



野菜の収量と栽培環境

～光合成を知れば管理も変わる～

第3回

野菜の収量と水分管理



しど よしひろ
宍戸 良洋

山形大学農学部 客員教授
農学博士

〔略歴〕

昭和47年東北大学農学部園芸学研究室助手、昭和59年農水省野菜試験場栽培部主任研究官、各職を経て、平成13年独立行政法人東北農業研究センター野菜花き部長、平成15年独立行政法人野菜茶業研究所野菜研究官など歴任、平成17年退官後、平成18年4月～現在に至る。

平成7年「トマトにおける光合成産物の動態と収支に関する研究」で日本園芸学会賞学術賞受賞。

第2回目では、光合成によって作り出される糖の材料である

炭酸ガスの役割や機能について解説しました。今回はもう一つの材料である

水（ H_2O ）が野菜の収量におよぼす影響を見ていきましょう。

光合成の材料となる水は、実際の栽培では十分に与えたり、制限したりすることが可能です。野菜の水分管理、すなわち植物体内の水分状態は、野菜のほとんど全部の生理作用に影響を与える重要な要素です。トマトやメロンなどでは水分管理を糖濃度の上昇を促すものとして、いわゆる水分ストレス（水切り）をかけ、高糖度果実を作るという栽培管理が行われています。しかしながら、基本的に水分ストレスは植物の生育に対し、種々の段階で抑制的に作用するものと考えられます。

ここでは、野菜の収量に直接的にかかわる光合成と、その光合成産物の転流と分配におよぼす水分ストレスの影響や、果実肥大ステージ別に水ストレスを与えた場合の影響について述べることにします。

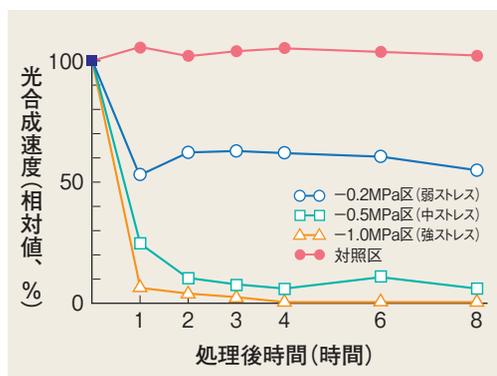
水ストレスと光合成速度

水耕栽培しているトマトにPEG 6000（ポリエチレングリコール）を加え、水ストレスを与える処理をして、マイナス0.2 MPa（弱ストレス）、マイナス0.5 MPa（中ストレス）、マイナス1.0 MPa（強ストレス）および無処理（ストレスなし）区の4区で光合成を測定しました。

強ストレス区では処理後10分ごろから肉眼でも見られたしおれが、その後極端に進行しました。中ストレス区でも処理後10分ごろからしおれ始めました。弱ストレス区では、わずかにしおれが観察されました。

光合成速度は、各処理区とも処理開

第1図 水ストレスを与えたトマトの葉の光合成速度の変化

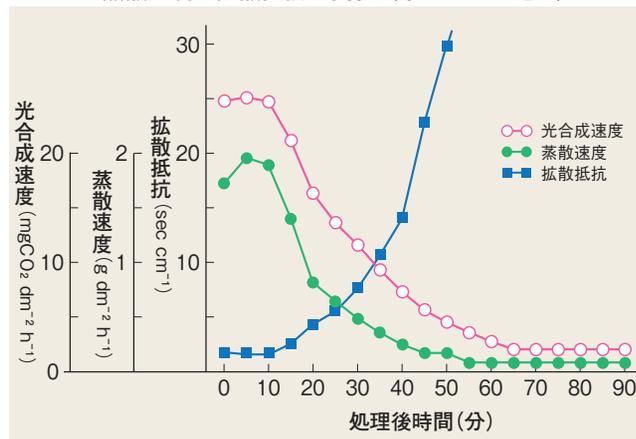


始直後から直ちに低下しました（第1図）。各処理区とも処理2時間後からはほぼ一定の値をとり、弱ストレス区では無処理区の約60%に、中ストレス区では5～9%に、強ストレス区では0～3%になり、培養液の水ポテンシャルが低く（乾燥状態と同じ）強いストレスが加わるほど光合成速度の低下が大きくなりました。

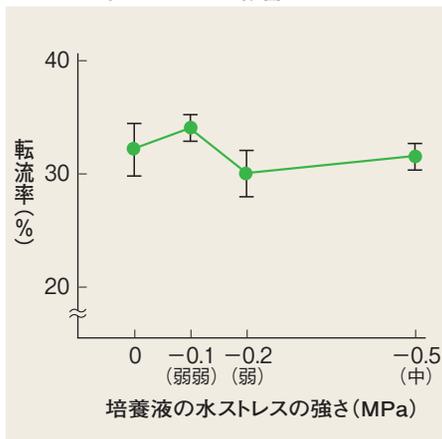
水ストレスを与えた場合の光合成速度が低下する原因を調べてみると、中ストレス処理した場合の光合成速度は、前図と同様に処理開始10分後から低下し、70分後には処理前の約7%にまで低下しました（61頁第2図）。その時、蒸散速度は処理後一時増加しましたが、10分後から低下し、55分後には処理前

※1. ポリエチレングリコール：植物へ施与することで乾燥ストレスを与えた状態にできる高分子化合物。
 ※2. MPa（メガパスカル）：圧力の単位。

第2図 水ストレスを与えたトマトの葉の光合成速度、蒸散速度、拡散抵抗の変化 (中ストレス処理)

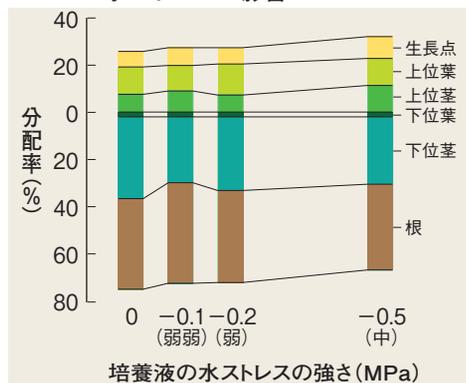


第3図 トマトの転流率におよぼす水ストレスの影響



の約3%まで低下しました。炭酸ガスの拡散抵抗は処理10分後から急激に増加しました。
このように、水ストレス下では気孔が閉じて、気孔を通じた水分の放出や

第4図 トマトの分配率におよぼす水ストレスの影響

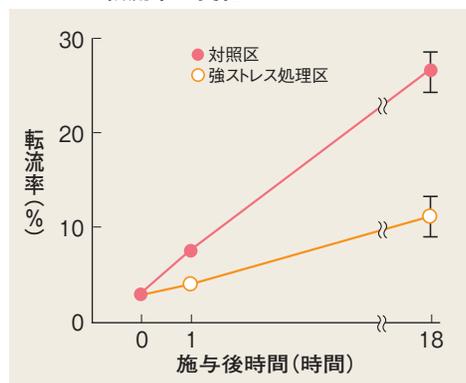


炭酸ガスの取り込みができなくなるのです。また、気孔開度の変化は弱ストレスや強ストレスで処理した場合も同様に見られ、水ストレスによる光合成速度の低下は、主として気孔が閉じることによるものです。

水ストレスと光合成産物の転流・分配

トマト苗8葉期の第5葉に放射性同位元素¹⁴C₂O₂を施与し、その後直ちにPEG6000を培養液に加えてマイナス0.1MPa(弱弱ストレス)、マイナス0.2MPa(弱ストレス)、およびマイナス0.5MPa(中ストレス)の水ストレス処理を行い、18時間後に転流率と分配率を求めました。またこれらとは別に、マイナス1.0MPa

第5図 強い水ストレスを与えたトマトの転流率の変化



(強ストレス) 処理区でストレス処理から0、1、18時間後の転流率を調べました。

弱弱〜中ストレスまでの転流率は30〜34%で、対照区の32%と比べてほとんど差はありませんでした(第3図)。分配パターンを見ると、マイナス0.5MPa区では上位方向への分配が高まるような傾向が認められましたが、大きな差ではありませんでした(第4図)。

このことは弱ストレス区で光合成速度を約半減、さらに中ストレス区ではほぼ100%減らしても、水ストレスを受ける前にいったん光合成された同化産物の移動には大きな影響を与えないものと考えられます。すなわち光合成作用への影響は、水ストレスによって気孔が閉じられ、CO₂ガスの取り込

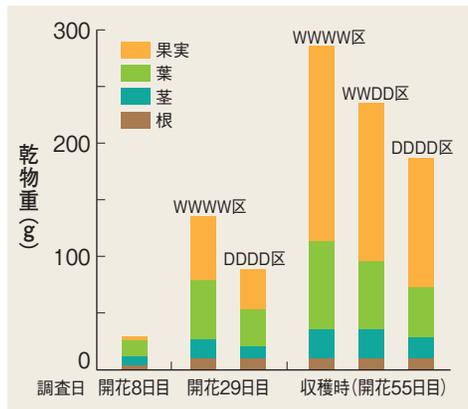
水分管理が果実肥大・収量・品質におよぼす影響

みが阻害されているためで、ストレス以前の光合成産物の転流・分配作用には影響をおよぼさない程度のストレスであると考えられます。
しかし、光合成終了直後から強い水ストレスを与えた場合、処理1時間後には転流率の低下が認められ、18時間後では対照区の27・4%に対し11・3%となり、強ストレスのような強い水ストレスを受けた場合、作物の生理反応そのものが阻害され、転流率も大きく低下すると考えられます(第5図)。

ガラス室内に定植したトマトを第4花房まで残して栽培しました。乾燥処理区は灌水開始点をpF_{2.5}(乾燥状態)とし、それ以外は対照としてpF_{2.0}(正常状態)を灌水開始点としました。乾燥処理の開始時期は第2花房について、果実肥大初期(開花9日後)をDDDD区、肥大中期(開花20日後)をWDDDD区、肥大後期(開花29日後)をWWDD区、および緑熟期(開花後41日後)をWWWD区の4区が収穫するまでの期間と全期間乾燥処理をしない対照WWWW区の計5区としました。

※3. pF (ピコファラド): 電気容量の単位。

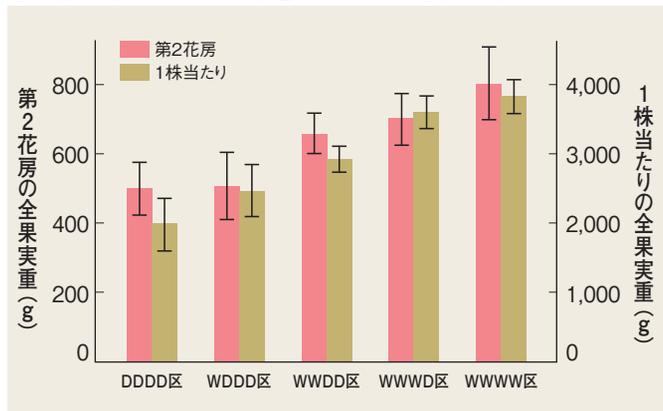
第6図 水ストレス処理による部位別乾物重の変化



第2花房の全果実重は、DDDD区、WDDD区が約500gと低く、次いでWWDD区、WWWDD区、さらに対照区のWWWW区の順で高くなり、開

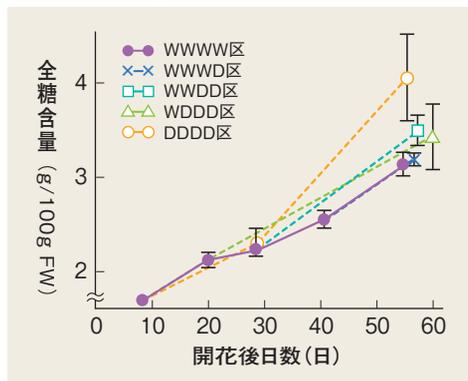
生育調査は第2花房開花から8、29および55日後に行い、果実の調査は第2花房について調査し、果実収量は全花房について調べました。トマトの生育は果実肥大初期から乾燥処理を行うと、肥大中期までです。乾燥処理の開始時期が早く期間が長いほど乾物重の増加が抑制されました。乾物重増加の抑制は果実ばかりでなく、葉や茎も同様に抑制されることが認められました(第6図)。

第7図 各水ストレス処理区における果実収量



花後20〜29日ごろの土壌水分状態が収穫時の果実重に大きく影響することが認められました。また、株当たりの全果実重は乾燥処理期間が短いほど高く、第2花房以外の花房も同様に乾燥処理の影響を受けているものと考えられます(第7図)。

第8図 各水ストレス処理による果実の新鮮重当たり全糖含量の変化



光合成産物の材料である炭酸ガスと水の役割を見ると、実際の栽培で炭酸ガスは大気濃度より低い方向に推移する傾向があります。炭酸ガスの濃度が高まれば、光合成は増加することが明らかです。ハウス内で炭酸ガスの拡散がうまくいくように風通しのよい状態を作るため、栽植本数や草姿管理が重要になってきます。また、重裝備のハウスでは炭酸ガスの施与による栽培法

栽培管理で変わる品質と収量

すると、乾燥処理による糖含量の差が明確ではなくなることから、乾燥処理による新鮮重当たりの糖含量の増加は、果実の水分含量が少なく濃縮された状態になることが大きく関係するものと考えられます。

果実収量の構成要因の第一は水分量であり、水ストレス下での糖濃度の高まりは、果実の水分量減少の結果です。糖分の果実当たり重量で見れば、光合成が低下しているため当然ながら多くはないのです。高糖度トマトとしての収量減を上回る単価の上昇が、水ストレスをかける栽培のポイントであることを忘れてはいけません。

も、増収・品質向上のため検討する価値があると思われます。一方、水分管理について、乾燥処理は光合成を著しく低下させること、その原因は体内の水ストレスによる気孔の閉鎖が炭酸ガスの吸収を阻害し、光合成を低下させます。さらに、強い水ストレスは光合成産物の転流も止めてしまうようになるのです。水ストレスによる高糖度果実を作る栽培法は、基本的に収量減と植物体の生育不良を頭に入れて栽培することになります。果実糖度の上昇は果実肥大が抑制され、入れ物(果実)が小さく水分含量が少なくなり、糖分パーセンテージが上がるため甘く感じるのです。データからも明らかのように光合成量は減少し果実重が低下、著しい減収となります。