植物の水分状態とその制御に関する研究 (2)

水分状態の測定と水ストレスがヒマワリ葉の蒸散速度,
根の呼吸速度および ABA 生成におよぼす影響について¹⁾

長野 敏英・島地 英夫*

東京大学農学部*

植物生体内水欠差が植物生理作用におよぼす影響について実験を行い、つぎのような結果を得た。① 体内水分状態は茎径変化を測定することにより求めた。茎径測定は従来の方法と異なり、センサとして渦電流素子を使用し、植物体に非接触で測定できる装置を開発した。② 栽培環境条件の変化により茎径・葉温変化に振動現象が生じた。茎径変化は葉温変化に比べ約7分間の時間おくれがみられた。③ 植物体に水ストレスを与えた場合、水ストレス解除後も長時間にわたり蒸散速度は低下し、水ストレスの後遺症が生じた。後遺症の程度は体内水欠差の大きさにより異なり、ストレスが大きいほど長期間にわたり持続した。④ 葉中の水欠乏の増大につれ、葉中での ABA 濃度は指数関数的に増大した。水ストレス解除後の ABA 濃度は時間とともに指数関数的に減少するが、その減少速度は非常に小さかった。以上の結果から水ストレスによる蒸散速度の低下およびその回復のおくれという後遺症の原因として、植物ホルモンの一種であるアブシジン酸 (ABA) の生成が関与していることが示唆された。

1978年6月19日受付

まえがき

前報^{1,2)}で示したように、植物は栽培環境条件の変化により蒸散速度に振動が生じ、また植物体に水ストレスを与えると、ストレス解除後も引き続き、蒸散速度が長時間にわたり低下するという現象が認められ、植物は環境条件によって複雑な反応を呈する。中でも、とりわけ水ストレスによって生ずる後遺症は植物の物質生産の面において重要な問題である。

本論文では水ストレスを与えた場合の植物生体内水分状態、蒸散速度の挙動、さらに水ストレスによって生ずる後遺症すなわち蒸散速度を低下させる原因について根の呼吸速度および植物葉中における植物ホルモン (アブ

シジン酸, ABA) の面から考察を行った。基礎的資料を得ることができたので、それに関する実験結果を報告する。

測定方法

実験は明期 27°C, 暗期 22°C, 相対湿度 (明期) 48%, 日射量 0.16 ly/min の環境条件に設定したグロースチャンバー内で行った。供試植物は6週間前後のロシアヒマワリ (*Helianthus annuus* L. cv. Russian Mammoth) を使用し、発芽から実験に使用するまでの期間、ガラス室 (無加温) で栽培した。栽培方法はすべて水耕法を使用している。

1. 植物生体情報

植物の体内水分状態、蒸散速度および気孔開度の情報を得るために、筆者らによって開発試作された茎・葉柄直径変化測定装置および葉温測定装置を使用した。

i) 茎径変化の測定 植物の茎径変化を測定した研究論文はいくつか報告されている^{3,4)}。すでに筆者らによって報告したヒズミゲージを使用する方法は簡単に製作できるが、熱的影響を受けやすく、センサ部分が植物体に

¹⁾ Toshihide NAGANO and Hideo SHIMAJI: Internal Plant-water-status and Its Control (2). Measurement of Internal Plant-water-status and Effect of Water-stressed on Transpiration Rate, Root Respiration and ABA Content in Sunflower Plants.

* Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Tokyo, Japan.

Fig. 1 Apparatus for measuring the change in plant stem diameter. This apparatus had been developed with use of an eddy current element.

接触しているという欠点を持っている。そこでこれらの問題点を除去した茎径変化測定装置を製作した。

センサは植物体に接触せずに変化量を測定できる渦電流素子 (eddy current element) を使用した。測定は Fig. 1 に示すように茎あるいは葉柄部位に 8mm 角の薄銅板をゴムで植物体に固定し、薄銅板とセンサとの距離 (d) を測定した。茎径変化により薄銅板とセンサとの距離 (d) は変化する。したがって d の測定を行うことにより茎径変化量は求められる。渦電流素子による測定原理は、センサ内のコイルに高周波電流を通すと、銅板上に渦電流が生じ、その結果センサ内のコイルのインダクタンスがみかけ上変化を起す。このインダクタンスの変化は銅板との距離により変化するということを利用したものである³⁾。

ii) 葉温の測定 葉面の境界層抵抗を一定とするために、リーフチャンバーを作成し葉温の測定を行った。

Fig. 2 Leaf chamber for measuring temperature difference between air and leaf temperature.

葉温は熱電対により測温した。熱電対は 0.1mm の銅-コンスタンタンを電気溶接法により作製し、気温・葉温差が検出できる回路とした。葉面温度は熱電対を圧着し測温した。リーフチャンバーの風速はグロースチャンバー内の平均風速から 50 cm/sec とした。

2. アブシジン酸の抽出および定量

植物の葉を 20 g 採取し、80% エタノール 100 ml を加え均質化し、沬紙を使い繊維質を取り除き、さらにエタノールを蒸発させ、残った水成相に炭酸水素ナトリウムを加え pH 8.0 に調整し、ジクロロメタンで洗浄し、つぎに水溶液に酒石酸を加え pH 3.5 とし、酸性分画中のアブシジン酸をジクロロメタン中に移行させ抽出を行った。抽出液はジアゾメタンを加えメチル化し、薄層クロマトグラフィー (Merck silica gel G 0.5 mm) で展開し再抽出を行った。TLC の展開液はクロロホルム: 酢酸エチル=4:1 (v/v) を使用した。抽出液は酢酸エチルで定容しガスクロマトグラフィー (ECD) により定量を行った。ガスクロマトグラフィーはガラスカラム (3φ 2m) に Gas chrom Q 60/80 (silicon SE-30 2%) を充填したカラムを使用した。

実験結果および考察

1. 茎径変化の測定

植物葉の含水量と水ポテンシャルあるいは圧ポテンシャルとの関係は、2 つの直線であらわされることが、GARDNER と EHLIG (1965)⁶⁾ により報告されている。筆者らがすでに報告¹⁾ したように、茎直径は成長肥大による増大以外にも環境条件の変化に対応して増減を行っている。この場合の茎径変化は主として茎中の水分量の増減によって生じる。たとえばヒマワリでは葉の水ポテンシャルが -4 bar から -12 bar に低下した場合、茎直径は約 4% 細くなった。ブドウでは -3 bar から -11 bar に葉の水ポテンシャルが低下した際、ヒマワリと同様、約 4% の直径減少がみられた。成長肥大以外の茎径変化量は茎直径に比べ小さく、茎径変化量 (ΔD) と茎中水分変化量 (ΔW) は近似的に比例する。したがって、茎中の水分量も葉の水分量と同じく水ポテンシャルと直線関係があるといえる。さらに葉の場合と同様に、茎直径変化と水ポテンシャルとの間の直線関係も -10 bar 付近を交点とする 2 本の直線に分割されるとみなせる。

このように、茎径変化を測定することにより相対的な値ではあるが体内水分状態を把握できる。茎直径変化測定装置に使用した渦電流素子の特性について検討を行ったが、気温が 5~15°C の間での温度ドリフトは 0.04% /°C、15~48°C の間での温度ドリフトは認められなかった。さらにセンサを水中に沈め、渦電流素子と銅板との間を水で満たしたが影響は現われず、降雨等による測定上の問題は生じない。したがって渦電流素子を使用した本実験装置はゲージ法の欠点を除去し、気象変動を伴う屋外測定にも適した装置といえる。

Fig. 3 Changes in stem diameter (broken line) and air-leaf temperature difference in sunflower. Two oscillations showed the same periodicity, but there were 7 min time lag between temperature difference and stem diameter. The plant was transferred from the glasshouse to the growth cabinet on April 29.

次に茎径、気温・葉温差の測定例を示す。

Fig. 3 の測定例は、供試植物をガラス室からグロースチャンパーに搬入して3日目の測定データである。葉温の測定は第8葉位の葉で行った。図にみられる振動現象はグロースチャンパーに搬入後一週間にわたり観察された。長期にわたる振動現象の原因として、ガラス室とグロースチャンパー内との環境条件の相違、主として温度、湿度、光環境の変化により気孔開閉に振動が生じたものと考えられる。Fig. 3 において気温・葉温差が大きくなると蒸散速度が大きくなったことを意味する¹⁾。この場合、植物体内の水分は蒸散により減少し、その結果、茎径は細くなる。また気温・葉温差が小、すなわち蒸散速度が低下すると茎径は増大する。ここで茎径変化は気温・葉温差の変化に比べて約7分間の時間おくれが生じた。しかし、葉温測定を行っている葉の葉柄直径変化と、50 cm 下部の茎径変化との間には時間おくれはみられなかった。茎径と葉温変化との間に生ずる時間おくれは、蒸散による体内水分損失を補う、根からの水供給の時間おくれによるものと考えられる。茎と葉柄の間には時間おくれがみられないことから、導管部分(茎、葉柄部位)の水分移動の抵抗はかなり小さく、それに比べ根の吸水に対する抵抗は大きいことが推察できる。このことはBOYER (1969)⁷⁾の結果と一致する。

すでに筆者らが第1報で報告した実験結果では、葉温変化と茎径変化との間には時間おくれが認められなかつ

た¹⁾。しかし茎径測定装置の改良により以上のような時間おくれが測定できたものと考えられる。

2. 水ストレスと茎径・葉温の変化

水耕栽培を行っている植物に対して、体内水ストレスを生じさせる方法として、① 水耕液を抜き取る、② 水耕液温度を低下させる、③ 水耕液の浸透圧を高める等の方法が考えられる。水耕液の浸透圧を高める方法は、溶質が根から吸収されないように大きな分子量を持ったものが溶質として使用され、一般にはポリエチレングリコールがよく使われる。予備実験において、ポリエチレングリコール(1,000)を使用した、ストレス解除後も根の周りに溶質が付着するという弊害が生じ、ストレス解除後の状態を問題としている今回の実験目的には不適當であった。本実験においては、①②の方法によりストレス操作を行った。

水耕液を抜き取る方法と、20°C 前後の水耕液を3°Cの冷水におきかえる方法と2つの操作により水ストレスを与え、葉柄の径変化の測定を行った。結果をFig. 4に示すが、両方法ともに葉内水欠差が35%前後になるまで水ストレスを与えている。水耕液を抜き取る方法は、根群に付着する水分量により多少処理時間が異なってくるが、Fig. 4のように根部を冷やす方法に比べ3倍も多く時間を要している。しかしストレス解除後の水分状態の回復は、茎径変化からみて両方法とも差異はなく、体内水分状態は短時間の内に正常となる。

Fig. 4 Changes in petiole diameter with two types of water-stressed plants. ΔD is petiole diameter difference between control plant and water-stressed plant.

ストレス操作により植物体内に水欠乏を生じさせていくと、体内水欠乏の増大に伴い蒸散速度は低下してくる。水ストレスの解除を行うと、体内水分状態は吸水により短時間の内に正常な状態に回復する。しかし蒸散速度の回復過程は水ストレスの大きさによって異なってくる。Fig. 5 に 3 種の異なった強度の水欠乏を与えた植物において、水ストレス解除後の茎径、気温・葉温差の変化を示す。ストレスは冷水を利用した根系の冷却による方法で与えた。

体内に生じた水欠乏の大きさは、ストレス解除時の茎径の回復値までの差によってあらわされ、この差が大きいほど茎は細くなっており、大きな水欠乏が植物体内に生じたことを示す。同様に気温・葉温差も回復値までの差が大きいほど蒸散速度が低下していることを意味する。図からわかるようにストレス解除後の茎径はいずれの場合でも、短時間の内に回復し水欠乏の大きさによる差異はあまりみられなかった。しかし、蒸散速度をあらわしている気温・葉温差の変化は茎径変化とはかなり異なり、ストレス解除時の植物体内水欠乏が大きくなるにつれ回復所要時間は長くなる。

Fig. 6 に大きな水欠乏を植物体に与えた場合の茎径変化と気温・葉温差の変化を示す。

根系部分の水耕液を抜き取り植物体に水欠乏を与え、葉の水欠乏が 35% 前後で軽度の萎凋を呈した時点で給水を行い、水ストレスを解除した。水欠乏は次式により求めた。

$$\text{水欠乏 (\%)} = \frac{\text{飽和重量} - \text{生体重量}}{\text{飽和重量} - \text{乾燥重量}} \times 100$$

Fig. 5 Changes in stem diameter (broken line) and air-leaf temperature difference (solid line) after water-stress with different intensities (the highest at the lowest figure and the lowest at the top figure) is cleaned. ΔD is decrease of stem diameter of water-stressed plant below that of the control plant. The relative level of water-stress at initial stage is indicated by D at $t=0$. When $T_a - T_l$ is -1.31°C , transpiration rate is zero.

図のように茎径は短時間で回復し、体内水欠乏は解消する。しかし蒸散速度は低下したままで長時間にわたり回復がみられず、水ストレスの後遺症が3日間にわたり残っていた。この実験結果では、水の通導系に関して障害がみられないので、上に述べた蒸散速度の回復のおくれは気孔開閉機能の障害によるものと思われる。水ストレスによって生ずる蒸散作用に対する後遺症については、HEATH と MANSFIELD (1962) のタンポポ (*Taraxacum officinale*) を使った実験からも同様な結果が得られている⁸⁾。

3. 水ストレスと根の呼吸速度

水ストレスによる蒸散作用に対する後遺症の原因として、数時間にわたってストレス操作を行ったために、根の生理機能に障害が生じたことが考えられる。そこで水

Fig. 6 Time course of stem diameter (---) and air-leaf temperature difference (solid line) after wilting. The broken line shows the air-leaf temperature difference of the control plant.

Fig. 7 Changes in oxygen content in the nutrient solution of a culture pot.

○=non-stressed, □=immediately after re-watering, △=20 hr after rewatering.

ストレスを与えた後、根の呼吸速度の測定を行った。

Fig. 7 に非ストレスの場合、冷水によるストレス操作を行った後、気温に近い水温をもった水耕液に戻してストレスを解除した直後の場合と、20 時間後の場合の水耕液中の溶存酸素濃度の時間変化を示す。溶存酸素の測定はポーログラフ式の溶存酸素分析計により測定した。図からわかるように、溶存酸素濃度は指数関数的に減少する。この溶存酸素濃度は主として根の呼吸活性の強さによって変化すると考えられる。そこで水耕液中の溶存酸素濃度が 4~7 ppm (w/w) の範囲では、水耕液中の溶存酸素濃度の変化は次式により表わすことができる。た

だし空気中から水耕液中に溶け込む酸素量は考慮していない。

$$- \Delta c = k \cdot c \cdot \Delta t \quad (1)$$

ただし、 c ; 水耕液中の溶存酸素濃度 (ppm)

k ; 根の呼吸速度に関する係数

Δc ; 時間 (Δt) あたりの水耕液中の溶存酸素濃度変化

(1) 式から

$$c = c_0 e^{-k \cdot t} \quad (2)$$

ただし、 c_0 ; $t=0$ における水耕液中の溶存酸素濃度 (ppm)

したがって根の呼吸速度の大きさは水耕液中の溶存酸素濃度の変化を測定し、 k の値を算出することにより評価できる。水ストレス解除直後、 k の値は水耕液を抜き取る方法、冷水による方法ともに、正常値に比べて 30% 前後の低下が生じた。しかし 20 時間後の測定では k の値は両者とも正常値まで回復し、ストレスによる後遺症は認められなかった。

4. 水ストレスと ABA

水ストレス解除後、体内水分状態および根の呼吸速度は比較的短時間で回復するが (Fig. 3, Fig. 7 参照)、蒸散速度の回復が著しくおくれる (Fig. 5, 6 参照) のは、水ストレスにより気孔開度を阻害する植物ホルモン (ABA) の葉内含量の増加が考えられる⁹⁾。そこでヒマワリの葉から ABA を抽出し定量を行った。Fig. 8 はガスクロマトグラムの一例を示す。

Fig. 8 Chromatograms of methylated standard ABA (A) and purified extract of sunflower leaves (B).

(A) Me. ABA, 2% SE-30, Gas-chrom Q 60/80, Glass $3\phi \times 2\text{M}$, Column temp. 170°C , Injector temp. 210°C , Detector temp. 210°C , Carrier gas N_2 24.5 ml/min, Chart speed 5 mm/min, GC-4 A (ECD).
 (B) Me. Sunflower extract, 2% SE-30, Gas-chrom Q 60/80, Glass $3\phi \times 2\text{M}$, Column temp. 170°C , Injector temp. 210°C , Detector temp. 210°C , Carrier gas N_2 24.5 ml/min, Chart speed 5 mm/min, GC-4 A (ECD).

Fig. 8 (A) は真正 ABA をメチル化したもの、Fig. 8 (B) はヒマワリの葉から抽出した ABA をメチル化したものである。ヒマワリから抽出した ABA の定量は真正 ABA を基準にし、ガスクロマトグラムのピーク高さから算出した。

Fig. 9 は葉の水欠差と葉中の ABA 量との関係を示す。実験はグロースチャンパーで行い、水耕液を抜き取り水ストレスを与えた。Fig. 9 に示すように葉中の ABA は葉の水欠差の増大に伴い指数関数的に増加する。このことは RASMUSSEN (1976) のトマトの結果と一致する¹⁰⁾。ここで植物体内水分を長時間にわたって一定に維持することは現在技術的に困難である。ストレス操作上、Fig. 9 における ABA 濃度は化学反応速度での定常値として求めた値ではないが、すでに述べたように水耕液を抜き取る方法は、体内水欠乏の進行過程がかなり

Fig. 9 Relationship between ABA content in sunflower leaves and leaf water deficit.

Environ. Control in Biol. (生物環境調節)

緩慢であることから、図中で与える ABA 濃度は定常状態での値と大きな隔たりはないものと思われる。

つぎに水ストレス解除後、葉中に生成された ABA の減少過程についての実験を行った。ストレス操作は水抜きによる方法で行い、グロースチャンバーは測定期間中明期のみとした。

Fig. 10 Decrease of ABA content in sunflower leaves after rewatering.

Fig. 10 に結果を示すが、ストレス解除後、ABA は指数関数的に減少し、その関係を次式で近似した。

$$C_{ABA} = C_{ABA|t=0}e^{-b \cdot t} + C_{ABA|non-stress} \quad (3)$$

ただし、 C_{ABA} ；単位重さの生葉中に含まれる ABA 量 (ng/g)

$C_{ABA|t=0}$ ；時間 $t=0$ での ABA 量 (ng/g)

b ；ABA 減少速度に関係する係数

$C_{ABA|non-stress}$ ；non-stress での ABA 定常値 (ng/g)

ここで $C_{ABA|non-stress}$ はストレス操作を行っていないヒマワリの葉から抽出した ABA 濃度で、本実験において 2 ng/g の値であった。(3) 式中の b は ABA 減少に関係する係数であるが、今回の連続明期という環境条件下において b の値は 0.04 となった。この値は葉の水ポテンシャルの状態によって変化し、水ポテンシャルが高くなれば大きくなり、水ポテンシャルが低くなれば小さくなる係数と考えられる。(3) 式から求めた ABA の半減期は 17 時間と非常に長いことが判明した。ストレス後の ABA 減少速度がかなり緩慢であるという同様な結果は BEARDSSELL と COHEN (1975)¹¹⁾、HARRISON と WALTON (1975)¹²⁾ による実験からも得られている。

以上の結果から、水ストレスを与えられた葉では、与えられた水ストレスの強さに応じて ABA 量が増加することが認められた。また水ストレス解除後、ABA 量が

減少するが、その減少速度は非常に緩慢であった。したがって水ストレス解除後、蒸散速度に生じた長期にわたる後遺症は葉中の ABA 量の存在と何らかの関連があるものと考えられる。

む す び

植物体の茎径変化測定装置として渦電流素子を使用した。これを使用することにより、従来の装置の欠点を改良することができた。気温変化、降雨等と環境変化の激しい野外測定装置として十分に使用でき、植物体内水分状態の情報を得るためには有効な装置である。

植物ホルモンの一種であるアブシジン酸 (ABA) をガスクロマトグラフィー (ECD) を使用して定量を行った。葉中での ABA 濃度は植物体内水欠差の増大につれ指数関数的に増加し、また生成された ABA は指数関数的に減少する。ABA の半減期は 17 時間と非常に長い。体内水欠乏が生ずると、ストレス解除後も蒸散速度が長時間にわたって回復しない現象が観察されたが、一つの原因として葉中に残存する ABA が考えられる。

今後、植物の蒸散速度、気孔開度に関する研究において、体内水ポテンシャル、光、 CO_2 濃度に加え、その植物がそれまでにおかれていた環境条件に関する植物ホルモン等の導入、すなわち前歴をも含めた研究が必要である。また作物の水管理においても気孔開度の点から言えば、気孔開度を阻害する物質の体内生成をできるだけ引き起さない水管理が望まれる。

本研究を行うにあたり有益なる示唆を賜った杉二郎 東京大学名誉教授、植物生理についてご教授いただいた広島大学総合科学部 倉石晉教授、ECD 使用にあたってご指導、ご協力をいただいた日本専売公社中央研究所 山下雄右研究員、原稿の校閲と有益な助言を賜った環境庁 国立公害研究所 戸塚績博士、宇都宮大学農学部 小倉祐幸教授に謝意を表する。

本研究は文部省特定研究「生物生産プロセスのシステム化」の一環として行われた。また本研究を行うために、東京大学農学部生物環境制御システムセンターを使用した。関係各位に謝意を表する。

文 献

- 1) 長野敏英・島地英夫. 1976. 植物の水分状態とその制御に関する研究 (1). 農業気象 32: 67-71.
- 2) 長野敏英・倉石 晉. 1977. 植物の水分制御に関する基礎研究 (水ストレス条件下での蒸散機構). 日本作物学会第 163 回講演会要旨集: 117-118.
- 3) MOLZ, F. J., and B. KLEPPER. 1972. Radial

propagation of water potential in stems. *Agron. J.* **64**: 467-473.

- 4) PARLANGE, J. Y., N. C. TURNER, and P. E. WAGGONER. 1975. Water uptake diameter change, and nonlinear diffusion in tree stems. *Plant Physiol.* **55**: 247-250.
- 5) 寺尾 満. 1966. 「工業計測」 175-220, オーム社, 東京.
- 6) GARDNER, W. R., and C. F. EHLIG. 1965. Physical aspects of the internal water relations of plant leaves. *Plant Physiol.* **40**: 705-710.
- 7) BOYER, J. S. 1969. Free energy transfer in plants. *Science* **163**: 1219-1220.
- 8) HEATH, O. V. S., and T. A. MANSFIELD. 1962. A recording porometer with detachable cups operating on four separate leaves. *Proc. R. Soc. London Ser. B* **156**: 1-13.
- 9) MILBORROW, B. V. 1974. The chemistry and physiology of abscisic acid. *Annu. Rev. Plant Physiol.* **25**: 259-307.
- 10) RASMUSSEN, O. S. 1976. Water stress in plants 1. Absciscic acid level in tomato leaves after a long period of wilting. *Physiol. Plant.* **36**: 208-212.
- 11) BEARDSSELL, M. F., and D. COHEN. 1975. Relationships between leaf water status, abscisic acid levels, and stomatal resistance in maize and sorghum. *Plant Physiol.* **56**: 207-212.
- 12) HARRISON, M. A., and D. C. WALTON. 1975. Absciscic acid metabolism in water-stressed bean leaves. *Plant Physiol.* **56**: 250-254.

Summary

The present paper deals with the effects of water deficits on physiological activities. Sunflower plant was used as the experimental material. The plant was grown in a glasshouse without temperature control. When 5 to 6 weeks old, the plant was transferred to a controlled growth cabinet for experiments. The results of the experiments can be summarized as follows:

- 1) It is difficult to measure the absolute internal

water status of plants directly and continuously. For that reason, an apparatus was built to estimate the relative internal water status of the plant. The apparatus which enables the measurement of changes in the diameter of the stem has been developed by the use of an eddy current element. This apparatus has no contact with the plant surface, so that it can measure the changes in the stem diameter without interfering with the conditions of the tissue surface.

- 2) Immediately after the plant had been transferred from the glasshouse to the growth cabinet, oscillations of both the stem diameter and the leaf temperature were induced. The periods of the two oscillations were of the same length, but there were 7 min time lag between the peak of the oscillations of leaf temperature and that of the stem diameter. This time lag was not observed between petiole and stem *ca.* 50 cm below the petiole. Therefore, it can be concluded that the resistance to water movement in the xylem vessels of the stem is relatively small compared with the resistance in the other parts.

- 3) When a high status of internal plant water deficiency was induced and then the plant was watered, the stem diameter increased to the original value within a few hours, however the air-leaf temperature difference did not recover for a long time.

- 4) Immediately after rewatering, the respiration rate of the roots decreased by about 30 percents compared with the control plant. However, the respiration rate had recovered to a normal value not later than the following day.

- 5) Absciscic acid (ABA) in leaves was estimated by electron capture gas chromatography. ABA content increased exponentially with increasing water deficit in leaf. After watering, ABA decreased exponentially with time. The decrease-rate of ABA was very small, and a half-life period of it was 17 hr in this experiment. It is considered that the large after-effect of water deficit on transpiration rate have close connections with the ABA created in plants.

(Received June 19, 1978)