

# 土壌の通気性とテンサイの生育

土屋 一成・塩崎 尚郎・中島田 誠

北海道農業試験場畑作部

Effect of Soil Aeration on the Growth and Yield of Sugar Beets

Kazunari TSUCHIYA, Hisao SHIOZAKI and Makoto NAKASHIMADA

Hokkaido National Agricultural Experiment Station

## I 緒 言

生産性の高い農業を確立していくためには、農地の土地改良および基盤整備をはかる必要がある。日本の食糧基地の一つである北海道の十勝地方における土地改良は、その気象条件および土壌の物理的性質からみて、排水問題が非常に重要であると考えられる。実際にも、昭和49, 50および56年の多雨年には、テンサイやバレイショなどが湿害により大幅な減収となり、また、このような湿害を受ける地域は、全耕地面積の約40%に達すると言われている<sup>1)</sup>。したがって、排水不良地に対しては、従来から広く排水に関わる土地改良が行われ、その達成率は90%にも及んでいる。しかしながら、十勝農協連の暗渠排水に対するアンケート調査<sup>2)</sup>によれば、その効果が「明らかでない」および「認められない」とする農家は60%あり、その理由として暗渠排水の施工上に問題があるとする農家が多く、40%を占めている。さらに、近年、大型機械の導入に伴い、土壌が人為的に圧密を受け、踏圧層を形成し、透水性が不良となり、多雨年には一時的停滞水によって作物が減収するという状況も認められている。

以上のように、十勝地方においては、排水問題が相変わらず重要な検討課題であるといえることができる。このような問題を解決するためには、排水不良土壌の土地改良の再検討が必要であると同時に、作物の側からも、地下水位の高さ、停滞水の持続期間および土壌の通気性と作物生育との関係について明らかにしておく必要がある。

土壌の通気性と作物の生育との関係については、内外

に多くの研究があり<sup>3)-10)</sup>、北海道においても泥炭地<sup>11)</sup>、<sup>12)</sup>および転換畑<sup>13)</sup>について地下水位の問題が論じられている。

しかし、道東畑作地帯では、気候、土壌条件、作物の種類がやや他の地域と異なる点があり、この地域での排水は、地下水位を下げるというよりは、一時的停滞水の排除という観点から研究が行われるべきであると考えられる。林ら<sup>14)</sup>も、このような考え方に基づいた過湿条件を設定し、菜豆の生育について検討を加えているが、本報告は、この研究の延長線上に位置づけ、輪作体系の中での基幹作物の一つであり、湿害に弱いとされているテンサイを用い、過湿条件に対する反応を明らかにしようとするものである。

## II 試験方法

### 1 試験内容

試験は、丸枠ライシメーター12基を用いた枠試験により実施された。内径84cm (面積0.55m<sup>2</sup>)、深さ120cmの丸枠には、まず、底に砂利を敷き、その上に北海道農試畑作部圃場内の乾性型火山灰土(褐色火山性土)の下層土(恵庭ローム)を45cmの深さに充填し、さらに表土として、河西郡芽室町上関山の湿性型火山灰土(湿性厚層黒色火山性土)を30cmの深さに充填した。これらの枠について表-2に示すような水位処理を行った。なお、表土の理化学性は表-1に示すとおりである。

施肥量は、枠当たり複合硝加燐安(N:12, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:20, K<sub>2</sub>O:12, MgO:4, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.3)100gとし、表層5cmに全層施肥した。なお、施肥前に枠当たり炭カル200gを用い、表層10cmの酸性矯正を行った。

表-1 供試土壌の理化学性

| 土性 | pH               |     | 全炭素  | 全窒素  | C/N  | CEC  | 交換性塩基   |      |      |      | 塩基飽和度<br>% | リン酸<br>吸収係<br>数 |
|----|------------------|-----|------|------|------|------|---------|------|------|------|------------|-----------------|
|    | H <sub>2</sub> O | KCl |      |      |      |      | Ca      | Mg   | K    | Na   |            |                 |
|    |                  |     |      |      |      |      | me/100g |      |      |      |            |                 |
| CL | 4.8              | 4.1 | 12.1 | 0.96 | 12.7 | 38.7 | 6.86    | 0.37 | 0.25 | 0.04 | 19.4       | 1720            |

表-2 処 理 区 分 と そ の 内 容

| 処 理 記 号         | 処 理 内 容    |            |            |
|-----------------|------------|------------|------------|
|                 | 生 育 初 期    | 茎 葉 繁 茂 期  | 根 部 肥 大 期  |
| 70cm区           | 水位70cm     | 水位70cm     | 水位70cm     |
| 50cm区           | // 50cm    | // 50cm    | // 50cm    |
| 30cm区           | // 30cm    | // 30cm    | // 30cm    |
| 10cm区           | // 10cm    | // 10cm    | // 10cm    |
| 70 — 70 — 70    | 水位70cm     | 水位70cm     | 水位70cm     |
| 10 (20日) —70—70 | 水位10cm20日間 | //         | //         |
| 10 (40日) —70—70 | // 40日間    | //         | //         |
| 70—10 (20日) —70 | 水位70cm     | 水位10cm20日間 | //         |
| 70—10 (40日) —70 | //         | // 40日間    | //         |
| 70—70—10 (20日)  | //         | 水位70cm     | 水位10cm20日間 |
| 70—70—10 (40日)  | //         | //         | // 40日間    |

供試作物は、テンサイ（ソロラーベ）を用い、5月初旬（昭和56年は5月8日、昭和57年は5月6日）に6歳の苗を畦幅30cm、株間30cmで枠当たり4株、移植した。テンサイの連作障害を回避するため、表土は昭和57年の試験開始前につめかえた。

## 2 水位処理法

水位処理は、内径5.5cm、長さ1mの側面にスリットのある塩化ビニール管をライシメーターの側壁につけて、75cm埋設し、上から水を入れて水位を調節した。なお、70cm、50cm等の水位は、それぞれ地表からの深さを表わす。水位を生育期間中、一定に保つ試験（以下、水位一定処理という）は昭和56年、生育時期別に過湿処理を行う試験（以下、生育時期別過湿処理という）は昭和57年にそれぞれ実施した。水位一定処理では、移植後38日間は水位処理を行わず畑状態に保ち、6月15日から10月23日まで3連で、それぞれ所定の水位にした。また、生育時期別過湿処理は、移植後25日目から表-2の下段に示すような処理を行った。すなわち、生育初期の20日間処理は6月1日～6月20日、40日間処理は6月1日～7月10日、茎葉繁茂期の20日間処理は7月1日～7月20日、40日間処理は7月1日～8月9日、根部肥大期の20日間処理は8月1日～8月20日、40日間処理は8月1日～9月9日までそれぞれの期間、地下水位を10cmに保ち、それ以外の期間は70cmに保った。さらに対照区として地下水位70cmを保った区（70—70—70）を設けた。

## 3 調査および分析法

水位一定処理では6月15日から2週間ごとに、生育時期別過湿処理では5月31日から10日ごとにそれぞれ、テンサイの草丈および葉数の調査を行った。さらに収穫期（昭和56年10月23日、昭和57年10月12日）には、根周、根長、頸葉重、根重および根中糖分を測定し、根腐れ程

度を観察によって調査した。

テンサイの分析は、頸葉部と根部について、Nはケルダール法、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ 、 $CaO$ 、 $MgO$ および $Na_2O$ については硝酸一過塩素酸混合液による湿式灰化法でそれぞれ分解し、常法により各養分を測定した。

一方、土壌については、生育期間中、深さ10cmにテンシオメーターを設置して、毎日午前9時に土壌水分張力を測定した。また、適宜、土壌通気性の指標となるO.D.R.（酸素拡散速度）を大起式O.D.R.メーターで測定した。さらに、跡地土壌のpF—水分特性、三相分布を調査した。

## III 試験結果

### 1 生育経過からみた水位処理の影響

#### 1) 水位一定処理の影響

各地下水位に処理したテンサイの草丈および葉数の経時の変化を図-1に示した。同図によれば、処理開始から2週間経過した時点では、葉が黄化するなどの湿害症状はほとんど認められず草丈も他の区とほとんど変わらない値を示した。4週間経過した7月中旬には、水位10cm区において草丈の伸長が停滞し、下葉の明らかな黄化現象が認められた。その後、下葉が枯れ上がり、8月10日に草丈は水位処理開始時に比べ低くなり、この状態が収穫期まで続いた。また、葉数は、生育期間中、10枚前後で推移した。次に、水位30cm、50cmおよび70cm区を比較すると、8月中旬以降、草丈は30cm区<70cm区<50cm区、葉数は30cm区<50cm区<70cm区の順になった。なお、30cm区では、9月下旬以降に下葉の黄化現象が始まり、葉数の減少がみられたが、50cm区および70cm区では、通気性不良に伴う葉の黄化現象は収穫期まで認められなかった。

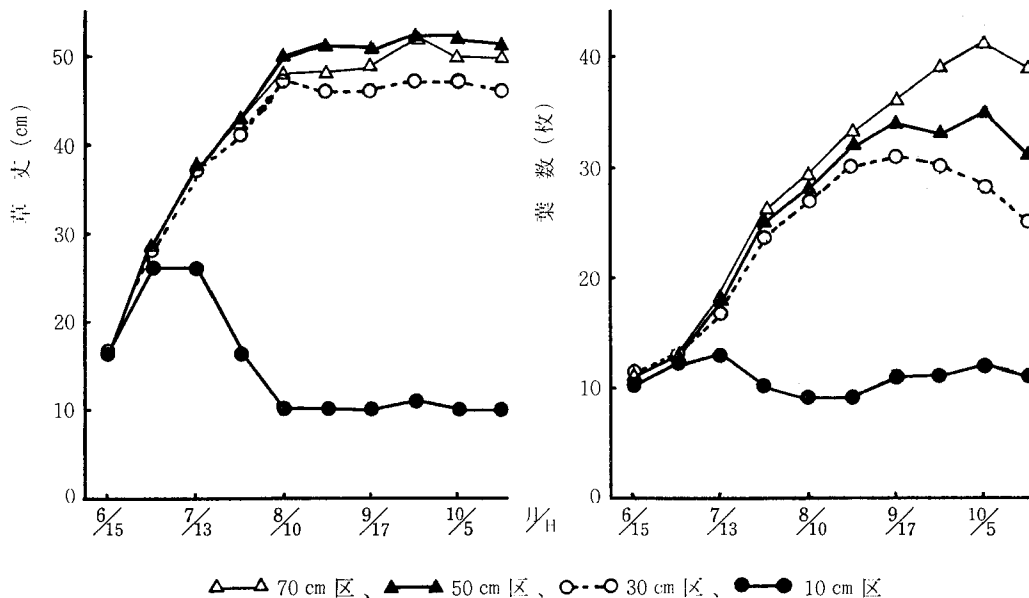


図-1 地下水位の高さとテンサイの生育

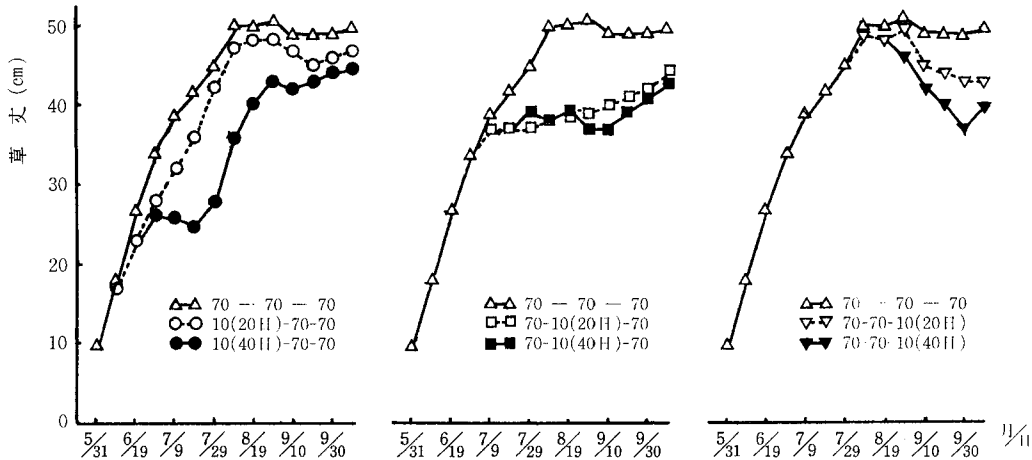


図-2-1 過湿処理の持続とテンサイの草丈の推移

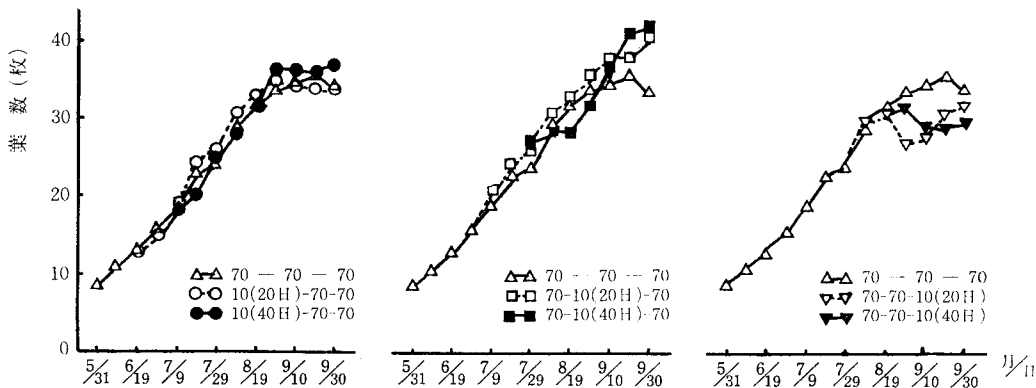


図-2-2 過湿処理の持続とテンサイの葉数の推移

以上の結果、2週間以上の水位10cm処理は、テンサイの生育に大きな影響を及ぼすこと、さらに水位30cm処理においても長期間にわたる場合は湿害の発生が認められることなどが明らかとなった。

## 2) 生育時期別過湿処理の影響

生育時期別の過湿処理に伴うテンサイの草丈および葉数の経時的変化は、図—2—1および図—2—2にそれぞれ示すとおりである。

生育初期の過湿処理をみると、20日間処理では対照区にくらべ草丈が低く推移した。これに対し40日間処理では、処理開始後30日目頃の7月初めに下葉の黄化現象が認められ、草丈の伸長も停滞した。しかし、過湿処理終了後20日ほど経過して生育が回復し、9月下旬には20日間処理区にはほぼ匹敵するようになった。

茎葉繁茂期の過湿処理では、20日間処理および40日間処理とも、処理開始10日目以降、草丈の伸長が鈍化し、8月30日以降は40日間処理の方が草丈はやや低く推移した。20日間処理では、下葉の黄化現象が、処理終了時にはほとんど認められず、その後、葉腐病が多少みられた。一方、40日間処理では、処理終了時に下葉の黄化現象がみられ、その後、葉腐病が20日間処理にくらべ多く認められた。このことが8月中旬～下旬の葉数の停滞に反映されている。しかし、9月中旬以降、茎葉繁茂期処理では対照区にくらべ、小形の新葉の増加で葉数が多くなった。

根部肥大期の過湿処理では、20日後にすでに葉腐病が多くみられ、40日間処理では処理終了時に枯死葉が著しく多かった。その結果、草丈は8月下旬から減少し、特に40日間処理での減少が著しかった。また、葉数は20日間処理では8月下旬～9月上旬に減少するものの、新葉

の展開で9月中旬以降、再び増加した。しかし、40日間処理では生育の回復が遅れ、葉数の増加はみられなかった。

## 2 収穫期における調査

水位一定処理試験および生育時期別過湿処理試験の収量調査結果を示すと、表—3のとおりとなる。

根重収量は、水位一定処理では、70cm区にくらべ、50cm区で10%減収、30cm区で30%減収、10cm区ではほとんど収穫皆無となった。さらに、根腐病は70cm区および50cm区では全く認められなかったが、30cm区ではわずかに認められ、10cm区では症状が著しかった。

また、根重収量を生育時期別過湿処理で比較すると、20日間処理では、対照区にくらべ、生育初期で20%、茎葉繁茂期で10%、根部肥大期では30%のそれぞれ減収となった。また、40日間処理でも、生育初期で30%、茎葉繁茂期処理で25%、根部肥大期で20%の減収がそれぞれ認められた。しかし、茎葉繁茂期の40日間処理および根部肥大期の各処理では、根腐病の被害が著しいため、根腐れ部分を除いた実収量はさらに低下するものとみられる。

一方、根中糖分について水位一定処理では、著しい湿害を受けた10cm区で低く、30cm区、50cm区および70cm区では根重収量が高くなるほど減少する傾向を示した。なお、糖量については、70cm区>50cm区>30cm区>10cm区となった。生育時期別過湿処理の比較では、根中糖分は、20日間処理で対照区よりやや高く、40日間処理では対照区より低く、特に根部肥大期処理では10%低下した。糖量については対照区>茎葉繁茂期処理>生育初期処理>根部肥大期処理となり、20日間処理より40日間処理の方が少なかった。

表—3 テンサイの収量調査結果

| 処 理           | 草 丈<br>cm | 葉 数<br>枚 | 根 周 長<br>cm | 根 長<br>cm | 類葉重<br>T<br>生 g/株 | 根 重<br>R | T/R  | 根 中 糖 分<br>% | 糖 量<br>g/株 | 根腐れ*<br>程度 |
|---------------|-----------|----------|-------------|-----------|-------------------|----------|------|--------------|------------|------------|
| 70cm区         | 51.5      | 38.9     | 36.8        | 12.8      | 1196              | 949      | 1.26 | 17.7         | 168        | —          |
| 50cm区         | 52.7      | 31.8     | 36.0        | 13.0      | 879               | 846      | 1.04 | 18.3         | 155        | —          |
| 30cm区         | 48.5      | 27.3     | 34.1        | 10.3      | 512               | 636      | 0.81 | 18.7         | 119        | ±          |
| 10cm区         | 12.8      | 11.4     | 12.8        | 5.1       | 41                | 41       | 1.00 | 17.4         | 7          | ++         |
| 70—70—70      | 49.8      | 36.2     | 35.8        | 17.0      | 866               | 1067     | 0.81 | 17.2         | 184        | —          |
| 10(20日)—70—70 | 46.9      | 32.4     | 34.9        | 14.2      | 916               | 851      | 1.08 | 17.4         | 148        | —          |
| 10(40日)—70—70 | 45.2      | 36.9     | 30.5        | 14.4      | 750               | 752      | 1.00 | 16.9         | 127        | +          |
| 70—10(20日)—70 | 43.4      | 41.7     | 37.2        | 12.4      | 758               | 934      | 0.81 | 17.5         | 164        | +          |
| 70—10(40日)—70 | 42.8      | 36.2     | 37.2        | 11.7      | 674               | 808      | 0.83 | 16.8         | 137        | ++         |
| 70—70—10(20日) | 43.3      | 35.5     | 37.5        | 10.1      | 726               | 744      | 0.98 | 17.7         | 132        | ++         |
| 70—70—10(40日) | 40.0      | 28.5     | 36.8        | 12.9      | 480               | 861      | 0.56 | 15.6         | 134        | +++        |

\* 根腐れ程度：—：認められない，+：軽，++：中，+++：甚大

なお、生育後期に水位10cmの過湿処理を受けたものほど根周が大きく、根長の短い“ずんぐり型”の根部形態を示し、この傾向は水位一定処理試験でも認められた。すなわち、30cm区は50cm区、70cm区と比較して根周がほぼ同じであるものの根長が短い傾向にあった。また、湿害を受けたものほど根部の表面がなめらかでなく、やや褐色に変色しており、また、主根の先端が下方へ伸長せず、側方ないし上方へ伸びていることも認められた。

このように過湿処理がテンサイの根の生育に大きな影響を及ぼしていることが明らかとなった。

3 土壌水分張力および土壌通気性の経過

一定水位処理における地表下10cmの深さの平均土壌水分張力および三相分布は表-4のとおりである。水位処理後、70cm区ではpF1.8、50cm区ではpF1.6、30cm区ではpF1.2となり、生育期間を通じてほぼこの平均pFに近い値で推移した。水位10cm区では常時マイナスの値(水

表-4 地表下10cmの深さにおける土壌水分張力および三相分布 (水位一定処理試験)

| 処 理   | 土壌水分張力<br>pF | 三 相 分 布 (%) |      |      |
|-------|--------------|-------------|------|------|
|       |              | 固相          | 液相   | 気相   |
| 70cm区 | 1.8          | 19.2        | 48.8 | 32.0 |
| 50 "  | 1.6          | 18.5        | 53.0 | 28.5 |
| 30 "  | 1.2          | 19.9        | 63.0 | 17.1 |
| 10 "  | 水柱-8 cm      | 21.4        | 78.6 | -    |

柱-8 cm前後)を示した。さらに、このpF値に相当する気相率をpF-水分曲線より求めた結果、70cm区で32%、50cm区で29%、30cm区で17%と推定された。

一方、生育時期別過湿処理試験の場合、対照区はpF 2.0附近を前後し、10cm処理により、深さ10cmの土壌水分張力は負圧で推移した。また、過湿処理終了後、水位を70cmに下げるとpFはすみやかに上昇し、ほぼ理論値(水柱60cm)に近いpF1.8附近の値で推移するようになる。なお、このように、過湿処理終了後のpFが処理前より低くなるのは、脱水過程で軽い圧密を受け、毛管孔隙に変化がみられたためと考えられる。この場合の気相率をみると、対照区では41%、処理終了後は34%となることが認められた。

次に、土壌通気性の直接的な指標となる O.D.R. の深さ別測定結果を示すと図-3のとおりとなる。

同図(左)より、水位一定処理試験では、湿害症状の著しかった10cm区において、深さ10cmの O.D.R. が10と極めて低く、軽い湿害を受けた30cm区では、深さ10cm以下で、作物の正常な生育に必要とされる<sup>15)</sup> O.D.R. 40を下回る値が示された。これに対し、湿害症状の現れなかった50cm区および70cm区では、O.D.R. 40以上を示す土層がそれぞれ20cmおよび40cmの深さまで存在した。

図-3(右)より、生育時期別過湿処理試験における通気性についてみると、過湿処理前には深さ10cmから60cmまで60前後の O.D.R. を示したが、水位を70cmに処理すると下層土の O.D.R. は低下し、40以上の値を示す土層は表層から40cmまでとなる。さらに、水位を10cmに上

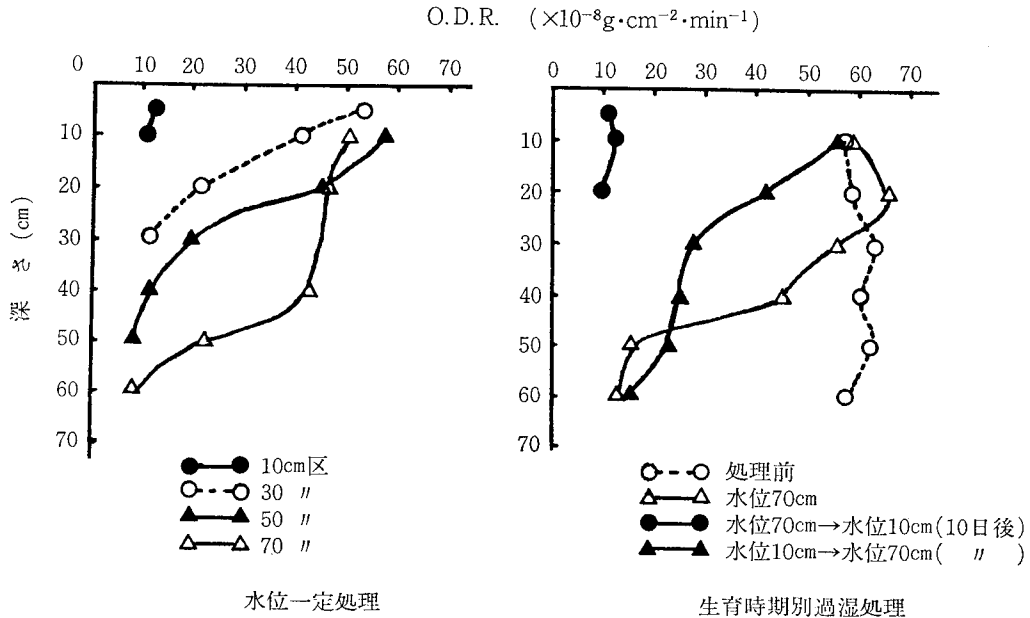


図-3 水位処理による O.D.R. の変化

表-5 テンサイの養分含有率(乾物%)

| 処 理           | 部 位 | N    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO  | MgO  | Na <sub>2</sub> O |
|---------------|-----|------|-------------------------------|------------------|------|------|-------------------|
| 70cm区         | T   | 1.82 | 0.37                          | 2.67             | 1.87 | 0.69 | 1.67              |
|               | R   | 0.72 | 0.19                          | 0.89             | 0.34 | 0.18 | 0.19              |
| 50 "          | T   | 1.68 | 0.41                          | 2.29             | 2.18 | 0.72 | 1.22              |
|               | R   | 0.68 | 0.26                          | 0.80             | 0.33 | 0.15 | 0.15              |
| 30 "          | T   | 1.44 | 0.46                          | 2.29             | 2.21 | 0.70 | 1.33              |
|               | R   | 0.65 | 0.30                          | 0.72             | 0.38 | 0.17 | 0.08              |
| 10 "          | T   | 1.90 | 0.58                          | 1.70             | 1.24 | 0.26 | 0.47              |
|               | R   | 0.89 | 0.20                          | 0.72             | 0.35 | 0.15 | 0.12              |
| 70 - 70 - 70  | T   | 1.69 | 0.35                          | 2.17             | 2.21 | 0.56 | 1.44              |
|               | R   | 0.67 | 0.19                          | 0.61             | 0.57 | 0.15 | 0.20              |
| 10(20日)-70-70 | T   | 1.51 | 0.40                          | 2.46             | 1.96 | 0.56 | 1.56              |
|               | R   | 0.60 | 0.27                          | 0.77             | 0.52 | 0.19 | 0.27              |
| 10(40日)-70-70 | T   | 1.54 | 0.40                          | 2.63             | 1.76 | 0.63 | 1.62              |
|               | R   | 0.70 | 0.33                          | 1.01             | 0.48 | 0.21 | 0.27              |
| 70-10(20日)-70 | T   | 1.88 | 0.46                          | 1.97             | 1.58 | 0.43 | 1.02              |
|               | R   | 0.76 | 0.27                          | 0.85             | 0.39 | 0.15 | 0.23              |
| 70-10(40日)-70 | T   | 1.70 | 0.44                          | 2.36             | 1.82 | 0.50 | 1.32              |
|               | R   | 0.73 | 0.25                          | 0.94             | 0.49 | 0.15 | 0.30              |
| 70-70-10(20日) | T   | 1.89 | 0.44                          | 2.21             | 1.60 | 0.49 | 1.31              |
|               | R   | 0.78 | 0.25                          | 0.73             | 0.54 | 0.15 | 0.20              |
| 70-70-10(40日) | T   | 1.99 | 0.54                          | 2.08             | 2.55 | 0.72 | 1.15              |
|               | R   | 0.93 | 0.33                          | 0.86             | 0.43 | 0.12 | 0.23              |

T: 頸葉部 R: 根部

昇させると、深さ5cm以下の層はO.D.R.が10前後の値を示す。水位を10cmから70cmに下げた場合、対照区と同じ値にまではならず、O.D.R.40以上の土層は20cmまでと浅くなり、水位一定処理の水位50cm区のO.D.R.分布と同じになることが認められた。これは、先にも述べたように、脱水過程での土壌構造の変化に起因するものと考えられる。

#### 4 作物体養分含有率

テンサイの頸葉部と根部の無機養分含有率は表-5を示すとおりである。

一定水位処理で比較すると、頸葉部では湿害の被害が甚大であった10cm区において、70cm区よりNおよびP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の含有率がやや高く、K<sub>2</sub>O、CaO、MgOおよびNa<sub>2</sub>Oの含有率が低かった。また、軽い湿害を受けた30cm区および50cm区では、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、CaOの含有率が高く、N、K<sub>2</sub>OおよびNa<sub>2</sub>Oの含有率が低かった。一方、根部では、10cm区でNの含有率が高く、10cm区、30cm区でK<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>Oの含有率が低かった。

生育時期別過湿処理では、根腐病の被害が著しかった根部肥大期処理で頸葉部、根部ともNおよびP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の含有率が高く、Na<sub>2</sub>Oの含有率が低い傾向が認められた。

## IV 考 察

### 1 土壌の通気性よりみた湿害発生の条件

一般に、畑作物の湿害は、土壌水分の過剰により、通気性が不良となって、作物根への酸素の供給が不足し、根からの養分吸収が妨げられる現象と考えられている。この湿害発生の土壌条件に関する研究は多く、作物の正常な生育に必要な土壌通気性の条件として、気相率20%以上<sup>9)</sup>あるいはO.D.R.40以上<sup>15)</sup>という報告がなされている。

しかしながら、作物の耐湿性は作物の種類および生育段階などにより異なるものと考えられる。本報告では、地下水位を変えて、テンサイを栽培した結果に基づいて、湿害発生の土壌条件について考察する。

まず、テンサイの湿害発生と地下水位の関係をみると、水位70cmおよび50cmにおいては湿害の発生がほとんど認められず、水位30cmおよび10cmで明らかな湿害症状が現われ、著しく減収する。とくに、水位10cm処理では、この状態を2週間以上続けると生育は停滞し、収穫は皆無に近くなる。従って、湿害の発生を防止するための地下水位は、少なくとも50cm以下にする必要があると考え

られる。しかし、水位70cmと50cmを比較した場合、70cm区の収量がより高いことが認められ、テンサイにとって好適な土壤水分環境はさらに、高い水分張力を示すことが推察される。

次に、上記のような地下水位を保った時の土壤条件についてみると、土壌pFは地表下10cmの位置で湿害の発生がみられなかった水位70cmおよび50cmでそれぞれpF 1.8, 1.6を示し、ほぼ24時間容水量に近い値となっている。また、これに対応するO.D.R.は深さ10cmでいずれも50~60の値を示すとともに、O.D.R.40以上となる土層が水位70cmで40cm、水位50cmで20cmの深さにまで存在することが認められた。湿害の症状が現れた水位30cmでのpFは1.2、O.D.R.は40となったが、土層の深さが10cm以下では急速にO.D.R.が低下した。

以上の結果より、テンサイの湿害を回避するための土壤環境として、地下水位50cm以下、深さ10cmの位置でのpFが1.6以上、さらに、O.D.R. 40以上の土層が20cm以上存在する必要があることが示唆された。なお、気相率は水位50cmで28%となったが、pF—水分曲線からの推定値であり、今後実測により検討する必要がある。

## 2 過湿状態の持続期間と湿害の発生

湿害の発生する土壤条件について検討する場合、過湿状態の持続期間および作物の生育ステージが問題となる。

先に述べたように、十勝地方では、降雨後の一時的停滞水の発生による湿害が主体であり、作物は降水後、湛水状態またはそれに近い状態におかれていることが多い。そこで、林ら<sup>14)</sup>も行ったように地下水位10cmの状態を過湿条件として、各生育ステージごとの過湿処理の持続期間と湿害の発生について検討を加えた。なお、過湿処理の持続期間を20日間および40日間としたが、これは、ある程度の明らかな湿害症状を発生させ、生育過程における湿害発生状況の解析をも考慮したためである。

過湿処理により、いずれの生育時期でも明らかな湿害症状が現れ、20日間処理よりも40日間処理の湿害程度が著しかった。また、生育時期別にみた場合、根部肥大期、生育初期、莖葉繁茂期の順に湿害の被害が大きく、減収し、生育初期では生育の遅延が、根部肥大期は葉腐病および根腐病による生育阻害が減収の要因となることがうかがわれた。

過湿状態の持続期間は20日間の処理で10~30%減収することから、20日以内にすることがあるが、現実には、このように長期間にわたって過湿状態が続くことはほとんどないと思われる。一方、一定水位処理試験によれば、水位10cmを2週間以上続けると生育が停滞することが認められている。さらに、菜豆では開花期に過湿状態

が4日間継続することにより、明らかな湿害症状を呈すること<sup>14)</sup>などが認められている。このようなことから、過湿状態の持続期間とテンサイの湿害発生との関係については、さらに検討する必要があるものと考えられる。

## 3 被害作物の形質の特徴

テンサイの湿害症状の特徴は、まず、下葉が黄化し、次第に葉腐れを起し下葉は枯死する。従って、葉数の増加は少なく、さらに根部は根腐れを生じ、著しい収量の低下を招く。

また、湿害を受けた根の形態は全体として“ずんぐり型”となることが認められるが、これは、BAVERら<sup>16)</sup>の観察と一致する。

養分吸収状況では、一般に、土壌の通気性が不足すると作物の養分吸収が阻害され、作物の生育が不良になる<sup>3), 8)~10), 14)</sup>といわれているが、本報告でも類似の結果が得られている。特に、他の作物にくらべてテンサイで吸収量の多い $K_2O$ および $Na_2O$ については、頸葉部、根部とも含有率が低下する傾向にあった。ただし、湿害を受けると、Nおよび $P_2O_5$ の含有率が高い傾向がみられたのは、養分供給の不足により、生育量の増大が緩慢であるため、濃度希釈が小さいため<sup>17)</sup>か、あるいは生育の遅延により、収穫期までにNおよび $P_2O_5$ の濃度が十分に低下<sup>18)</sup>しないためと考えられる。

## V 要 約

ライシメーターに湿性型火山灰土を充填してテンサイを栽培し、地下水位を調節して、生育期間中の一定水位による影響および生育時期別の過湿処理持続期間の影響について、土壌通気性の面から検討した。

1) 一定水位の場合、テンサイの収量は水位70cm>50cm>30cm>10cmとなり、水位30cmで軽い湿害を受け、水位10cmでは湿害の被害が甚大であった。このことから、本試験では、通気性不良による湿害回避のために、少なくとも地下水位は50cm以下に、O.D.R. 40以上の土層は20cm以上に、それぞれ保つ必要があることを認めた。

2) 生育時期別の過湿処理では、根部肥大期の被害が最も大きく、次いで生育初期、莖葉繁茂期の順になった。また、20日間の過湿処理は、テンサイの生育の停滞、減収をもたらすことが明らかとなった。

3) 湿害を受けた場合、形態的には、下葉が黄化し、葉腐病、根腐病の被害を生じ、根の伸長がおさえられるため、“ずんぐり型”の形状を示すことが認められた。また、養分吸収状況では、Nおよび $P_2O_5$ の含有率が高く、 $K_2O$ および $Na_2O$ の含有率が低下することが認められた。

## 引用文献

- 1) 菊地晃二・関谷長昭・横井義雄：十勝地方における土壌の分類とその特性に関する調査研究，道農試集報，**35**，29～41 (1976).
- 2) 菊地晃二・関谷長昭・浦谷孝義・及川 博・稲村裕文・西部 潤：十勝管内における地力実態，北農，**45** (9)，9～41 (1978).
- 3) ALBERT R. GRABLE: Soil Aeration and Plant Growth, Adv. in Agron., **18**, 57～106 (1966).
- 4) 山崎 伝：畑作物の湿害に関する土壌化学的並びに植物生理学的研究，農技研報告 **B1**，1～92 (1952).
- 5) 池田利良・東 駿次・川出武夫：麦の生育時期における土壌過湿の影響，東海近畿農試研報，栽培部，**4**，30～37 (1957).
- 6) 小川和夫：鈣質畑地土壌における地力要因の解析的研究，東海近畿農試研報，**18**，192～352 (1969).
- 7) 位田藤久太郎：蔬菜の根の通気必要度，土壌の物理性，**8**，13～19 (1963).
- 8) 安田 環・荒木浩一：土壌空気に関する研究(第1報)，土肥誌，**41**，413～417 (1970).
- 9) 福井重郎・伊藤隆一・内山泰孝：土壌水分が大豆の生育並びに収量に及ぼす影響に就いて，第III報 地下水位の高低が大豆の生育並びに収量に及ぼす影響，関東東山農試研報，**1**，9～14 (1951).
- 10) 福井重郎・鈴木 寿・内山泰孝：同上 第IV報 生育時期別地下水位の変化が大豆の生育並びに収量に及ぼす影響 同上，**5**，28～32 (1954).
- 11) 石塚喜明・尾形昭逸：泥炭地における排水水位の問題，(第1報～第5報)，土肥誌，**33**，483～488，489～495 (1962). **34**，192～196 (1963). **35**，37～39 (1964). **36**，297～303 (1965).
- 12) 早川康夫：根釧地方泥炭の理化学的特徴と開発に伴う土壌肥科学的諸問題について，第4報，水位の作物生育と泥炭分解に及ぼす影響，北海道立農試集報，**11**，21～51 (1963).
- 13) 北海道立上川農業試験場：昭和45年度水田転換畑への畑作物導入に関する試験成績書 (1976).
- 14) 林 成周・古畑 哲：湿地統火山灰土壌の改良に関する研究，第1報，過湿状態の持続期間が菜豆の生育，収量に及ぼす影響，北海道農試集報，**90**，31～46 (1966).
- 15) STOLZY L. H. and LETEY J.: Characterizing soil oxygen conditions with a Platinum microelectrode, Adv. Agron., **16**，249～279 (1964).
- 16) BABER L. D. and FARNSWORTH R. B.: Soil Structure effects in the growth of sugar beets, Soil Sci. Soc. Proc., **5**，45～48 (1940).
- 17) 西宗 昭・斉藤元也・金野隆光・藤田 勇・宮沢数雄：十勝に分布する肥沃度の異なった土壌におけるテンサイの生育解析，北海道農試研報，**133**，31～60 (1982).
- 18) 串崎光男・安田 環：てん菜の生育過程における物質の消長(第1報)―特にナトリウム栄養を中心にして―，北海道農試集報，**83**，71～77 (1964).

(昭和57年12月6日受理)

## Summary

Gleyic Humic Andosols were packed into lysimeters, and sugar beets were planted. The effects of the water table levels kept constant throughout the growth period, and of the duration of excess-moisture treatment during three different growth stages, on the growth and yield of sugar beets were evaluated.

1) Crop yield decreased with the rising of the water table levels in the order of 70 cm, 50 cm, 30 cm and 10 cm. At a level of 10 cm, severe symptoms of wet injury were recognized, whereas mild symptoms appeared at a level of 30 cm. Therefore it was concluded that excess water should be drained below a level of 50 cm for the water table, and that a soil layer of 20 cm with O.D.R. of 40 was needed to avoid wet injury caused by poor soil aeration.

2) When excess moisture conditions were maintained for 20 days during three different growth stages, distinct symptoms of wet injury were also recognized, and the crop yield decreased in the order of root development stage, early growth stage and luxuriant growth stage. From these results it was concluded that excess-moisture conditions should be avoided within 20 days of the growth period.

3) When the sugar beets suffered from wet injury, the leaves of the lower part of the plant turned yellow and fell earlier, the roots became rotten, N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contents increased whereas K<sub>2</sub>O and Na<sub>2</sub>O contents decreased.