アラブ首長国連邦における散水 - 蒸発に伴う塩溶脱および再集積実験

福井大学大学院工学研究科	学生員	何 超*
福井大学大学院工学研究科	学生員	門野浩二*
福井大学建築建設工学科	正会員	福原輝幸*
近畿大学理社会環境工学科	正会員	高野保英**

1.はじめに 乾燥地・半乾燥地において農業を行う際,一般的に灌漑は不可欠である.しかしながら,排水 の不備,潅水量や潅水頻度に関する不適切な水管理および灌漑水質の不良などが原因で,土壌,地下水,灌 漑用水に含まれる塩が地表または根域に濃縮・集積し,植物の生育に障害を与えるような2次的塩害が生じ る.2次的塩害は,気象条件,土壌特性,灌漑条件などが複雑に絡み合って起こるため,その対策は非常に 困難である.そこで,本研究では乾燥地における散水-蒸発に伴う土壌中の塩移動の基礎的知見を得るため に,散水-蒸発に伴う熱・水分および塩移動の野外実験を行った.

2.実験装置および実験方法 実験は ,8 月下旬に U.A.E. Ras Al Khaimah 首長国にある Hamraniyah 農場で行わ れた.試験地の地形は平坦で,日射遮蔽物はない.試験地土壌は Sandy loam (平均粒径は 0.11mm) である. 試験地は, **写真-1**に示すように,エリア1およびエリア2に分けられる.エリアの面積はいずれも9m²(3m ×3m)である.

エリア1の地上には,長波放射計,アルベド計(いずれも英弘精機製),3杯式風速計(牧野応用測器研究 所製), 気温・湿度センサ-(VAISALA 製)を設置する. 中心部には土壌温度・湿度センサ-(VAISALA 製) が埋設される.エリア2には,高さ 0.15m,内径 0.065m の塩ビ製サンプリングカラムが,カラム頂部と地面 が一致するように埋設される.なお,カラムは頂部から深さ 0.05m までは厚さ 0.01m,それより以深では厚 さ 0.02m のリングにより構成される.カラムは計 20 本用意され,写真-1 に示すように 4 列(各列5本)に 配置される.全てのカラムに試験地と同じ土壌を充填する(充填密度は1650kg/m³).なお,散水後の蒸発量 を直接測定するため,試験地と同じ試料を充填した蒸発パン(内径 0.25m)が,両エリアに埋設される.

次に実験方法について述べる.上述した計測機器の設置後,カラムおよび蒸発パン中の土壌温度・湿度を 周囲土壌に馴染ませるために,3日間放置する.その後(8月28日18:50)両エリアに,地下水(塩濃度 C = 0.14%)を散水器により散布(散水フラックス M_w = 9.6×10⁻³kg/m²s,散水時間 W_t = 520s)する.エリア 1 での計測は、全て自動的に行われる.エリア2では予め決められた時間にカラムを掘り出し、層ごとに土壌

を採取して,体積含水率を求める.また,乾燥させた土 壌に同じ質量の純水を加えて攪拌し,コンパクト塩分計 (HORIBA 製)を用いて,土壌の含塩率 S_c(塩質量/乾燥 土壌質量×100)を求める.

3.実験結果

1) 気象特性 図-1は, 散水前日8月27日18:00から9 月1日18:00までの試験地における全天日射量,天空長 波放射量,および気温の経時変化をそれぞれ示す.測定 期間中は快晴が続いていたために,雲による全天日射量 の変動は殆んど無い.全天日射量の最大値は正午頃に約 0.9kW/m²に達する.天空長波放射量は昼間に大きく,夜



写真-1 実験地の様子

キーワード:塩集積,蒸発,熱・水分・溶質移動,野外実験

- 〒910-8507 福井県福井市文京 3-9-1

TEL: 0776-23-0500 FAX: 0776-27-8746 〒577-8502 大阪府東大阪市小若江 3-4-1 TEL: 06-6730-2332 FAX: 06-6730-1320



図-1 放射量および気温の経時変化

間に小さい.しかしながら,その日周期変動は小さく,平均値は 0.41kW/m²,振幅は約0.08 kW/m²である.また,気温は14:00 に 最高気温(40~45 付近),6:00 に最低気温(約30)が現れる. 2)蒸発量 図-2 は,8月28日18:00 から9月1日18:00 に亘る累 積蒸発量 Q_vおよび蒸発率(Q_v/I_r,I_r:散水量)の経時変化を示す. 図-2 より,散水開始時間が夕方(18:50)にも関わらず,散水後 Q_vは著しく増加する.散水24時間後(8月29日18:00)には散水 量の70%が蒸発により失われる.目視より,この期間のQ_vは表面 蒸発が生じていると判断できる.それ以後のQ_vの時間増加率,す なわち,蒸発フラックス密度は,昼間(8:00~17:00)に大きく, 夜間から早朝にかけて小さくなる.こうして,日蒸発量は日毎に 減少する.実験終了時(9月1日18:00),蒸発率は87%に達する.

3) 土壤水分量 図-3 は,8月28日18:00から9月1日18:00 に亘 る体積含水率(,)鉛直分布の経時変化を示す.散水前の ,は ほぼ0.02であり,気乾状態である.散水後,すぐに地表から地表 面下0.06mまでの ,は急激に増大するが,その後,液状水の蒸発 および下方浸透によって減少する.液状水の下方浸透は,せいぜ い地表面下0.1mまでに限られるが,深さ0.06m以深の ,の増大 はわずかなことから,上述した ,の減少は,主に蒸発に起因する と考えて良い.さらに,9月1日になると, ,はほぼ散水前の状 態に漸近する.



図-2 累積蒸発量および蒸発率の経時変化



図-3 体積含水率鉛直分布の経時変化



図-4 含塩率鉛直分布の経時変化

4) 土壤塩分 図-4は,8月28日18:00から9月1日18:00に亘る含塩率(*S_c*)鉛直分布の経時変化を示す. 散水により,地表面下 0.035m までの塩はリーチングされ,含塩率は急激に減少する.その減量分は,地表 面下 0.035m から 0.08m までの層に再配分される.特に,深さ 0.045m の含塩率は,散水前の 0.4%から,散水 1時間後には 1%にまで増加し,砂層中で最大となる.その後,蒸発とそれに伴う液状水の毛管上昇によって, 地表面下 0.08m までの塩は地表に向かって移動し,再配分を受けた層の含塩率は次第に減少する.逆に,地 表面下 0.035m までの土壌の含塩率は増大し始め,地表近傍(地表面下 0.005m)の含塩率は,散水1時間後 の 0.07%から,最終的(9月1日18:00)に,0.33%に達する.なお,カラム1本分の散水に含まれる塩分量 は 2.38×10⁻⁵kg であり,カラム内土壌に含まれる塩分量(3.18×10⁻³kg)に比べて十分少ない.

4.結論 本試験方法を用いることで,野外における散水-蒸発に伴う塩集積および溶脱の挙動が明らかとなった.今後は,本実験結果を用いて,塩移動解析を試みる.