

土壌の乾燥とダイズの水ストレスの関係およびモデル化
Modeling of relationship between dryness of soil and water stress of
soybean

○坂口敦*・辻卓弥・藤井理樹・荒木英樹・高橋肇

Atsushi SAKAGUCHI, Takuya TSUJI, Toshiki FUJII, Hideki ARAKI and Tadashi TAKAHASHI

1. はじめに： ダイズ圃場において土壌水分と気孔コンダクタンスの双方を経時的に観測した。また、気孔コンダクタンスは水ストレスの指標として用いられる事が多いが、気孔コンダクタンスは土壌水分以外の環境要因でも変化するため、土壌水分が不足した圃場の気孔コンダクタンスを隣接する土壌水分が不足していない圃場の気孔コンダクタンスで割った値（水ストレス指数と称す）と土壌水分の関係から、土壌の乾燥に伴い水ストレス指数がどのように低下するかを把握した。更に、水ストレス指数を求めるには水ストレス指数を求めたい圃場の隣に土壌水分が不足していない圃場を設けて気孔コンダクタンスを観測する必要があるが、気象条件および土壌水分条件から気孔コンダクタンスをモデルで推定できるようになれば、土壌水分が不足していない圃場の気孔コンダクタンスは気象観測値から推定できるようになるため、Jarvis モデルを作成した。

2. 研究方法： 2 圃場の内の片方は無灌漑で天水栽培し（水ストレス圃場）、もう片方は -19.6kPa (pF2.3) に達した時点で畝間灌漑を行った（非水ストレス圃場）。リーフポロメータを使用して毎日 10 時, 11 時, 13 時, 14 時に両圃場において気孔コンダクタンスを計測した。また、吸引圧センサーと含水率センサーを用いて土壌水分を経時観測した。10cm 深土壌の吸引圧実測値および根域全体の吸引圧推定値と水ストレス指数の関係を観測時刻別に最小二乗法により回帰し、回帰式には散布図の形状が楕円に近いために楕円の方程式および根の吸水モデルである Feddes モデルならびに S-shape モデルの 3 式を用いた。更に、既往研究では土壌の吸引圧もしくは含水率と植物の水ストレス状態の指標としての気孔コンダクタンスの関係が回帰もしくは比較されているが、気孔コンダクタンスを用いた場合と本研究で提案した水ストレス指数を用いた場合を比較するために、土壌の吸引圧と水ストレス圃場の気孔コンダクタンスの関係も回帰した。Jarvis モデルの各パラメータのキャリブレーションは気孔コンダクタンス観測値、気象観測値、土壌水分観測値を基に最小二乗法により行った。また、既往研究では観測時刻別のキャリブレーションは行われていないが、本研究では観測時刻別にキャリブレーションを行った。

3. 結果と考察： Fig.1 に 8 月の 13 時における水ストレス指数と根域土壌吸引圧推定値の関係をプロットした結果を示す。曲線は楕円、Feddes モデル、S-shape モデルにより回帰した結果であり、それぞれ決定係数は 0.77, 0.76, 0.75 である。土壌の乾燥と共に水ストレス指数が楕円に近い形で低下してゆく傾向が分かる。8 月の観測値を用いた回帰結果から、13 時の観測値を用いた場合に回帰曲線の決定係数が一番高くなる事が分かった一方で、10 時の決定係数は特に低く、吸引圧と水ストレス指数の関係に相関が見られない。11

* 山口大学 Yamaguchi University

キーワード：土壌環境と植物根系, 畑地灌漑

時, 13 時, 14 時には吸引圧と水ストレス指数の関係にある程度の相関が見られる. 10 時に決定係数が低くなる原因として, 生長障害水分点である -98kPa ($pF3.0$) よりも水ストレス圃場の土壌が乾いていたにも関わらず水ストレス圃場の気孔コンダクタンスと非水ストレス圃場の気孔コンダクタンスに 5%水準の有意差が見られなかった観測回数の割合は 10 時に 46.7%, 11 時に 36.4%であり, 午前中は土壌が乾いても気孔コンダクタンスの低下が起きにくい事が分かる. 特に 10 時には日の出と共に始まる蒸散の積算量がまだ少なく, 土壌の乾燥により根からの吸水量が少なくても葉はまだ水ストレス状態になっていないためであると推測される. 一方で, 13 時は土壌の乾燥に伴うダイズの水ストレスの変化をモデル化するのに適した時刻であると考えられる. 次に, 回帰に使用した楕円, Feddes モデル, S-shape モデルの決定係数を比較すると大差は見られないが, 楕円の決定係数がわずかに高くなる傾向がどの時刻でも見られる. 次に, 土壌の吸引圧に 10cm 深における実測値を用いた場合と根域における推定値を用いた場合を比較すると, 根域推定値の場合の方が高い決定係数を示した. 水ストレス指数を水ストレスの指標とした場合と水ストレス圃場の気孔コンダクタンスを水ストレスの指標とした場合を比べると, 水ストレス指数を使った場合の方が高い決定係数を示した. 水ストレス指数を用いる事で観測値のばらつきが減り, より規則的な変化傾向を示した. 次に, 9 月は全時刻において本研究で用いた方法では回帰ができなかった. その原因として, 9 月は台風により葉が傷ついた事, および 9 月は葉が老化している事から, 土壌水分以外の要素が気孔コンダクタンスに強く影響したためと推測される.

Jarvis モデルについては, 観測時刻を区別せずにパラメータをキャリブレートした場合は決定係数が 0.68 であったが, 観測時刻別にキャリブレートした場合は 0.76 であった. 時刻別にキャリブレートすると決定係数が向上する原因としては, 午前中は気孔コンダクタンスが比較的高くなる傾向がある事やダイズの昼寝現象の他, 先述の通り午前中は土壌の乾きが気孔コンダクタンスを低下させ難い事などの, 環境要因以外の時刻により変化する内的要因が気孔コンダクタンスに影響するためと推測される. 次に, 気象観測値から非水ストレス圃場の気孔コンダクタンスを Jarvis モデルで推定し, 非水ストレス圃場を設けることなく水ストレス指数を予測する案の実現性を検討した. 水ストレス指数予測値を用いた場合でも土壌の乾燥に従って水ストレス指数が低下してゆく傾向は示され, 上述の水ストレス指数と吸引圧の関係の回帰曲線に対する水ストレス指数実測値の RMSE が 0.016 であるのに対し, 水ストレス指数予測値の RMSE は 0.021 であった.

今後, 水ストレス指数と土壌吸引圧の関係の回帰モデルに汎用性が認められ, 更に水ストレス指数と収量の関係のデータが蓄積された場合は, 先述の回帰モデルから減収を免れるために必要な土壌の吸引圧の閾値も明らかになるとと思われる.

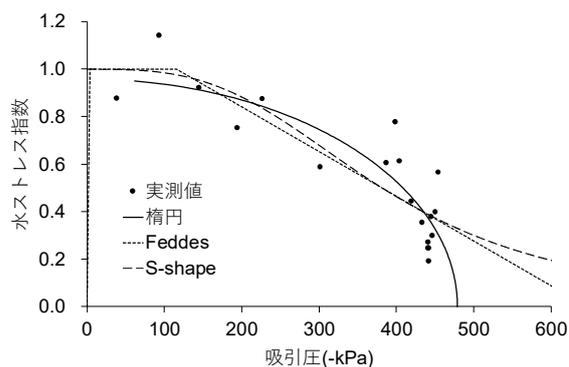


Fig1. 13 時における水ストレス圃場の根域吸引圧と水ストレス指数の関係