | 206             | 100             |
| With compost         | 96.5                | 25.7               | 38               | 272                   | 214             | 104             |
| Irrigation series    |                     |                    |                  |                       |                 |                 |
| None                 | 65.6                | 20.7               | 34               | 110                   | 109             | 53( 53)         |
| No nitrogen          | 66.2                | 20.9               | 34               | 106                   | 109             | 53( 53)         |
| No phosphoric acid   | 87.7                | 26.5               | 33               | 217                   | 185             | 90( 90)         |
| No potassium         | 93.9                | 24.4               | 38               | 249                   | 193             | 94( 94)         |
| N·P·K                | 100.7               | 24.6               | 38               | 290                   | 228             | 111(100)        |
| With compost         | 101.7               | 25.1               | 37               | 287                   | 244             | 119(107)        |

- Remarks: 1. Numerals in the brackets indicate yield indexes calculated as ratios to the yield in a plot of three elements of irrigation series.  
 2. Seeding—27 April. Harvesting—10 August.  
 3. Total rainfall during growing period is 403 mm.  
 4. Period of irrigation is from 10 June to 30 July.  
 5. Total amount of irrigation is 160 mm.  
 6. Interval day is five days and amount of irrigation water every time is 15 mm.

とかんがい兩系列に、①疎植区、②密植区を設け、馬鈴薯を供試作物として実施した。なお、疎植区の栽植密度は畦幅 66 cm, 株間 36 cm, 密植区は畦幅 66 cm, 株間 30 cm である。

3) は畑地かんがい粗粒火山性土壌の化学性、物理性におよぼす影響を調査するため、無かんがい跡地とかんがい跡地の土壌の性質を比較した。

### III 試験成績

#### (1) かんがいと三要素の肥効との関係

畑地かんがいは土壌の有効水分量を増大して栽培環境に変化を与え、作物の水分代謝を良好にするため、当然、施肥に対する応答性にも影響を与えるものと考えられる。

したがって、かんがいと三要素の有無との関係を調査するため、燕麦、馬鈴薯および大豆の3作物を供試作物として、無かんがいとかんがい兩系列について実施した三要素試験の結果を Tab. 1 ~ 4 および Fig. 1 にかかげた。

なお、作付期間中 (1961年5月~9月) の総降水量は 679.6 mm で平年 (517.4 mm) に比して極端に

多く、月別にみると、7月と9月が著しく多く、これに反して、6月と8月は極端に少なく、一部に早ばつの害も現われた。

まず、燕麦では、かんがいの効果は栄養生長期間中あまり判然としなかったが、出穂始ころより急激に草丈の伸長および葉色の面で顕著に現われ、無かんがいおよびかんがい兩系列共に無肥料区<無窒素区<無磷酸区<無加里区<三要素区<堆肥併用区の順に子実収量が高く、特に窒素の肥効が顕著であり、無窒素区を除いて各区の子実重は常に無かんがい系列よりかんがい系列の方が多く、かんがいの効果が判然と現われている。一方無磷酸区の収量指数は無かんがい系列の68に対してかんがい系列は90、無加里区は無かんがい系列の85に対してかんがい系列は94と高い値を示し、かんがいによって窒素の肥効が顕著に現われ、磷酸および加里の肥効が逆にやや軽減されることが分った。

また、収穫物の分析結果によると、かんがい系列は無かんがい系列に比較して窒素の吸収率が高く、逆に、磷酸および加里の吸収率はやや低い傾

Tab. 2 Effect of irrigation on the uptake of three elements by oats

| Treatment            | Content of elements in the harvested plant (%) |       |                               |       |                  |       | Amount of absorption (kg per 10 are) |                               |                  |
|----------------------|------------------------------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------|-------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------|
|                      | 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 |
|                      | Straw                                          | Grain | Straw                         | Grain | Straw            | Grain |                                      |                               |                  |
| No irrigation series |                                                |       |                               |       |                  |       |                                      |                               |                  |
| None                 | 0.50                                           | 1.70  | 0.45                          | 0.77  | 1.67             | 0.57  | 2.37                                 | 1.31                          | 2.38             |
| No nitrogen          | 0.59                                           | 1.81  | 0.45                          | 0.85  | 1.91             | 0.59  | 2.43                                 | 1.32                          | 2.55             |
| No phosphoric acid   | 0.56                                           | 1.82  | 0.24                          | 0.81  | 1.84             | 0.60  | 3.26                                 | 1.43                          | 3.22             |
| No potassium         | 0.59                                           | 1.82  | 0.19                          | 0.86  | 0.66             | 0.59  | 4.30                                 | 1.87                          | 2.27             |
| N·P·K                | 0.45                                           | 1.86  | 0.38                          | 0.84  | 1.63             | 0.60  | 4.95                                 | 2.69                          | 5.30             |
| With compost         | 0.49                                           | 1.96  | 0.41                          | 0.91  | 2.46             | 0.57  | 5.53                                 | 3.05                          | 7.93             |
| Irrigation series    |                                                |       |                               |       |                  |       |                                      |                               |                  |
| None                 | 0.49                                           | 1.68  | 0.35                          | 0.76  | 2.09             | 0.57  | 2.37                                 | 1.21                          | 2.91             |
| No nitrogen          | 0.48                                           | 1.67  | 0.42                          | 0.77  | 1.92             | 0.58  | 2.32                                 | 1.29                          | 2.67             |
| No phosphoric acid   | 0.58                                           | 1.70  | 0.31                          | 0.75  | 1.77             | 0.64  | 4.39                                 | 2.06                          | 5.01             |
| No potassium         | 0.44                                           | 1.70  | 0.28                          | 0.77  | 1.13             | 0.62  | 4.45                                 | 2.24                          | 4.61             |
| N·P·K                | 0.43                                           | 1.75  | 0.17                          | 0.76  | 1.62             | 0.63  | 5.27                                 | 2.22                          | 6.12             |
| With compost         | 0.45                                           | 1.77  | 0.19                          | 0.75  | 1.92             | 0.62  | 5.94                                 | 2.38                          | 7.01             |

Remarks; 1. Rate of nitrogen absorption; 55.8% in no irrigation series and 65.4% in irrigation series.  
 2. Rate of phosphoric acid absorption; 16.8% in no irrigation series and 2.1% in irrigation series.  
 3. Rate of potassium absorption; 67.1% in no irrigation series and 46.8% in irrigation series.

Tab. 3 Relation between effects of three elements and irrigation on the yield of potato

| Treatment            | Growth at flowering |                  | Yield (kg per 10 are) |              |             |       | Yield index (%) |
|----------------------|---------------------|------------------|-----------------------|--------------|-------------|-------|-----------------|
|                      | Height of crop (cm) | Numbers of stalk | Large tuber           | Middle tuber | Small tuber | Total |                 |
| No irrigation series |                     |                  |                       |              |             |       |                 |
| None                 | 20.2                | 3.6              | —                     | 76           | 368         | 444   | 21              |
| No nitrogen          | 19.2                | 3.1              | 23                    | 139          | 385         | 547   | 26              |
| No phosphoric acid   | 31.6                | 5.5              | 360                   | 518          | 560         | 1,438 | 68              |
| No potassium         | 29.1                | 6.2              | 22                    | 245          | 642         | 909   | 43              |
| N·P·K                | 42.7                | 6.4              | 368                   | 1,151        | 583         | 2,102 | 100             |
| With compost         | 42.5                | 6.7              | 412                   | 1,140        | 613         | 2,165 | 103             |
| Irrigation series    |                     |                  |                       |              |             |       |                 |
| None                 | 17.6                | 3.9              | —                     | 6            | 390         | 396   | 19( 20)         |
| No nitrogen          | 23.8                | 3.5              | 11                    | 64           | 489         | 564   | 27( 28)         |
| No phosphoric acid   | 33.3                | 4.3              | 113                   | 495          | 670         | 1,278 | 61( 64)         |
| No potassium         | 26.3                | 5.9              | —                     | 147          | 632         | 779   | 37( 39)         |
| N·P·K                | 42.7                | 6.0              | 221                   | 726          | 1,044       | 1,991 | 95(100)         |
| With compost         | 43.4                | 6.2              | 268                   | 812          | 1,015       | 2,095 | 101(105)        |

Remarks; 1. Numerals in the brackets indicate yield indexes calculated as ratios to the yield in a plot of three elements of irrigation series.  
2. Seeding—27 April. Harvesting—12 September.  
3. Total rainfall during growing period is 609 mm.  
4. Period of irrigation is from 20 June to 20 August.  
5. Total amount of irrigation is 200 mm.  
6. Interval day is five days and amount of irrigation water every time is 15 mm.

Tab. 4 Relation between effects of three elements and irrigation on the yield of soybean

| Treatment            | Growth at harvest   |                  |                  | Yield (kg per 10 are) |                 | Yield index (%) |
|----------------------|---------------------|------------------|------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
|                      | Height of crop (cm) | Numbers of stalk | Numbers of shell | Weight of straw       | Weight of grain |                 |
| No irrigation series |                     |                  |                  |                       |                 |                 |
| None                 | 61.5                | 8.8              | 31               | 227                   | 99              | 49              |
| No nitrogen          | 76.6                | 8.2              | 39               | 257                   | 137             | 68              |
| No phosphoric acid   | 81.6                | 8.8              | 45               | 387                   | 197             | 97              |
| No potassium         | 78.0                | 7.7              | 40               | 293                   | 178             | 88              |
| N·P·K                | 82.6                | 8.9              | 42               | 397                   | 203             | 100             |
| With compost         | 79.6                | 8.6              | 40               | 416                   | 220             | 109             |
| Irrigation series    |                     |                  |                  |                       |                 |                 |
| None                 | 62.2                | 6.9              | 42               | 183                   | 137             | 68( 62)         |
| No nitrogen          | 70.2                | 6.6              | 41               | 204                   | 156             | 77( 70)         |
| No phosphoric acid   | 64.9                | 7.7              | 48               | 217                   | 187             | 92( 84)         |
| No potassium         | 76.1                | 8.1              | 46               | 205                   | 157             | 78( 71)         |
| N·P·K                | 79.5                | 8.9              | 55               | 255                   | 222             | 110(100)        |
| With compost         | 76.6                | 9.1              | 56               | 283                   | 247             | 121(111)        |

Remarks; 1. Numerals in the brackets indicate yield indexes calculated as ratios to the yield in a plot of three elements of irrigation series.  
2. Seeding—15 May. Harvesting—29 September.  
3. Total rainfall during growing period is 614 mm.  
4. Period of irrigation is from 1 July to 10 September.  
5. Total amount of irrigation is 200 mm.  
6. Interval day is five days and amount of irrigation water every time is 15 mm.

向を示した。

次に、馬鈴薯はかんがいにより株当たり塊茎数は増加するが塊茎平均1個重が減少し、その結果大芋および中芋の量が少なく、小芋の割合が多くなる傾向を示し、結局、塊茎収量もやや無かんがい系列より劣っている。

無かんがいおよびかんがい両系列共に、三要素区の収量指数を100とした場合、無窒素区は30、無加里区は40前後でかなり低く、窒素および加里の肥効が特に顕著である。なお、かんがい系列の塊茎収量が無かんがい系列より低かった原因は平年より降水量が多い上に、さらに多量のかんがい(200 mm)をしたためと思われる。

大豆では、全般的に、かんがい系列は無かんがい系列に比して、草丈はやや低いが発熟は良好でかつ、着莢数も著しく多く、したがって、収量面においても10%以上の増収を示した。両系列共に三要素区に対して、無窒素区は70、無加里区は80前後の収量指数で窒素と加里の肥効がやや顕著に現われている。

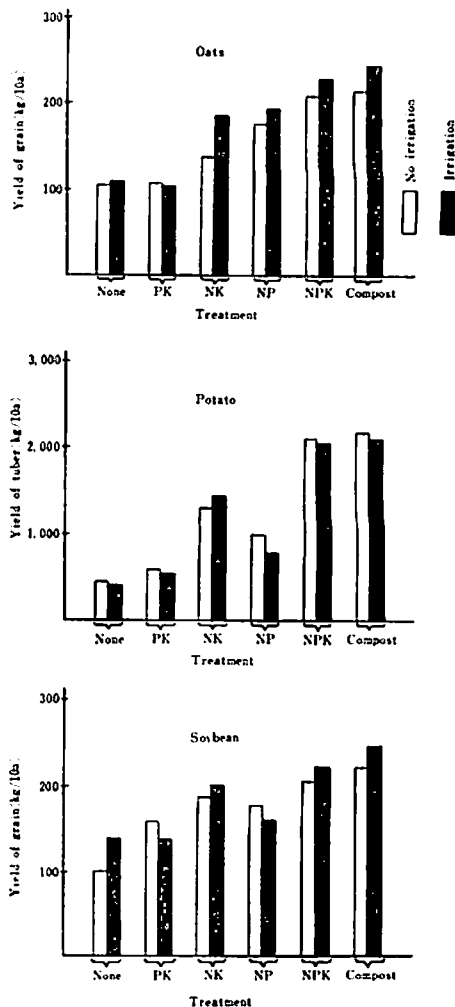
なお、燕麦、馬鈴薯および大豆の3作物共に、かんがい系列の無窒素区が無かんがい系列のそれより増収しているのは、後述するように、かんがいによって土壤が適度な乾湿を繰返すため、土壤中の微生物の活動が盛んになって、有機態窒素の無機化が促進され、作物による窒素の吸収利用が増加したためと思われる。一方、無磷酸区の増収要因はかんがいによって土壤中の有効磷酸含量が増加したためと、また、無加里区の減収要因はかんがいによって表層より下層への塩基類の溶脱が助長されるためと思われる。

このように、各作物共に、かんがいによって磷酸の肥効はやや軽減されたが、窒素および加里の肥効は逆に顕著になる。一方、堆肥の施用効果も作物の種類によって差はあるが、燕麦および大豆ではその効果が顕著に認められた。

## (2) かんがい栽培の施肥法

早ばつの懸念のある駒ヶ岳火山灰地では、肥料を多量に施用することは旱害の危険性を助長し、かつ、作柄の不安定を増大させる恐れがあるので施肥量は常に控え目であり、さらに窒素質肥料を

Fig. 1 Relationship between effects of irrigation and fertilizer three elements on the yield of oats, potato and soybean



少量施用することが慣行となっている。しかし、かんがいによって土壤水分の環境が良好となり、作物の生育および同化作用がおう盛になると、当然、施肥効果も増大するものと考えられる。

したがって、畑地かんがいの効果を増進させる方策の1つとして、馬鈴薯および大豆を供試作物として、かんがい条件下における施肥法について調査した結果を Tab. 5~6 にかかげた。なお、作付期間中(1962年5月~9月)の総降水量は654.3 mmで平年(517.4 mm)に比して極端に多く、月別にみると、5月と6月はきわめて少なく、8月は集中豪雨のために極端に多かった。

Tab. 5 Effect of fertilizer added under irrigated condition on the yield of potato

| Treatment                    | Growth at flowering |                  | Yield (kg per 10 are) |              |             |       | Numbers of tuber per plant | Average weight of a tuber (g) | Yield index (%) |
|------------------------------|---------------------|------------------|-----------------------|--------------|-------------|-------|----------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                              | Height of crop (cm) | Numbers of stalk | Large tuber           | Middle tuber | Small tuber | Total |                            |                               |                 |
| Control                      | 39.2                | 4.4              | 290                   | 1,285        | 1,065       | 2,640 | 6.0                        | 84.4                          | 100             |
| 50% nitrogen increase        | 46.0                | 5.4              | 812                   | 1,979        | 1,005       | 3,796 | 7.7                        | 94.8                          | 152             |
| 50% phosphoric acid increase | 43.9                | 4.7              | 563                   | 1,805        | 1,120       | 3,488 | 7.6                        | 86.7                          | 141             |
| 50% potassium increase       | 41.6                | 4.8              | 328                   | 1,225        | 1,104       | 2,647 | 6.5                        | 80.8                          | 98              |
| 50% N·P·K increase           | 43.5                | 5.0              | 633                   | 1,864        | 1,015       | 3,512 | 7.2                        | 93.2                          | 137             |

Remarks; 1. Seeding—30 April. Harvesting—12 September.  
 2. Total precipitation during growing period is 550 mm.  
 3. Period of irrigation is from 10 June to 20 August.  
 4. Total amount of irrigation is 100 mm.  
 5. Interval day is seven days and amount of irrigation water every time is 10 mm.

Tab. 6 Effect of fertilizer added under irrigated condition on the yield of soybean

| Treatment                    | Growth at harvest   |                  |                  | Yield (kg per 10 are) |                 | Weight of 1,000 grains (g) | Yield index (%) |
|------------------------------|---------------------|------------------|------------------|-----------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|
|                              | Height of crop (cm) | Numbers of stalk | Numbers of shell | Weight of straw       | Weight of grain |                            |                 |
| Control                      | 76.4                | 7.9              | 58               | 245                   | 216             | 412                        | 100             |
| 50% nitrogen increase        | 85.2                | 8.5              | 66               | 292                   | 266             | 430                        | 123             |
| 50% phosphoric acid increase | 80.4                | 8.1              | 63               | 271                   | 236             | 422                        | 109             |
| 50% potassium increase       | 75.7                | 7.4              | 57               | 284                   | 216             | 416                        | 100             |
| 50% N·P·K increase           | 80.4                | 8.3              | 65               | 289                   | 238             | 424                        | 110             |

Remarks; 1. Seeding—15 May. Harvesting—12 October.  
 2. Total precipitation during growing period is 498 mm.  
 3. Period of irrigation is from 1 July to 30 August.  
 4. Total amount of irrigation is 150 mm.  
 5. Interval day is seven days and amount of irrigation water every time is 15 mm.

馬鈴薯および大豆の両作物共に、かんがい条件下では、窒素50%増施区の生育がもっともおう盛で、草丈の伸長および茎数の増加量が多く、葉色も濃く推移し、収量面においても、窒素50%増施区>多肥区=磷酸50%増施区>加里50%増施区=標準区の順であり、窒素増施の効果が顕著に、磷酸増施の効果がやや認められ、加里増施の効果はほとんど認められない。

このように、かんがい栽培によって早害の危険性が軽減されるならば、生育量の増大に応じて積極的な施肥法が可能であり、特に窒素の最適施用量は無かんがい栽培の場合に比較して一段と高い所にあるように思われる。また、馬鈴薯では磷酸増施の効果が比較的顕著に認められるが、大豆ではその効果がほとんど認められない。これは大豆

が磷酸にあまり敏感でないためと考えられる。

一般に、施肥処理による増収もかんがいによる増収も同じ傾向にあり、馬鈴薯では主として株当たり塊茎数の増加が、また、大豆では着莢数の増加が増収の要因と思われる。

したがって、駒ヶ岳火山灰地におけるかんがい条件下の馬鈴薯に対する施肥法としては、株当たり塊茎数の増加を目的として、まず窒素に重点を置き、次に磷酸に重点を置くべきであり、施肥量としては窒素 12 kg, 磷酸 15 kg, 加里 10 kg/10 a 程度が適量と思われる。一方、大豆に対する施肥法としては着莢数の増加を目的として、窒素 4 kg, 磷酸 10 kg, 加里 5 kg/10 a 前後が妥当と思われる。

従来、本地帯では早ばつの危険性を恐れて多収

より安定の栽培法がとられ、そのため、施肥量を控え目にし、栽植密度も作物根を充分張らせる疎植栽培が行なわれてきたが、この疎植、少肥の栽培法は収量の上らない栽培法である。しかし、畑地かんがいによって土壤水分が潤沢に供給されると栽培環境も変わり、当然、増収の可能性が期待できる。

したがって、次に、馬鈴薯を供試作物として、かんがいと栽植密度との関係について調査した結果は Tab. 7 に示すとおりである。

一般に、無かんがいおよびかんがい両系列は共に、栽植密度の疎密間に判然たる生育の差異が認められず、疎植区（普通植区）の方が密植区に比して、茎数がやや多く、草丈が多少低い程度である。しかし、塊茎収量は両系列共、常に密植区の方が疎植区より高い傾向を示し、最高収量を挙げたのはかんがい系列の密植区であって、その増収率は10%前後であり、しかも、疎植区と密植区の収量較差が無かんがい栽培よりもかんがい栽培の方が大きかった。また、その内容についてみると疎植区の方が密植区より株当たり塊茎数はやや多いが、単位面積当たりの塊茎数は逆に少ない。

このように、駒ヶ岳火山灰地帯における馬鈴薯に対するかんがい栽培法としては、株間を狭くし

て単位面積当たりの塊茎数を確保することが増収と直結する点より、栽植密度としては畦幅 66 cm, 株間 30 cm 程度が妥当と思われる。

### (3) かんがいによる土壌理化学性の変化

畑地かんがいは土壤の有効水分量を増大し、作物の水分代謝を良好にして施肥効果を増大させるが、一方、かんがい水は地表面や地層を通過してくる関係上、雨水と異なり、土壤より溶出してきた各種の無機成分を含有していると思われるので、当然、かんがいによって土壤の化学性におよぼす影響が大きいことが、また、畑地かんがいのかん水は自然降雨に比べて力学的強度が大きく、土壤の物理性におよぼす影響も大きいことが考えられる。

したがって、まず、畑地かんがいに使用せるかんがい水の水質ならびに、かんがいによって土壤に添加される無機成分の集積量を調査した成績を Tab. 8~9 にかかげた。

Tab. 8 Component of irrigation water (mg/l)

| pH   | SiO <sub>2</sub> | T-N  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO  | MgO | SO <sub>3</sub> | Cl   |
|------|------------------|------|-------------------------------|------------------|------|-----|-----------------|------|
| 6.57 | 29.8             | 1.49 | 0.04                          | 1.59             | 13.7 | 8.6 | 19.7            | 11.2 |

Tab. 7 Relation between irrigation and method of cultivation on the yield of potato

| Treatment            | Growth at flowering |                  | Yield (kg per 10 are) |              |             |       | Numbers of tuber per plant | Average weight of a tuber (g) | Yield index (%) |
|----------------------|---------------------|------------------|-----------------------|--------------|-------------|-------|----------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                      | Height of crop (cm) | Numbers of stalk | Large tuber           | Middle tuber | Small tuber | Total |                            |                               |                 |
| No irrigation series |                     |                  |                       |              |             |       |                            |                               |                 |
| Wide seeding form    | 38.1                | 5.0              | 429                   | 1,240        | 852         | 2,521 | 6.1                        | 88.2                          | 100             |
| Narrow seeding form  | 39.0                | 4.2              | 320                   | 1,199        | 1,000       | 2,519 | 5.8                        | 84.3                          | 99              |
| Irrigation series    |                     |                  |                       |              |             |       |                            |                               |                 |
| Wide seeding form    | 38.1                | 4.8              | 339                   | 1,285        | 1,036       | 2,660 | 7.1                        | 87.4                          | 103             |
| Narrow seeding form  | 39.2                | 4.4              | 290                   | 1,305        | 1,145       | 2,740 | 6.6                        | 84.4                          | 108             |

Remarks; 1. Seeding—30 April. Harvesting—12 September.

2. Wide seeding form; Width of ridge is 66 cm and distance of plant is 36 cm.

3. Narrow seeding form; Width of ridge is 66 cm and distance of plant is 30 cm.

4. Total precipitation during growing period is 550 mm.

5. Period of irrigation is from 10 June to 20 August.

6. Total amount of irrigation is 100 mm.

7. Interval day is seven days and amount of irrigated water every time is 10 mm.

8. Fertilizer applied; 8 kg N as Ammonium sulphate, 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> as Superphosphate of lime, 10 kg K<sub>2</sub>O as potassium sulphate and 1,800 kg compost per 10 are respectively were supplied.

Tab. 9 Nutrient supplied by irrigation water  
(kg per 10 are)

| Amount of irrigation water | SiO <sub>2</sub> | T-N  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO  | MgO  |
|----------------------------|------------------|------|-------------------------------|------------------|------|------|
| 100 mm                     | 2.98             | 0.15 | trace                         | 0.16             | 1.37 | 0.86 |
| 200 mm                     | 5.96             | 0.30 | trace                         | 0.32             | 2.74 | 1.72 |

一般に、雨水は炭酸ガスや酸素などのほかに微量のアモニアや硝酸を含有しているにすぎないが、かんがい水は特に石灰、苦土などの塩基類や珪酸を多く含有している。したがって、200 mm 程度かんがいた場合に土壌に添加される成分量としては珪酸 6 kg、石灰 3 kg、苦土 2 kg 前後

で、磷酸はきわめて少ない。

次に、畑地かんがいと土壌の化学性ならびに物理性におよぼす影響を、無かんがい跡地とかんがい跡地土壌について比較検討した結果は Tab. 10 ~ 11 に示すとおりである。

まず、土壌の化学性の差異についてみると、かんがい跡地土壌の方が無かんがい跡地に比して pH が高く、置換酸度も低くなり、土壌の反応は中和されているが、一方、表層の石灰、苦土、加里等の置換性塩基含量および塩基飽和度が低下し、下層の塩基含量がやや増加している。かんがいによって、当然、土壌に塩基類が添加されるに

Tab. 10 Effect of irrigation on the chemical properties of soil

| Treatment     | Depth of soil (cm) | pH               |      | Exchange acidity | Total nitrogen (%) | Humus (%) | Carbon nitrogen ratio | Exchange capacity (m.e) | Degree of basesaturation (%) |
|---------------|--------------------|------------------|------|------------------|--------------------|-----------|-----------------------|-------------------------|------------------------------|
|               |                    | H <sub>2</sub> O | KCl  |                  |                    |           |                       |                         |                              |
| No irrigation | 0 ~ 12             | 6.13             | 5.14 | 0.38             | 0.20               | 2.31      | 6.9                   | 21.4                    | 88.8                         |
|               | 12 ~ 25            | 6.06             | 5.13 | 0.37             | 0.17               | 2.57      | 8.9                   | 14.0                    | 71.4                         |
| Irrigation    | 0 ~ 12             | 6.32             | 5.23 | 0.25             | 0.16               | 2.22      | 7.8                   | 18.3                    | 69.5                         |
|               | 12 ~ 25            | 6.24             | 5.14 | 0.25             | 0.19               | 2.50      | 7.7                   | 14.7                    | 70.9                         |

| Treatment     | Depth of soil (cm) | Total exchangeable base (m.e) | Exchangeable component |          |                       | Active Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mg) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> dissolved in N/5-HCl (mg) | Fixation index |                               |
|---------------|--------------------|-------------------------------|------------------------|----------|-----------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------|
|               |                    |                               | CaO (mg)               | MgO (mg) | K <sub>2</sub> O (mg) |                                            |                                                         | N              | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| No irrigation | 0 ~ 12             | 19.0                          | 503                    | 48       | 13                    | 29.3                                       | 86.4                                                    | 287            | 1,219                         |
|               | 12 ~ 25            | 10.0                          | 258                    | 26       | 5                     | 20.2                                       | 117.7                                                   | 226            | 549                           |
| Irrigation    | 0 ~ 12             | 12.7                          | 350                    | 32       | 6                     | 21.7                                       | 102.4                                                   | 268            | 959                           |
|               | 12 ~ 25            | 10.4                          | 302                    | 27       | 7                     | 17.1                                       | 125.6                                                   | 235            | 840                           |

Remarks; Units of exchangeable CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, active Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dissolved in N/5-HCl are mg per 100 g dry soil.

Tab. 11 Effect of irrigation on the water-stable aggregate of soil

| Treatment     | Depth of soil (cm) | Aggregate division (mm) |           |           |            |            |       | Quantity of porosity (%) | Solid phase (%) |
|---------------|--------------------|-------------------------|-----------|-----------|------------|------------|-------|--------------------------|-----------------|
|               |                    | 2.0 <                   | 1.0 ~ 2.0 | 0.5 ~ 1.0 | 0.25 ~ 0.5 | 0.1 ~ 0.25 | 0.1 > |                          |                 |
| No irrigation | 0 ~ 12             | 3.2                     | 10.6      | 26.6      | 43.4       | 9.3        | 6.9   | 55.9                     | 44.1            |
|               | 12 ~ 25            | 2.7                     | 7.8       | 25.0      | 47.1       | 9.9        | 7.4   | 55.0                     | 45.0            |
| Irrigation    | 0 ~ 12             | 2.9                     | 9.4       | 24.0      | 44.7       | 10.9       | 8.1   | 57.7                     | 42.3            |
|               | 12 ~ 25            | 2.4                     | 7.7       | 22.0      | 46.5       | 11.8       | 9.6   | 55.7                     | 44.3            |

Experimental details; The water-stable aggregate were determined by method of sieve separation in water.

もかわらず、表層の塩基含量が少なく、下層への溶脱、集積が著しいことは本土壤の透水性、粒径、組成等の物理性に基因するものと考えられる。また、かんがい年数が少なく、かつ、かんがい水量が 200 mm 以下の少ないときには表層における塩基類の集積量が少ないとの報告<sup>9)</sup>もあり、いずれにしても、一般に、水分の消耗の激しい土層に塩基類が集積する傾向があるように思われる。

次に、土壤磷酸におよぼすかんがいの影響についてみると、かんがいによって、醋酸・醋酸ソーダ緩衝液可溶アルミニウム含量が減少し、磷酸吸収力が低下して、有効態磷酸含量の増加が顕著に認められた。このことはかんがい水によって富化される珪酸の効果によって土壤中の磷酸が有効化し、施用磷酸の吸収固定力が弱まるためと思われる。

また、かんがい跡地土壤は無かんがい跡地に比べて全窒素、腐植含量が減少している。これはかんがいによって土壤が適度の乾湿を繰返すため、土壤微生物の活動が盛んになり、土壤中の有機物の分解が促進されたためと思われる。事実、かんがいによって土壤有機物が質的に変化し、硝酸化能力が著しく増大するとの報告<sup>10)</sup>もあり、本土壤ではかんがいによって窒素的地力は消耗の方向にあるものと思われる。

次に、腐植を分解せずに、無かんがい跡地とかんがい跡地の両土壤の団粒組成<sup>9)</sup>を調査した Tab. 11 によると、本土壤は上、下層共に 0.25~1.0 mm 程度の団粒が大部分を占めているが、かんがいによって、上層では 0.5 mm 以上の比較的大きな集合体の割合が減少し、0.25 mm 以下の細かい粒子はやや増加している。一方、下層においては 0.25 mm 以下の微細粒子の増加割合はやや顕著であり、かつ、かんがい跡地の孔隙量は上層において、無かんがい跡地よりやや増加している。これはかんがいにより大きな不安定粒子が崩壊し、下層に移動した微細粒子が水の作用により、再び集合体を形成したためと思われる。

また、かんがいによって置換容量が減少したのは、有機物の減耗と微粒子の流亡によるものと思われる。

このように、腐植および粘土含量が少なく、保水、保肥力に乏しい粗粒火山性土壤では、かんがいによって、活性アルミニウムが減少し、磷酸が有効化される利点はあるが、一方、有機物の分解が促進されて地力の消耗が著しく、かつ、塩基類および微細粒子の溶脱が大きいので、かんがい栽培を効果的にするためには、まず、地力の維持増進が第一の条件となる。そのためには、客土、石灰資材および有機物等の施用を併行すべきである。

#### IV 考 察

本報告は、駒ヶ岳火山灰地における畑地かんがいについて、主として、土壤肥料の見地より調査検討を加えてみた。

一般に、駒ヶ岳火山灰地帯では、早ばつの危険を恐れて、常に多収より安定の施肥法、栽培法がとられている。すなわち、施肥量を控え目にし、栽植密度は根域を充分拡大させて作物の水分代謝を良好にする粗植、少肥の栽培法が採用されている。事実、無かんがい栽培の場合、施肥量特に窒素を多施すれば早害の危険性を助長する。しかし畑地かんがいによって、土壤水分の環境が良好となると、当然、施肥効果も増大し、積極的な施肥法が可能であり、特に窒素の増施ならびに追肥が効果的であると岡本<sup>11)</sup>、坪田<sup>12)</sup>、海野<sup>13)</sup>らは報告している。また、かんがいに伴う窒素の溶脱率が高いので、窒素の効果を持続させるためにジシアミド、ヘプタクロールなどの併用による硝酸化成の抑制が有効であることを船戸<sup>14)</sup>は見出した。また、長谷川<sup>15)</sup>は多肥の効果は原則として、密植、多量かん水の場合に期待されると報告している。いずれにしても、保肥力の乏しい粗粒火山性土壤ではかんがいによって窒素の適量が一段と高い所にあるように思われ、かんがい栽培においては、まず、窒素に重点を置く施肥法を採用すべきであり、そのためには、窒素の増施、追肥、緩効性および遅効性肥料の施用効果が相当期待できるものと思われる。

次に、畑地かんがいが土壤の生産力におよぼす影響について、菊地<sup>1)</sup>、岡本<sup>11)</sup>はかんがいによ

って石灰、苦土の集積量が著しく、土壌の酸性が弱められると、また、坪田<sup>13)</sup>、菊地ら<sup>14)</sup>は酢酸緩衝液可溶および N-KCl 可溶アルミニウムが減少すると報告している。また、小林ら<sup>15)</sup>はかんがいによって、塩基および珪酸の富化作用は大きい、かんがい水質によって土壌改良の効果が異なることを認めている。一般に、かんがいにより、塩基および珪酸が表層より下層に向かって、集積—溶脱—集積—溶脱の繰返しで、順次、表層より集積されるものと考えられる。

なお、アメリカでは酸性問題よりもむしろアルカリの集積とかんがいの関係が検討されている<sup>16)</sup>。

また、夏季高温時に適度の乾燥、湿潤を繰返す畑地かんがいでは土壌中の微生物の活動が盛んになり、全炭素、全窒素が減少する傾向にあることを坪田<sup>13)</sup>、菊地ら<sup>14)</sup>が明らかにし、有機物の質的变化について岡本らは 30%  $H_2O_2$  処理による全炭素の減少が、かんがい跡地では少なくなることより、かんがいによって土壌中の腐植が安定方向に移ることを認めている。さらに、有機物の質的变化や微生物の活動力の変化の裏付けとなる土壌の乾土効果や硝酸化能力に対する影響についてみると、かんがいにより乾土効果が減少し、硝酸化能力が顕著に増大しているといわれている<sup>16)</sup>。

一方、かんがいにより、土壌中の有効燐酸の増加が顕著であると浦野<sup>15)</sup>、菊地ら<sup>14)</sup>は報告している。また、土壌の置換容量におよぼすかんがいの影響については明確な結論がえられていないが、本駒ヶ岳火山灰地ではかんがいによって置換容量がやや減少している。これは有機物の減耗と微細粒子の流亡に基因しているものと思われる。

このように、畑地かんがい条件下では土壌有機物の消耗が盛んで、地力は減少の方向にあるためかんがい栽培では地力の維持増進が第一の条件となる。そのため、本地帯のような粗粒火山性土壌では客土、有機物の施用は是非必要であり、また石灰資材、微量要素剤などの土壌改良資材の施用も必要に応じて考慮すべきである。

一方、粗粒火山性土壌に対する畑地かんがいの効率を増進させるためには、まず、土壌の有効水

分容量を増大させることが必要であり、その方法として、単位土壌容積当たりの水分量の増加と有効土壌容積の増加が考えられる。まず、単位土壌容積当たりの水分量を増加させるためには、耐水性団粒を増加して土壌の孔隙性を改良すべきであり、そのためには、客土、土壌改良剤および有機物の施用等が挙げられる。また、根群分布を深くして有効土壌容積を増加させる方法として深耕が有効水分増大への近道である。無かんがいの場合には、深耕により毛管孔隙の切断のために旱害を助長する場合もみられるが、かんがい栽培の場合にはこの危険性が少なく、深耕によって根群の分布が深くなれば、まず、水利用効率の改善がなされ、進んで、間断日数の延長と1回のかん水量の増量が期待され、養分吸収の面でも有利な点が多いことを浦野<sup>15)</sup>、中渡瀬ら<sup>10)</sup>は大豆、陸稲について実証している。しかし、駒ヶ岳火山灰地帯のように、下層土が浮石礫に富み、理化学性の劣悪な不良土壌の場合には深耕の効果はあまり期待できないものと思われる。

## V 摘 要

駒ヶ岳火山灰地において、Sprinkler 法による畑地かんがいが粗粒火山性土壌の理化学性におよぼす影響ならびにかんがい栽培と施肥法との関係について調査した結果を要約すれば次のとおりである。

1) 燕麦、馬鈴薯および大豆の3作物共、かんがいによって、燐酸の肥効はやや軽減されるが、窒素の肥効は逆に顕著になり、加里の肥効は馬鈴薯および大豆においてのみ認められた。したがって、かんがい栽培においては、旱害の危険が軽減されるので、施肥量を増加した方が良く、特に窒素に重点を置くべきである。

2) また、かんがいによって、土壌の水分環境が良好となり、施肥効果が増大するため、慣行の疎植栽培よりもやや密植栽培法を採用すべきであると考えられる。

3) かんがい水は雨水と異なり、珪酸、塩基類等の各種の無機成分を多く含んでいるので、この面での土壌改良の効果が認められる。

4) かんがいによって、土壤中の活性アルミニウムが減少し、磷酸が有効化される利点はあるが有機物の消耗と塩基類および微細粒子の流亡が大きいので、かんがい栽培においてはさらに、石灰資材、客土および有機物の併用が是非必要である。

### 引用文献

- 1) 船戸忠寿, 石井四郎, 高橋富治, 1961; 畑地かんがいに対する窒素の施用法に関する試験, 畑地かんがいに関する研究集録, VI, 170.
- 2) 長谷川新一, 森田進平, 中川恭二郎, 中山兼徳, 1957; 施肥量, 栽植密度, かんがい水量が陸稲の生育, 収量に及ぼす影響について, 畑地かんがいに関する研究集録, IV, 21.
- 3) 海野佐一, 飯塚俊介, 野中富士夫, 湯山博方, 1954; 畑地かんがい試験, 畑地かんがいに関する研究集録, II, 181.
- 4) 菊地 侃, 松島 達, 1957; 陸稲に対するかんがい量が跡地土壌に及ぼす影響に関する試験, 畑地かんがいに関する研究集録, IV, 285.
- 5) 小林 嵩, 1960; 畑地かんがいに関する生産力増強に関する研究, 畑地かんがいに関する研究集録, V, 354.
- 6) 松林 実, 中村公則, 関村 栄, 吉田 稔, 中館与一, 1961; かんがいによる土壌改良試験, 畑地かんがいに関する研究集録, VI, 59.
- 7) 南 松雄, 沢口正利, 1966; 駒ヶ岳火山灰地における畑地かんがいに関する土壌肥料的研究 (第1報), 道農試験 No. 15.
- 8) ———, ———, 長谷川進, 1965; 駒ヶ岳火山灰地における畑地かんがいに関する試験, 日本土壌肥料学会講演要旨集, 11, 17.
- 9) 美岡 繁, 1960; 土壌の集合体の分析法, 続作物試験法, 407.
- 10) 中渡瀬清春, 河野義彦, 宮下茂樹, 1961; 畑地かんがい下における深耕に関する試験, 畑地かんがいに関する研究集録, VI, 495.
- 11) 岡本春夫, 前野道雄, 1957; 畑地かんがいにおける要素適量試験, 畑地かんがいに関する研究集録, IV, 247.
- 12) ———, ———, 吉谷正直, 1957; 畑地かんがい土壌に関する研究, 畑地かんがいに関する研究集録, IV, 267.
- 13) 坪田五郎, 1953; 畑作かんがいに対する土壌肥科学的研究, 畑地かんがいに関する研究集録, I, 107.
- 14) THORNE, D. W. and J. P. THORNE, 1954;

Changes in composition of irrigated soil as related to the quality of irrigations waters, Soil Sci. Soc. Am. Proc. Vol. 18, 92.

- 15) 浦野啓司, 小田切弘一, 松下利定, 吉沢 達, 長谷川徹, 1961; 畑作物に関するかんがい, 深耕, 増肥総合効果試験, 畑地かんがいに関する研究集録, VI, 254.
- 16) 山崎不二夫, 長谷川新一, 1959; 畑地かんがい.

### Summary

In the previous report, the study on the behavior of soil moisture by irrigation and the consumptive water capacity in Komagadake volcanic ash district was described.

In this paper, the authors studied the effects of irrigation on physical and chemical properties of coarse volcanic ash soil and the effects of fertilizer on the irrigated culture.

The results were summarized as follows;

1) Effect of phosphoric acid in fertilizer upon oats, potato and soybean was reduced to some degree by irrigation, but that of nitrogen became more remarkable. Therefore, on the irrigated culture, the stress should be placed on increasing the amount of fertilization, especially nitrogen.

2) As the water condition of the soil became suitable and the effects of fertilization were increased by irrigation, the method of thick seeding culture should be applied under irrigated conditions.

3) As irrigation water in general is enriched with silica, basic salt compared with rain water, nutrient supplied by irrigation water was effective on the improvement of soil.

4) Irrigation decreases the content of active Aluminum and increases solubility of phosphoric acid in soil. On the other hand, consumption of organic matters and loss of basic substance by leaching were recognized, therefore application of soil dressing, lime materials and organic matters are necessary for irrigated culture. Moreover, application of those materials increased soil moisture per unit volume.