

総 合 討 論

座長 根岸久雄（農士試）・安田 環（農技研）

座長 本日のテーマは多方面にわたりました。これらが一つにまとまるような大きな論理の体系が講築されるなら、それは大きな進歩でありましょう。このような観点よりここでは、土—水—植物相互の水の移動については体系化するような方向に視点をのいた質問をいただきたいと思ひます。

関谷（果樹試） 石田さんと田中さんお聞きします。土壌水分の供給が連続的な時と不連続の時（前者は腐植質火山灰土壌の場合、後者は礫質土壌の場合）で根の分布および伸長はどのようになるか。乾燥条件が入った方が根が伸長するのか。また、根の環境条件、塩類濃度などの変化で植物葉中の気孔数の変化が生じるのかどうか。

田中 根の分布は環境により影響される。一般的には、乾燥条件下で根が深くはっているというデータが多い。ただし、根を伸長させるには呼吸のエネルギーや炭水化物の集積が必要であるのに、乾燥条件下では地上部の光合成量が落ちる。このことによって根の深さが2次的に規制されてくると思われ、かなり複雑である。次に後の質問についてですが、気孔の大きさ、絶対数は乾湿、塩類濃度などによって大幅にかわる。

石田 地下水位が高い場合には地下水面10cm位の所で根の深さ方向への伸長がとまり以後は横方向に伸びていくというデータがあります。地下水面附近では酸素濃度が低くなり伸長が抑制されると考えられています。このようなことから考えて根の伸長には土壌が比較的乾燥している方がよいと思われまふ。根の吸水ということから考えた場合根が水の方へ伸長するのか水が根に近づくのかという問題は未解決になっています。

岩間（熱研） 石田、古藤田および川口氏へ質問します。（石田氏へ）根の吸水を規制しているのはポテンシャル差なのか不飽和透水係数の低下なのか。（古藤田氏へ）ライシメーターの実験では、土の影響は蒸発散量にはないと話だったが、使用した土の有効水分量は、また乾燥期間中の消費水量はどのくらいですか。（川口氏へ）毛管力遅滞点以下に乾燥させた後にかん水すると表層に水が貯留されるならば、それを生かした灌水方法は考えられないか。

石田 現段階でのマクロモデルそのものからは根の吸水の制限因子を明言することはできない。というのは例えばマクロモデルではマイクロモデルでみられるような根の近傍で現われるはげしいポテンシャル勾配が考慮されていないし、根の中に異なったポテンシャルが存在して

いるにもかかわらずクラウンポテンシャルという一つのポテンシャルで代表させている。吸水の制限因子を明らかにするためには根の近傍でマイクロモデルに現われるような情報をマクロモデルの中に取り込みつつネットワークとしての根の中の水の移動等を検討していかななくてはならない。

古藤田 実験は、表層2m位、その下に4m位の粘土層のある関東ロームで行なった。地下水位は1.5m位。蒸発散量は4~5mm/日、体積水分率は平均60%、表層（1~2cm）では乾燥が進むが10cm位のところでは乾燥しても水分量が10%以下にはならない。このように上部では乾燥はしているが牧草地での蒸発散量は土の水分率に影響されない。恐らく根がかなり下方まで伸びていてその水が吸い上げられているためと考えられる。砂地の場合には蒸発散量水分率に制限されるだろう。

川口 堆肥を表層にすきこむと、水がその部分にだけ貯留し、その後の土面から蒸発は主としてその部分で起こり水経済の面から不利であることを確かめている。また給水は根域全体をうるおすのがよいようであり、表層に水が貯留するような灌水方法ではよい結果が得られていない。

岩田（農士試）（田中氏に）植物体内の水の移動のメカニズムについて教えて下さい。（全講師に）また、土—植物—大気を通じての水の移動を把握する（モデル化する）ために、最も欠けている点、必要な点を教えていただきたい。

岩間（熱研） いまの質問と関連して石田氏におききたい。植物体内の水の移動をオーム則のアナロジーで考えてゆくと全て負圧下における移動と考えることになるが、実際には正圧の水の流れと考えなければならないことがあるように思われる。例えば、樹液等の溢泌現象あるいは数十mの高さの木の中で導管の中を液状水が流れることなど物理的にどう考えたら良いのか。

田中 茎を切った光合成実験結果からみると、植物体内は比較的単純な法則で動いているかのようにおもわれるが、根を考慮に入れた場合は非常に複雑な運動をすると思われる。呼吸の問題などかなり複雑な要因が挙げられている。根—茎、茎—葉間の水の動きはこれから解明していかななくてはならない問題であり、単純に結論を出すわけにはいかない。数十mの木のお話がありましたが、通常の植物体内の水の移動は距離の問題ではなく、単純な物理法規にはよらない。器官間の移動が問題であると思われる。いろいろの植物の場合に水欠乏に対して、茎の水分が緩衝作用を示すことがわかってきており、こ

のようなことを考慮にいれながら全体像をつくって行かなくてはならないと思う。

石田 私の立場から言って、土壌—植物—大気系における水移動のモデル化で、最も欠けているのは植物体内の水移動についてです。SPACは、ポテンシャルの連続性によって土壌、植物、大気という異なった3領域を結び付けるものですが、それぞれの領域で水の移動を表現する方程式がなければなりません。それらの方程式が地表面、根の表面、あるいは葉面といった所での境界条件によって結び付く訳です。ところが、植物領域における水移動の方程式は完成しておらず、今日、私が用いた吸い込み項のようなもので与えているのが現状です。次に、蒸散現象は正圧によって支配されるものですが、駆動力となるのは、その圧力分も含めたポテンシャル差であり、オーム則のアナロジーが成立しないという訳ではないと思います。また、水が地上数十mの高さにまで移動するという問題ですが、これは正圧によって水が押し上げられるのではなく、蒸散によって低下した葉のポテンシャルを補うために、ポテンシャル差に従って下方から水が引き上げられるという「凝集力説」で説明されます。この時、水柱が切れないということは水の凝集力による訳ですが、それは実験的に-200bar位まで保証されています。

古藤田 蒸発散の熱収支のうち80%ぐらいは放射とか地中へ入る熱量などに関連してとらえられる。あとの20%ぐらいは乱流輸送によっておこなわれる。この部分の精度を高めるためには乱流輸送の輸送係数を決定しなければならないが、その決定方法がむずかしく、なかなか精度の高い予測ができないのが現状である。

従来方法では、摩擦速度が関連するので地表面の凸凹、(Zo粗動係数)とか、もしその物体があればその高さを代表のスケールとして、これらをパラメーターとして乱流輸送を計算する。ところが地表の凸凹は風によって変形するし、また変形される度合は植物の成長過程によっても異なる。植物の高さのみでなく植物の生長にとりも弾力性の変化なども考慮に入れなくてはならないが、その査定がむずかしい。

もう一つは、貯留物体の貯熱量が熱収支に効いてくるという問題がある。例えば、同じ表面積をもつ蒸発計でも、浅いものに比べて深いものでは蒸発に使われる熱量は少なくなる。地中の水の動きなどをやる場合にはこのような点をもっと検討しなくてはならないと思う。

蒸発散の測定において背の高い植物のある場では群落抵抗(気孔抵抗をバルグにまとめたもの)の依存性が強い。群落抵抗は温度および水分によって変化するが、その場合の温度および水分依存性の絡み、例えば、これは講師の田中さんにお聞きしたいのですが、気孔は温度お

よび湿度が高いと開くが、温度が高く水分が徐々に低下するような条件下では、どのようなところに域値がでるかというようなことはよくわかっていない。

鴨田 SPAC (Soil plant atmosphere continuum) を考えていく場合、一番問題になるのは植物体内水分の生理的意義であり、これをはっきりさせる必要がある。体内水分はごくわずかな水位の変動でも非常に大きな生理的現象を示すにもかかわらず、その生理的意義がまだはっきりしていない。SPACの中で土壌水分については結合水から重力水まで細かく区分されている。土壌水分の程度にまでとはいかないまでも、体内水分の意義とカラック付けなどを早急にやる必要がある。どのような測定方法でSPACをつなげて行くのかも問題であろう。

また LAMBERT らなどがやっているトロイカ (Troika) モデル (1971年に発表されたSPACにおける水の動的流れに関するモデルであり、土、植物、大気中の水の動きに關与する数多くのパラメーターを入れ、シミュレートとしている) を手本にするなどして、より手確なモデルを作る必要がある。

SPACを明らかにしても、それが収量、品質、着色および糖分などにどのような影響を与えるのかということをはっきりさせなければ、植物体内の水分制御はうまくいかないだろう。

田中 光合成の落ちていく葉水分は種間でそれほど差はなく、葉水分を維持して行くための根の働きなどに大きな種間差がある。

もう一つは、バッファアクションとしての茎の持つ役割は種によって違うようである。このようなことからして、根、茎、葉の種の特徴、そのメカニズムがどうして違って起こるということを追求する必要がある。

それから先ほどの古藤田さんの質問ですが植物の生理現象に最も正しくアプローチするためには、まずどのような方法で測ったらよいかという問題がある。ウォーターポテンシャル、単純な拡散抵抗、その他 OTBD で測るなどいろいろな方法があるが指標とのからみ、すなわち対象とするであろう生理現象、ミネラル代謝などのかかわりあいをそれぞれの指標のうちどれで最も正しくアプローチできるのかということをお先ず検討しなくてはならない。特に温度の場合ではかなり複雑な、例えば生理現象全体が狂ってくるようなこともある。その辺については、きょうじこうとの関係を今後つめて行かなければならないと思う。

川口 灌水ということでお話したが、根群域がすでに整った状態で灌水を行なう場合に根群域全体に均一に灌水するのがよいのか、局所的な灌水がよいのかかわかっていない。先ほど灌水は根群域全体にするのがいいとお話したのは、局所的な灌水は作物の生育をかなり抑制する

という現象がみられたためであり、これは主に土壤水分の分布から見た場合のお話です。

これを根からみた場合に局所的な灌水はよいがどうかわかっていない。局所的な灌水は根の分布をかえているとの写真入りの報告が鳥取大（長ら，鳥大砂丘研究所報告第13号，1974）から出されているが，私達の実験では

根が水分域に近づくところまで確かめられなかった。

座長 なかなか論義はつきませんが，時間もだいぶ経過しました。本日は，この辺で一応打切らせていただきたいと思います。長い間，熱心な討論をしていただきありがとうございました。