

○我々現地の者はやはり「土壌物理研究搾取家」が自然多い事だろう。現地の一人として「土壌物理研究発展」のために少なくとも阻害になりたくないの、その範囲内で入会を許しておいて戴きたい。  
(1959年1月)

## 研究室のゼミナールから

### —文献紹介と圃場水分の問題点—

美 園 繁 (農技研化)

#### 1. ま え が き

土壌物理研究会の発足、会誌「土壌の物理性」の創刊を心からおよるこび申し上げます。私の所属する研究室では、土壌水分に関する研究が、研究室における土壌水分系の研究から、作物の栽培されている圃場の水分系(作物-土壌水分系と呼んでいる)の研究に移ってきている。

この報告も、研究室のこの動きと関連したもので、1959年2月はじめに開かれたゼミで紹介された文献(紹介者は筆者)とその後で自由に討議された圃場水分の問題点の主要なものである。

#### 2. 文献とその主な内容

紹介された文献は、Journal of the British Grassland Society, 12, 1959のA. Jäntti and R. Heinonen(フィンランド、ヘルシンキ大学): Effect of defoliation and Soil moisture on grassland re-growthである。Jäntti は “植物根独自では、1~2気圧(PF 3.0~3.3附近)より大きな張力下の水分を吸うことはできないけれども、葉面蒸散を伴うことによつて、植物はより乾燥状態の土壌からも水分を吸収できる。”という理論を提唱し、1955年O. Pohjakallio and S. Anttila によつてその信頼性が試験(ポット)されていた。

この研究は、Jäntti の理論を圃場で実証することを目的としている。

圃場試験は、表層が後期氷河の産物である alluvial clay の土壌で行われた。土層断面は0~20 cm はよく団粒化した clay loam で腐植含量は約5%、20~

32 cmは loamy fine sand, 32~100 cmは heavy clay で non-capillary porosity は1~5%であつた。1955年6月15日, 地下水面は80 cmで, 実験はじめの7月19日には142 cmに下降し, 実験期間中さらに10 cm低下した。

作物は6年生と1年生の混播牧草である。

実験は, 土壌水分を field capacity (F.C), semi-dry (S.D), permanent wilting point 附近 (P.W.P) の3段階とし, それぞれの水分区で牧草の刈り取りの高さを, 12, 4, <1 cmの3段階とした。4回反復で36 plots を作ったが, 1 plot の面積は1 yd (0.914 m) 平方である。6 plots で1 block を作り, blocks のまわりは深さ50 cmまで, 油をしみこませた fibre board を打ちこんで周囲の土壌と絶縁している。試験区には雨除けが設けられている。

土壌水分の測定は, 電気抵抗法を使用し, 吸湿体は石膏ブロックを使った。それぞれの block の b-plot (高さ4 cmの刈り取り区) の深さ10, 30, 60 cmおよび a-, c-plots (12 cm, <1 cm) の10, 30 cm に吸湿体を配置した。Calibration は実験期間の前後に圃場で実施した。

水分の段階をつけるために, 5月18日から7月28日まで, 雨除けを使用し, 灌水しながら調節した。天候は日照と乾燥に恵まれ実験には好都合であつた。

P.W.P区でも, 深層には低張力の水分をもっており, 牧草はその水を利用している。但し根系分布をみると, 深さ30 cm以下に入っている根量は, 0~60 cmの土層全体に入っている全根量の5%以下であることがたしかめられている。水分調整が終り, F.C, S.D, P.W.Pの3段階で, 7月29日から8月18日までの水分変化を毎日追跡した。

6月15日, どの区も高さ5 cmに刈り取りをおこない条件を揃えた。このときの各区の収量はほぼ相等しく, 乾物で100 gr/eq. yd.であつた。7月29日, 12, 4, <1 cmの高さに刈り取り, それぞれの収量を調査(第1回, I)し, 8月19日, 実験の終りに, 全区1 cmの高さに刈り取りそれぞれの収量を調査(第2回, II)した。

実験期間中の観察によれば, <1 cmの乾燥区では大部分の牧草が休眠状態になつたが, 実験が終了し, 秋になると恢復してもとにかへつた。個々の植物体の生育差も, <1 cmの乾燥区が著しかった。

実験を終り, 全区に十分灌水し, 雨除けをとりのぞき, 10月4日第3回の刈り取りをお

こなつたところ、どの区も大体同じような収量を与え、刈り通りの高さの違いはafter-effect を与えないことを示したが、水分処理の差は若干の影響を与えていることがわかれた。このような実験の結果、つぎの主要な結論を得た。

1) 実験期間の終りの収量でみると、土壌水分の影響は、収量(I)のすべてと12 cm刈りとり区の収量(II)に表われるが、4 cm刈りとり区の収量(II)ではみとめられない。どの場合にも旱害による収量の減少は10~20%である。しかし、<1 cm区では、再生量は土壌水分の減少に対応して、はげしい減少を示す。S・Dでは、F・Cの半分以下の再生量である。P・W・Pでは、F・Cの約30%の再生量しかない。

2) 実験期間中の再生量を平均的な比率でみると、刈株の高さが12 cmから4 cmに減少すると、水分の多少にかかわらず、3週間に約30%の減少が生ずる。

F・CおよびS・Dでは、<1 cmの刈りとり後の再生量は、12 cmのものの約半分ではない。この減少は明らかに葉面の欠除による。P・W・Pでは、再生量の減少はさらにひどく、<1 cmは12 cmの24%にしかすぎない。これは葉面の欠除のみでなく明らかに水分の条件が作用していることをしめしているが、両者の相互作用は統計的に有意ではない。

3) このような結果は、前に述べた Jäntti の理論が信頼できることをしめし、この理論によつてよい説明を与えられる。

4) 草地の管理及び利用についていえば、牧草の生育期間が、土壌水分がその収量減少因子となるほど乾燥するようなときには、放牧したり、ひんぱんに刈りとりを行つたりしてはならない。乾草を作つたり、Silage したりする場合には、乾燥期に当るので、刈り株の長さをかなり長くしなければならない。

刈り株の限界長さは、植物組成と密度によつて異なる。植物に容易に利用される水分が少なく、水分の大部分は高張力の下にあるようなheavy clay soilでは、過度の放牧はきわめて危険である。

### 3. 自由討議の中からだされた圃場水分の問題点

討議はかなり多方面に亘り、自由に行われたが、その中での興味ある問題をひきだすことにする。ひきだされた問題点は、必ずしも前述の文献に直接関係をもつてはいない。また、ここに提出された問題は、十分な検討をうけたものではなく、今後の研究によつて明らかにされねばならないものが多い。

1) 圃場水分の変化を生ずる主要因は何か？

気象条件、とくに降雨の条件が圃場水分の変化に密接な関係をもっていることは明らかである。十分な降雨があれば、飽和に近い状態まで圃場水分を増加し、無降雨の日数が連続すれば圃場水分は次第に減少し、土壌表面に近い部分では風乾状態に達することが認められている。

けれども、通常われわれが圃場状態といっている場合には、その水分変化の主要因は気象条件や土壌の力学的な性質などではなくて植物—栽培作物である。

圃場水分の年間週期変化をみても、そのminimumは作物の生育がもつとも盛んな時期に、そのmaximumは作物の水分利用が弱まるか、あるいは失なわれた時期に表われている。

作物栽培区の水分変化は、作物の蒸散作用の進行とともに急速に行われ、作物根が伸張している土層では、深層までも乾燥が進行する。けれども、作物根系の影響をうけない土層ではその水分状態はほぼ定常を保っている。

裸地圃場のような場合には、表面の乾燥は通常数cmに止まり、深層にいたるほどほぼ定常状態を保っている。栽培作物が熟期に達した圃場の場合にもそうである。

このような例は、土壌毛管説で主張されるように、土壌からの蒸発に連続する過程としての毛管上昇による水分の損失、というような考え方ではなくて、葉面からの蒸散に連続した作物根系—とくに根毛組織の吸水こそ、圃場水分を変化させる主要因であることをしめしている。

ここに紹介された論文の内容も、このような考え方に一致しているようにみえる。

2) 圃場水分の植物への供給過程を、毛管説のみで説明できるのか？

作物根系、とくに根毛組織の吸水—もちろん地上部の蒸散作用と連続している—によつて、根圏の土壌水分が減少すると、根圏外の水分が毛管ポテンシャルの差に応じて、根圏に供給される、という考え方が通常行われてきている。土壌毛管説の立場では、この通りに説明される。ところで、土壌毛管説に立つて、毛管伝導速度を土壌水分張力(例えば $p^F$ )と関連して考えてみよう。

$p^F$  0 から2.0附近までは、水分張力が増大するに伴つて、伝導速度は急速に減少する。

$p^F$  2.0から3.0附近までは、きわめて小さな水準で、なお減少をつづけていくと考えてよい。けれども、 $p^F$  3.0あるいはそれ以上の高張力になると毛管伝導速度は、実際の圃場では、ほとんど0とみてよい。

実際の圃場の試験研究に当たっている研究者の側から、萎凋点、あるいは“有効水分”の上限

値を  $p^F$  4.2 とするのは、実際と合わないという主張が出されるのも、いま述べた事実の反映ではないか。

また、火山灰土壌の下層土が膨大な水分をもっていることから、下層土があたかも作物への水分供給源の如く考え、畑地かんがいや深耕、心土耕に対し、客観的には消極的になつていたのに、現実には、火山灰土壌地帯でも灌がいの効果はきわめて顕著に表われ、また心土耕、混層耕、天地かえしなどを実施すると、作物根系の伸長を容易にし、作物体の生育を促し、土壌水分の利用される量を増大しているという事実がみとめられている。

これらの事実は、火山灰土壌の下層土がもっている膨大な水分は、土壌毛管説で考えられているような水分供給源ではないことをしめし、作物根系の直接の吸水作用が、水分供給の主要因であることをしめしている。

もちろん、土壌水分の毛管伝導を否定することはできない。 $p^F$  0 から  $p^F$  3.0 附近までは、高  $p^F$  領域になるほど、その効果は小さくなるけれども、毛管作用は水分の運動に重要な効果を与えている。また、高張力下の水分でも根毛の周囲と団粒内部の水との関係などには、毛管張力を考えてよいだろう。けれども、圃場状態は  $p^F$  3.0 附近及びそれ以上の高張力分野にも拡がるのであるから、つねに連続した水膜状の運動のみを予想する必要はない。

3) 圃場水分とくに  $p^F$  3.0 附近以上の高張力下の水分の存在様式について。

$p^F$  0 から 7.0 までの範囲を考えてみよう。 $p^F$  2.0 附近までは、水分の運動には重力の作用が優先し、排水が行われる。透水性、通気性が問題となり、滲透係数が意味をもっているのは、主としてこの領域である。

$p^F$  2.0 から 3.0 附近までは、液気界面の毛管張力が次第に重要な作用をもつてくる。毛管伝導度、浸潤作用などが比較的純粋な意味をもつてくる。状態変化の主要因は毛管ポテンシャルの差であると考えてよいだろう。但し、この分野でも作物根系とくに根毛組織の吸水作用は重要な効果を与える。

$p^F$  3.0 から 4.0 附近までは、毛管作用はさらにつよまつていくが、圃場水分は必ずしも土粒子の周囲を包みながら相互に連続した水被膜と考える必要はない。十分な実証を伴つてはいないが、団粒の内部あるいは土粒子相互の接点附近に不連続に存在していると考えてよい。このような状態に変化を生ずる主要因は、毛管ポテンシャルの差による伝導作用ではなくて、蒸気圧の変化と局所的な存在部位に直接密接する作物根系とくに根毛組織であると考えてよい。

pF 4.0 以上の高張力分野では、液気界面の張力よりも、固液界面に作用する力が次第に主導的な位置をとる。膨潤性、吸湿性などが問題となってくる。この分野の状態変化の主要因は、固液界面の物理化学的性質の変化であり、外側からみれば蒸気圧の変化であるとみてよい。

#### 4. あ と が き

ここに述べた圃場水分の問題点は、研究室のゼミの中で自由に討議されたときにだされたものであつて、十分な検討をうけたうえで皆の意見が一致したということではない。問題点のとらえ方、表現のし方などにも、筆者の独自のものが入っているので、ゼミに参加した研究者が責任を負うべきものではないことを附記する。

### 随 想

## 風 蝕 と 土 壤 の 凝 集 力

国 分 欣 一 ( 関 東 東 山 農 試 )

土壌物理研究会が発足して第1号の会誌が出される事になつた。会の今後の発展を祈ると共に、このような会の性格として林をつけないざつくばらんのものであつて欲しいと思ふので、その積りで駄文をつづることにする。

土が風で飛ばされるということは純物理的現象で疑をはさむ余地がない。海岸などの砂防のための防風林造成を目的とした研究には風と砂の移動との関係についての基礎的研究を含めて詳細な報告が沢山あるが、素人の小生には仲々わからない。土にしても原理は砂と同じ筈である。ただ粒子の組成、比重、粘性などが異なり、砂のように一すじ縄では行かないのである。そして物理的な性質を支配するものは多くは最も微細なコロイド部分であつて、結局は腐植と粘土の問題に突きあたる。即ちこの微細なものが集合して物理的には細砂になつたり、ときには礫の働きをしたりもする。

水分を除外して取扱うと風に対する抵抗力は粒子の大きくなるに従つて増大する。  
(equivalent diameter 0.1mm 附近以下では又別である)

従つて乾燥した場合の土壌構造が問題になり、凝集力が関係する。

凝集力の指標として固結度をとりあげて見ると、腐植含量とは一相関が見られ、 $H_2O_2$ 処理で腐植をとばしても固結度が増大する。これは沖積土でも火山灰でも程度の差こそあれ例外がなかつた。腐植の意義は今更述べるまでもなく、實際農業生産の場として見るとき考え方の調整がむづかしい。