

植物の生長モデルと天気予報を用いた灌漑水量の決定 Determination of Irrigation Amount using Plant Growth Model and Weather Forecast

○佐々木優 藤巻晴行
○Yu Sasaki Haruyuki Fujimaki

1. はじめに

半乾燥地においては水資源の需給が逼迫しており、より効率的な灌漑が求められている。必要な時に過不足なく灌水するために、各種センサーを用いた自動灌漑システムの開発と普及が進められているが、高い設置費用に加え天気予報を考慮した調整を行いにくく、降雨を有効利用しにくい、などの短所がある。その一方で、数日後までの数値天気予報が高い精度で可能になってきたことに伴い、天気予報を数値解析の入力データとして純収入が最大となるような灌漑水量の決定を可能とする技術的インフラが整いつつある。そこで本研究では、自動灌漑システムによる灌漑区と数値天気予報と土壌物理シミュレーションモデルを組み合わせた灌漑水量決定に基づく灌漑区とで、仮定の価格設定による純収入を比較することにより、後者の効果を評価することを試みた。また供試作物の生長モデル中のパラメーターの測定を行った。

2. 方法

カラムを7台用意し、カラム1,2は自動灌漑システムにより灌漑するカラム、カラム3は根群分布測定用カラム、カラム4,5は灌漑水量決定用ソフトウェア(WASH_1D)の出力した推奨値に基づき灌漑するカラム、カラム6,7は可能蒸散量測定用カラムとした。WASH_1Dは土壌中の水分分布や蒸発散量を予測し、それらの値から純収入が最大になるような灌漑水量を決定する。これに組み込まれた植物の生長モデル中のパラメーターは実測値とのずれを基に適宜調整した。それぞれに鳥取砂丘砂を充填し、圃場に埋設したポリバケツの中に、カラム上面が地表面と同じ高さになるように設置した。カラム1~5の底にはポラスカップを設置して吸引装置により排水し、カラム1,2,4,5にはそれぞれ深さ5,10,30cmに土壌水分プローブを設置した。カラム1,2は深さ5cmの土壌水分プローブで測定した水分が基準値を下回ったとき、自動灌漑システムによって、3000倍希釈の液肥混入水500mlを与え、カラム3,4,5はWASH_1Dによって出力された最適量の液肥混入水を2日に一回与えた。それぞれのセンサーの出力値をデータロガーで1時間ごとに記録した。毎夕それぞれのカラムの重量、排水量を測定して蒸発散量を算出した。週1回葉面積測定を行い、葉面積と蒸散量には相関があることから、カラム6,7の可能蒸散量より他のカラムの可能蒸散量を推測した。実験終了後、根群分布、乾物生産量、水分分布、塩濃度分布を測定した。

3. 結果及び考察

重量測定から求められたカラム5の蒸発散量と、その数値解を図1に示す。前半は数値解が蒸散量を過小評価する傾向があり、その結果蒸発散量も過小評価していた。このため、植物の生長モデル中のパラメーターを調整したところ、9月12日辺りから実測値とシミュレーションの蒸散量が近くなり、その結果蒸発散量も数値解と実測値が近づいた。

カラム5の深さ5cmでの体積含水率の実測値と数値解を図2に示す。数値解が蒸発散量を過小評価している間は土壌水分を過大評価する傾向があったが、蒸発散量の数値解が実測値と近づくにつれて、土壌水分の精度も向上したことがわかる。また体積含水率が0.02を下回る期間が見られるが、時間的に短かく、それより深い位置の水分は十分にあったため、水分ストレスはそれほどかからなかったと考えられる。

また収穫後の収入・支出・純収入の比較を図3に示す。カラム1はカラム4,5と比べて収入はほとんど変わらないが、支出が多く、その結果純収入が少なかった。支出が多くなってしまった原因として、前半での自動灌漑の誤作動が考えられるが、誤作動分を引いても灌水量はカラム4,5のそれとほとんど変わらず、誤作動がなかった場合、正常な灌漑もさらに行われたと考えられるため、カラム1の方が支出が多くなる傾向があったと考えられる。灌水量が多かったにも関わらず収入がカラム4,5とほとんど変わらなかった原因として、カラム4,5に水ストレスがほとんどかかっていなかったため、生育に大きな違いが現れなかったのではないと思われる。カラム2は他に比べて収入,支出とも顕著に多かった。これはカラム2の生育が良好であり、蒸散量が多く土壌水分が減少した結果、灌水とともに肥料の投与も多くなり、さらに生育がよくなったからではないかと推察される。またカラム1,2は同じ条件で実験を行ったにも関わらず、収入・支出ともに大きな違いが出た原因として、個体差の影響が考えられる。

カラム1,2の純収入の平均は0.0043\$, カラム4,5の純収入の平均は0.0060\$となり、自動灌漑よりもシミュレーション灌漑区の方が支出が抑えられる分、純収入が若干高くなった。しかし誤作動がなければ支出はもう少し抑えられ、純収入も高くなったのではないかと考えられることから、自動灌漑とシミュレーション灌漑区で純収入にあまり大きな違いはなかったと考えられる。これは、今回の実験期間中は比較的多雨で灌水がほとんど行われなかったためと考えられる。

4. まとめと今後の課題

自動灌漑システムの誤作動や多雨により、シミュレーション灌漑の正確な評価を行うことができなかった。しかし評価をより正確に行うために、個体差や肥料の投与量の影響を最小限にする必要があることがわかった。また植物の生長モデル中のパラメータを決定したことで、シミュレーションの精度が向上した。

さらに、降雨の多少により自動灌漑区とシミュレーション灌漑区とでの灌漑効率の比較に影響があるため、降水量が様々な地域での自動灌漑区とシミュレーション灌漑区とでの純収入の比較を、シミュレーションにより行っていきたい。

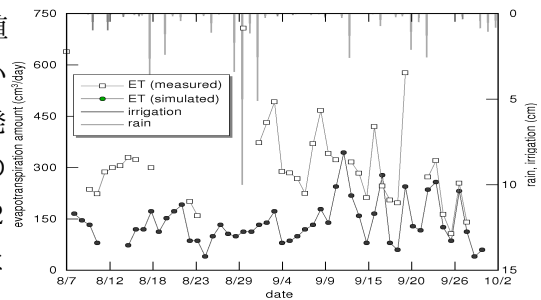


図 1:蒸発散量の経日変化 (カラム5)
temporal change of evapotranspiration amount (column5)

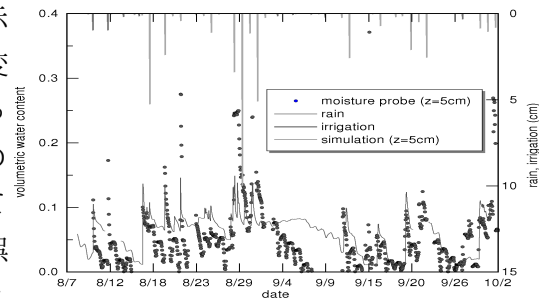


図 2:深さ5cmでの体積含水率の経時変化 (カラム5)
temporal change of volumetric water content at z=5cm (column5)

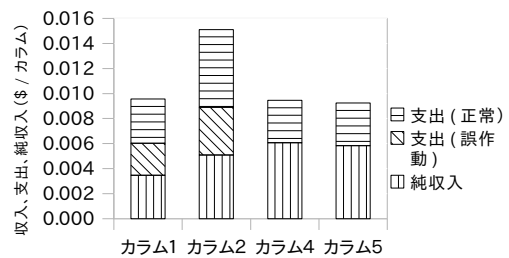


図 3:各カラムの収入・支出・純収入
income, cost and net income of all columns