



Title	蒸発散位の測定について
Author(s)	八鍬, 利助; YAKUWA, Risuke; 山本, 晃一 他
Citation	北海道大學農學部邦文紀要, 2(4), 23-27
Issue Date	1956-11-18
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11613
Type	departmental bulletin paper
File Information	2(4)_p23-27.pdf



蒸発散位の測定について*

八 欽 利 助
山 本 晃 一

Studies on potential evapotranspiration

By

Risuke YAKUWA
Kôichi YAMAMOTO

Institute of Agricultural Meteorology,
Faculty of Agriculture, Hokkaido University

緒 言

作物の生育と気候との間には非常に深い関係があるが、殊に気温、地温および土壌水分は作物の生育およびその収量に影響するところが甚だ大きい。気温や地温と作物との関係については相当詳しく研究されているが、土壌水分の研究は余り進んでいない。

今土壌中における水分の変化を見るに、土壌面に降つた雨によつて地中に貯えられた水分の一部は直接土壌面から蒸発し他は作物に吸収される。作物の根に吸収された水分の大部分は作物の莖葉から蒸散によつて失われる。土壌面からの蒸発量と作物からの蒸散量との合計を蒸発散と称する。

さらにまた作物に最適な水分を土壌中に保持し続けた時の蒸発散量を蒸発散位 (Potential evapotranspiration) と定義すると、この蒸発散位は蒸発散をうながす気候因子即ち気温、風速、湿度、日射等の函数となり、ある定められた作物については、蒸発散位とこれら気候因子の間にはある一定の関係が成立するはずである。

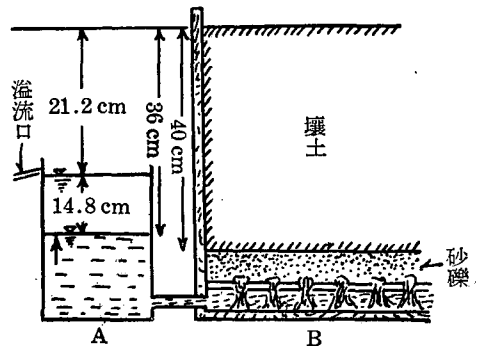
農作物の収量を増すには土壌中に適量の水分が存在することが必要である。故に近年乾燥地帯においては畑地に灌漑を行い、農作物の増収に努めている処があるが、適期に適量の水を灌漑するには、その地方における降雨の状況および蒸発散位を知ることが大切であ

る。

よつて筆者等は 1953 年北海道大学付属農場において蒸発散位の測定を行つた。次にその結果の概要を述べる。

観 測 法

1. 装置 正方形で表面積 31,081cm²、深さ 50cm の木製の試験槽(B)を作り、これに表面より約 40cm までは壤土を、その下には砂礫を入れ、これを穴のあいた底を以つて支え、穴から布片を垂れて底の水面から毛管作用によつて上層の土壌に水を与える様にした。さらに試験槽を連通管によつて給水槽 (A) (表面積 924.16 cm²) に連ね、給水槽には地地下 36cm に相当する所に印を付けて基準面とした。(第 1 図)



A 給水槽
B 試験槽

第 1 図 観測装置

* 北海道大学農学部農業気象学教室報告 第 13 号

試験槽中の土壌は前年春に入れたものであるから、殆ど自然状態になつているものと思われる。

本年は多量の降雨のため給水槽を溢れることがあつたので、その余水をうけるため補助水槽を付置した。

試験槽には5月30日陸稲北海早生を反当8升の割合で播種した。畦幅は1尺5寸である。

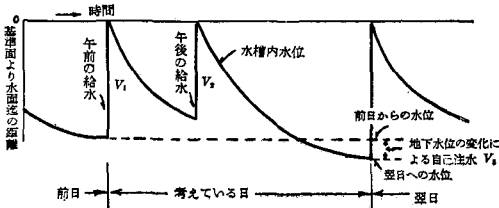
注水方法 蒸発散によつて試験槽内の水分が減少すると、それにしがつて給水槽の水は連通管を通過して試験槽内に補給される。給水槽には次の如くにして水を補充した。即ち6月16日より7月11日までは1日1回9^h00^m~9^h30^mに、7月12日以後は9^h00^m~9^h30^mと16^h00^m~18^h50^mの1日2回基準面まで注水した。もし多量の降雨があり、これが浸透水となつて試験槽から給水槽内に入り、槽内の水が基準面以上に達した場合には、基準面まで余分の水を排水した。補給した量を正、排水量を負とする。

蒸発散位算出の方法

1. 注水量と蒸発散との関係

注水した水は始めは給水槽内に head をもつたままたまつてゐるが、次第に試験槽内へと浸透して行きその重力水面を高める。日中蒸発散が盛んに行われて試験槽内の上層の土壌が乾燥しても、蒸発散の終つた夕方から翌朝までの12時間くらいの間には、水は毛管作用によつて上昇し大体平衡状態に達すると考えられるので、毎日の注水量は蒸発散量となるわけであるが実際には地下水面が変動するので、変動した分も注水(正または負)量に加算されるべきである。

今図式的に給水槽内の水位の変化を示すと第2図の如くなる。



第2図 給水槽内の水位の変化

この図に考えた様な日については、蒸発散量 E は注水量 V_1, V_2 、地下水位変化による自己注水 V_3 と、地下水面以上地面までに到る含水量の分布状態の変化による自己注水 V_4 および降雨 R の総和で表わされる。

$$E = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + R$$

ところが実際には本年は降雨が多く地下水面の変動が大きく、また毎観測時の含水量分布状態の変化も毎日測定したわけではないので、結局、注水量、排水量を毎日記載し、降雨後の含水分布と等しいと思われる日を5~10日毎に選び、 V_4 が各期間について無視できるものとして蒸発散量を計算することにした。

2. 地下水面変動による自己注水 V_3 の値

V_1, V_2, R は実測値があるが V_3 の値は間接的に求めねばならない。午前の注水時を日の区切りとすれば前日からの地下水位の変化はその時注水した量を給水槽の面積で除することによつてほぼ逆算し得る。かくすることにより地下水位の変動はわかるから、この変動に対していくらの容積(または地表における水深 mm)の水が必要であるかということ調べるため次の補助実験を行つた。

3. 補助実験

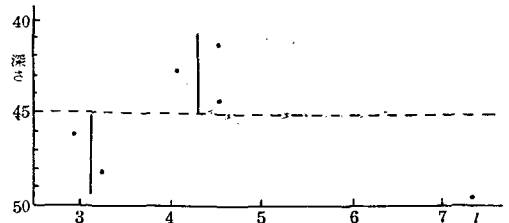
期間 10月20日より11月2日まで

装置 自記雨量計をゴムの連通管で給水槽に継ぎ水槽内の水位を自記させた。

方法 毎日1回同じ容積の水(8,000 cc)を給水槽から排水し水位の変化を自記により調べ、試験槽内の有効孔隙量を測定しさらに試験槽内において1cmの地下水位の変化に要する水量を計算した。勿論測定装置による誤差は補正した。その結果を示すと第1表および第3図の如くなる。

第1表 1cmの水位の変化に要する水量

地表面からの深さ (cm)	その深さに於いて1cmの水位の変化に対応する水量 (cc)
41.15	4,535
42.70	4,056
44.25	4,515
46.05	2,951
48.05	3,266
49.50	7,339



第3図 各深さの1cmの水位の変化に要する水量

この結果をみると大体 45 cm 深さよりも上では3点の平均

$$\frac{4,535+4,056+4,515}{3} = 4,369 \text{ cc/cm}$$

で単位深さの有効孔隙量はほぼ一定と考えられ、それが 45 cm で不連続となり、これより下は2点の平均

$$\frac{2,951+3,266}{2} = 3,108 \text{ cc/cm}$$

でほぼ一定と考えられる。

考察 以上のことから推考すると、地下水位が 40 cm~45 cmの間、つまり朝の注水が 3,697~8,317 cc の範囲内では水面の変化を x cm とすれば、それに対応する変化水量 V_3 は、給水槽内の水位の変化も考慮すると

$$V_3 = 5,293 x \text{ (cc)}$$

地下水位が 45 cm~48.5 cm の間で変化した時は、水面変化を x とすれば V_3 は

$$V_3 = 4,032 x \text{ (cc)}$$

また地下水位が 45 cm にまたがって変化する時は、前日の地下水位とその日の地下水位のいずれか値の大きい方を x_2 、小さい方を x_1 とすれば変化水量 V_3 は

$$V_3 = 56,742 + 4,032 x_2 - 5,293 x_1 \text{ (cc)}$$

で表されると考えることができる。

これらのことから朝の注水量から前日の自己注水がわかる。つまり V_3 を試験槽表面の水深 h (mm) に換算すると

$$40 \sim 45 \text{ cm}$$

$$h \text{ (mm)} = 1.70 x \text{ (cm)}$$

$$45 \sim 48.5 \text{ cm}$$

$$h \text{ (mm)} = 1.30 x \text{ (cm)}$$

$$45 \text{ cm をはさむ場合}$$

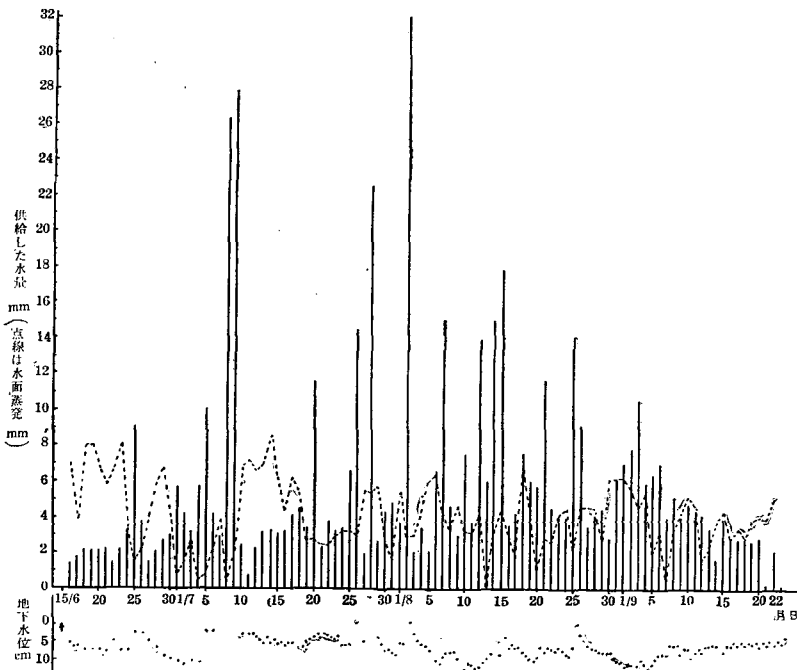
$$h \text{ (mm)} = 18.26 + 1.30 x_2 \text{ (cm)} - 1.64 x_1 \text{ (cm)}$$

で表すことができる。

観測結果

注水量およびそれから逆算した地下水位と水面蒸発の観測結果を第4図に示す。注水量は mm で表し、降雨 R もこれに加えた。

前にも述べた如く本観測に使用した様な装置においては毎日の水分分布を調べることは困難なことであるから、毎日の蒸発散量を正確に割り切つて出すことはできない。そこである期間毎に区切つてその期間内の水分変化の誤差はできるだけ計算にでてこない様にしたわけであるが、その期間の始めと終りでは水分分布状態が等しいことが必要である。どの様な日に区切つたらよいかというに、地下水位変化(第4図)を見

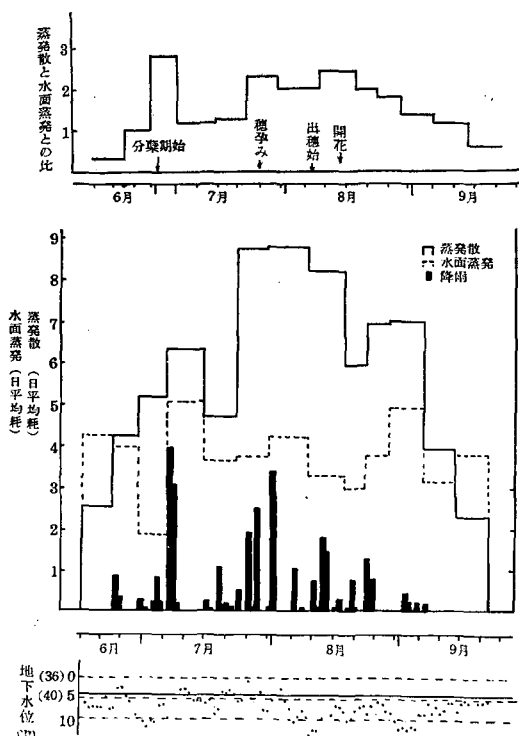


第4図 注水量と地下水位及び水面蒸発

ると本年は雨が相当多かつたが、砂礫層上に地下水が上つた回数は極く少い。したがつてもし降雨がなくて地下水水位が砂礫層表面より下部にある日を選べば、たとえ始めと終りの水分分布状態に相違があつても壤土層に地下水が接していないという条件である程度壤土層内の水分分布状態の相違の範囲がせめられる。それにもつと考慮を加えればかなりの誤差を取除くことができる。

この他にも種々考えてみたが、大降雨から大降雨までという区切り方をすれば土壤中の水分分布は圃場容水量に達しているからより正確なわけであるが、この様な大雨はごく少いのでやむを得ず上記の方法をとることにしたわけである。

それで、なるべく状態が同じと考えられる様な日を5~10日間隔に選び、その期間についての降雨 R 、注水量 I 、始めと終りの地下水水位の差による自己注水 V を代数的に加算して、その期間における全蒸発散量とする。但しこの際浸透による損失はなかつたものとする。したがつて地下水面の水分分布の相違による水分含有量の差は各々の期間では誤差となるが、年間を通じては殆んどなくなる。



第5図 昭和28年度の蒸発散位の値及び水面蒸発との比較

本年の実験は装置の不備、天候の不順等の原因により、諸気候因子と蒸発散量との関係を調べることはできなかったが、蒸発散に關係の深い水面蒸発との比較をしてみる。

上記の如き方法で区切つた期間について蒸発散と水面蒸発の値およびその比を計算してこれを図にしたものが第5図である。尙第5図には生育調査によつて調べた稲の生育についてわかっているものを記入した。

考 察

蒸発散は地面蒸発と植物体からの蒸散とに分けることができるが、土壤面蒸発は山本、荻原²⁾の実測によると、地表面が乾燥するまでは大体水面蒸発と平行する。したがつて土壤面蒸発は水面蒸発との比で見ると日照時数や気温による年変化よりも、地面が湿つているか乾いているかによる変化の方が大きいと考えられるから、年間を通じて同じ様に地面の湿つている日が分布しているとすると、地面蒸発の変化は蒸発散位の年間変化にあまり關係がなく、年間を通じて変化するのは植生による蒸発散量の変化によるものと考えられる。第5図の水面蒸発と蒸発散量の比を見ると陸稲の栄養生長の盛んな時期にはその比は上昇をたどるが、開花以後は減少しているということが総合的にいえる。ところが第3番目の期間即ち6月30日から7月6日までの間では、この比が飛び離れて大きく年間を通じて最高となつているが、これは分蘗期に入つたことと同時に殆ど毎日雨が降り地面が湿つていたことと日照が少ないので水面蒸発が他の期に比して最も少なかつたためと考えられる。

尙参考までに、全観測期間を通じての蒸発散量と乾物重量の比を求めて見ると次の様になる。

乾物量	全蒸発散量	全蒸発散量/乾物量
2,597 kg	573.84 mm	220.96 mm/kg

また籾の乾粒量は 21 gr であつた。

結 語

以上述べた事例は 1953 年に蒸発散位について行つた実験の概要である。近年開田事業が盛んに行われているが、一方畑地灌漑を実施している処もあるので、灌漑用水量に関する基礎資料が必要である。本実験もこの方面の参考になれば甚だ幸である。

この実験を行うに当り、観測に助力してくれた石井衛、工藤勇夫両君に深く感謝の意を表する。

文 献

- 1) Thornthwaite, C. W: Bull. Amer. Met. Soc. **32**, 166, (1951).
- 2) 山本, 萩原: 気象集誌 **16**, 97, (1936).

Summary

In this paper the results of observations on

potential evapotranspiration were reported.

A sketch of an evapotranspirometer will be found in Fig. 1. Water enters the field tank only from the supply tank or from precipitation while it leaves the field tank either by downward percolation or evapotranspiration.

The amount of evapotranspiration may be estimated as the algebraic sum of the water added to the tank, percolation and any change in storage moisture within the ground water in the field tank.

Values computed are reproduced in Fig. 5.