

## 地下水面上の土層における水分消費型について

上野 義 視\*・諸 遊 英 行\*\*

Soil Moisture Extraction Pattern in the Soil Column  
with the Ground Water Table

Yoshimi UENO\* and Hideyuki MROYU\*\*

\* Chugoku National Agricultural Experiment Station

\*\* Central Agricultural Experiment Station

**Summary** In order to estimate the moisture extraction by the crop in the soil column with ground water table, the green sorghum was planted in pots with a depth of about 60 cm, and a porous cup was set in each 10cm deep soil column for automatical moisture supply.

The relation between the moisture extraction pattern at the middle growth stage of the second flush (Aug. 3 to 12) and the distribution of roots in each 10cm deep column was discussed.

Results obtained are as follows :

1. On 50cm deep ground water table, the moisture extraction ratio was higher in the middle or lower soil column than in the upper one. Larger root development on the weight basis, however, was observed in the upper soil column.
2. The highest moisture extraction ratio took place at a depth of 25cm, when the ground water table was kept 20cm deep in the first growth (May 12 to Jul. 17) and subsequently 50cm deep in the second one.
3. The moisture extraction ratio was also higher in the middle or lower soil column than in the upper one, when the soil moisture was kept in the equal soil water suction (50cm H<sub>2</sub>O) through the soil column in a pot.

### 1. まえがき

筆者らは水田転換畑の作物に対する好適地下水位を検討する試験で、少雨期にあたる青刈ソルガムの2番草生育期間では、地下水位30cmまでは地下水の高い方が生育は優ることを認めた<sup>6,8)</sup>、また、1区面積18m<sup>2</sup>の有底枠で地下水位50cmで青刈ソルガムを栽培した場合に、2番草期間には作土層の土壤水分は永久萎凋点に達し、地表下15cmの位置では初期萎凋点に近い値を示し追肥窒素は地下水位がこれより高い区より、より多く残留することを認めた<sup>7,9)</sup>。

作物が栽培されている状態での、地下水面上の土層内の水分分布は、毛管上昇の高さおよび伝導性と作物根の分布と関係する深さ別水分消費量によって規制される。したがって、上記試験結果の適用範囲を考える場合にはこれらの関係を明らかにする必要がある。

\* 農林省中国農業試験場

\*\* 農林省農事試験場

そこでまず、この試験では地下水位から上の土層の土壤水分吸引圧の分布が、地下水位からの高さに対応する状態に保たれるよう条件を設定し、作物による深さ別水分消費型がどのようになるかを検討した。

### 2. 試験方法

#### 1) 装置および測定方法

深さ別水分消費型の測定方法は、土壤水分計を使用する方法または乾土法によって、各深さの土壤水分の減少量から求める方法があるが、これらの方法は蒸発散による消費水量と地下からの自然補給水量との差、つまり、見かけ上の水分消費量として求められるので、蒸発散量と比べると少なく見積もられる<sup>2)</sup>。とくに、地下水面が比較的高く、測定位置が毛管上昇域内にある場合はこの傾向が著しいと考えられる。

もう一つの方法は、玉井<sup>4,5)</sup>による深度別吸水活動装置がある。本試験は玉井の方法と同一原理による図1の方法によって測定した。供試ットとしては、内径20cm深

さ30cm（地下水位20cm用）および60cm（同50cm用）の硬質塩化ビニール製を用いた。このポットに、地下水面に相当する位置、地下水位上5cm、さらにその上は10cm毎に多孔質の素焼製給水管を設置した。給水管は直径3.5cm、長さ13cm、透水性の均一なものを使用した。

各給水管の内部の吸引圧が地下水位からの高さに対応するようにするために、地下水位に相当する深さに定水位槽の水面を調整し、その中に水の入ったポリエチレン袋を入れ、袋から各給水管に気密に水連絡をはかった。各深さの土層から消費された水分は、その消費量だけだちに給水管から浸出される。この水はポリエチレン袋から連結管をとって連続的に補充される。各深さの水分消費量は、一定期間の前後にポリエチレン袋を秤量することによって得られる。このような吸引圧設定のほか、各深さの吸引圧が地下水位からの高さに関係なく、すべて 50cm H<sub>2</sub>O になるように給水槽の水面を設定した試験区も設けた。

各給水管内の吸引圧を所定の値にするために、水銀による調圧装置、ポリエチレン袋のかわりにマリOTT装置なども一部供用した。ポットにはごぎを巻いて温度の上昇の防止に努めた。

2) 供試土壌

根系分布に変化をあたえるために、表1に示す中国農試水田心土（以後 SiCL）および SiCL 表と砂を3:7の割合に混合した土壌（以後 SL）の2種類を供試した。供試土壌を図1の装置につめるときは、10cm相当分の土壌を予め秤取しておき、10cm 毎に同一加圧条件でつめた。10cm相当分の土壌量は、SiCL は中国農試水田心土層の固相率にあわせた。SL は SiCL をつめるときと同一加圧条件でつめた。つめた状態での2、3の物理性は表2に示すとおりである。なお、中国農試水田土壌は佐賀統に分類されている。

表1 粒径分布および土性

	粗砂	細砂	シルト	粘土	土性
中国農試水田心土	10.5%	21.7%	43.6%	21.5%	SiCL
砂	89.8%	9.3%	0.5%	0.4%	S

表2 供試土壌の2、3の物理性

供試土壌	固相率	pF—水分(Mv)				粗孔隙率	透水係数 K <sub>20</sub> (×10 <sup>-4</sup> )
		1.5	2.0	2.7	4.2		
SiCL	47.5%	45.5%	39.0%	31.7%	20.9%	7.0%	2.5
SL	55.0%	26.9%	19.5%	15.1%	10.4%	18.1%	26.3

3) 供試作物および測定時期

青刈ソルガム（スイートソルゴー）を、5月21日に数粒播種し、最終的にポット当り2個体とした。1番草期間（5月21日～7月17日）には梅雨期があるために測定せず、天候が安定し2番草生育の旺盛な8月上旬中に水分消費量を測定した。測定期間中数mmの降雨があったがビニールで覆い侵入をできるだけ防いだ。施肥は1番草期間に N 2 g, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1 g, K<sub>2</sub>O 1 g を基肥として 10cm の作土部分に混合し、追肥は表面施用した。2番草に対する追肥は1番草刈取後、N 3 g, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1 g, K<sub>2</sub>O 1 g を施用した。

4) 試験区の構成

表3に示すように、水分状態の異なる4系列と土壌2種類を組み合わせると8区とした。

表3 試験区の構成

系列・区	土層の吸引圧 (下層～表層)	供試土壌	備考
A 1	0～2 cm	SiCL	図1と同一原理による。地表から最下部給水管まで20cm（地下水位20cm用）
A 2	0～20	SL	
B 1	0～50	SiCL	図1の装置による。（地上水位50cm用）
B 2	0～50	SL	
C 1	0～20cm	SiCL	図1の装置による。ただし、1番草期間地下水位20cm。2番草期間はB系列に同じ。
C 2	0～50	SL	
C 3	0～20	SL	
D 1	50	SiCL	図1の装置による。ただし、各給水管内の吸引圧を50cmH <sub>2</sub> Oとした。
D 2	50	SL	

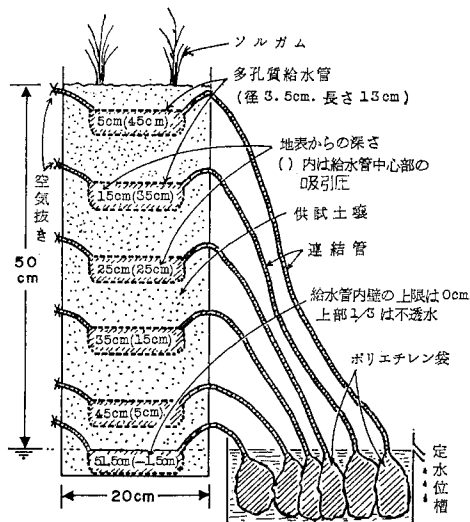


図1 水分消費型測定装置

表 4 · 各試験区の草丈と収量\*

系列・区	草丈調査月日				生草重	乾草重
	7.31	8.7	8.14	8.21		
A 1	cm	cm	cm	cm	g/pot	g/pot
	94	133	165	181	910	174
A 2	72	97	131	154	640	116
					1000	206
B 1	97	129	165	195	840	160
	76	108	141	162	840	159
C 1	78	117	148	176	840	160
	67	92	131	163	690	129
D 1	102	128	151	173	850	182
	88	121	157	177	700	149

(注) 青刈ソルガム2番草(7月17日~8月21日)について調査

A系列は地下水位20cmを想定したもので、給水管の配置は地下水位、地下水位上5cmおよび15cmの3箇所である。

B系列は地下水位50cmを想定したもので、装置は図1のとおりである。A、B系列は地下水位上の土層の吸引圧の分布が地下水位からの高さに対応するようにしたものである。

C系列は1番草期間地下水位20cm、2番草期間はB系列(地下水位50cm)と同じにし、B系列と異なった根の分布状態における水分消費型を知るために設けた。

D系列は土層を通じての吸引圧を50cmに設定した場合の水分消費型を知るために設けた。

以上の各系列の1は SiCL, 2は SL を供試土壌としたものである。

### 3. 試験結果

#### 1) 生育および収量

7月17日、1番草を地上10cmのところから刈り取り、2番草を再生させた。草丈は一般のほ場で栽培したものに比べ8月中旬までは同程度、以後は劣った。2番草の草丈、収量は表4に示すようにA系列よりB系列が優り、SLよりSiCLが優った。この場合の区間の差はポット当りの土壌量や地力的な違いによると考えられる。

#### 2) 水分消費型と根の分布

図2は、水分消費量の最も多かった8月3日から8月12日までの深さ別水分消費割合を白い棒グラフ(実線連結)で示したものである。根の分布は2番草刈り取り時(8月21日)に、地表から10cm毎の土層(最下層のみ

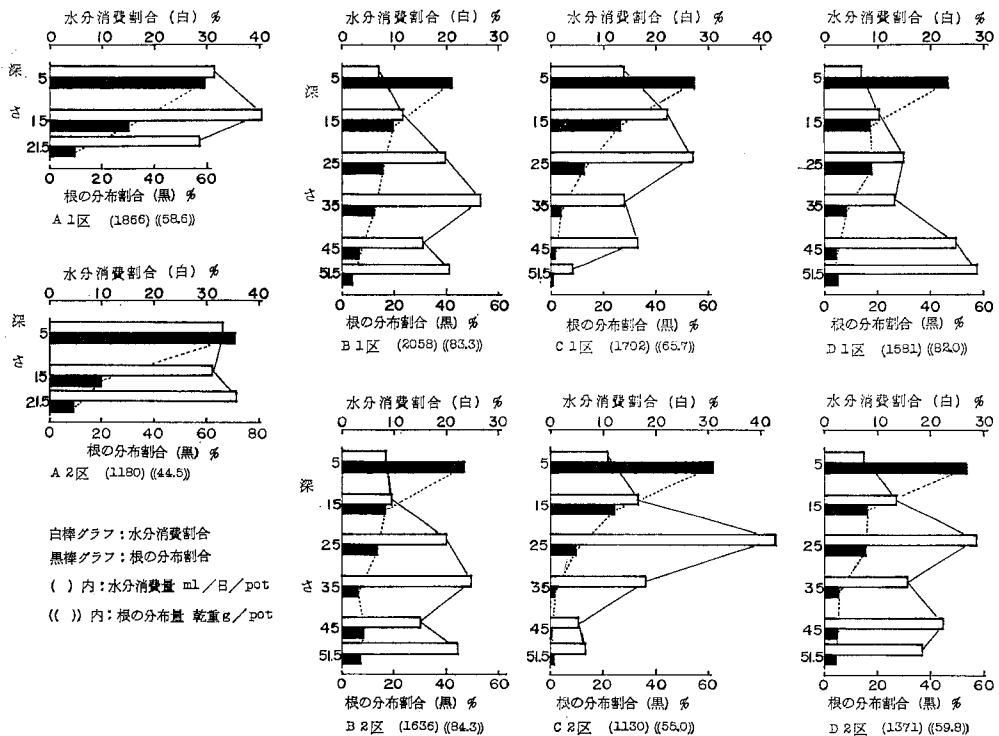


図 2 深さ別水分消費割合と根の分布割合

3.5cm)に含まれる根を洗い出して乾燥、秤量し、根重の深さ別分布割合として黒い棒グラフ(点線連結)で示した。

A系列の水分消費型は、地表下5cmから地下水位直下(深さ21.5cm)までほぼ同様な割合であった。

B系列では地表下35cmの位置の消費割合が最も大きく、ついで地下水位直下(深さ51.5cm)であった。地表下5cmと15cmのところは比較的小さく、水分消費の大部分が深さ25cm以下で行なわれた。

C系列では地表下25cmの位置の消費割合が最も大きく、その位置より高くまたは低くなるにしたがって小さくなる傾向があった。

D系列ではB系列とほぼ同じように、25cmより深いところで水分消費割合が大きかった。とくに、D1区は45cmより深いところの消費割合が多かった。

各系列の供試土壌の違いと水分消費型との関係は、D系列における若干の違いを除き、明らかな差異は認められなかった。

1ポット当りの根の量は乾燥重で約45g~85gであった。そのうち、SiCLでは42%~60%が、SLでは47%~71%が地表から10cmまでの間に分布していた。この中には直径約1mmの支持根が含まれていた。根重の分布は、深くなるにしたがって少なくなる傾向にあったが、各区ともポットの底部にまで達していた。土性の異なる2種類の土壌では表2に示したように粗孔隙率は異なったが、根重分布でみる限りでは顕著な差がみられなかった。

C系列は、B、D系列に比べ、20cmより深いところの根重の分布割合が少なかった。

深さ別水分消費割合と根重の分布割合との関係は図2の実線(水分消費割合)と点線(根の分布割合)グラフで示すように、根重の分布割合が大きい上位の層での水分消費割合は比較的小さく、根重が比較的小さい中位ないし下位の層での水分消費割合が大きい傾向にあった。

根の量と消費水分量との関係を図3に示した。この図は太い支持根が多く含まれる最上位の層を除き、B、C、D系列の地表下10cmから50cmまでについて、厚さ10cmの土層毎に含まれる根重とそこの給水管からの1日平均消費水量を3.017(径20cm、厚さ10cmの土層体積-給水管体積)で除した値を示した。

図でみるように、水分消費量と根重の対応関係は認められなかったが、土壌1000cm<sup>3</sup>当り根重が0.5gあれば水分消費量は1日当り約60ml以上あることを示している。C2区の深さ45cmで1日当り21ml(10cm立方の土壌からは2.1mmの水量に相当)の消費量があったが、この場合の根重は土壌1000cm<sup>3</sup>当り0.14gであった。

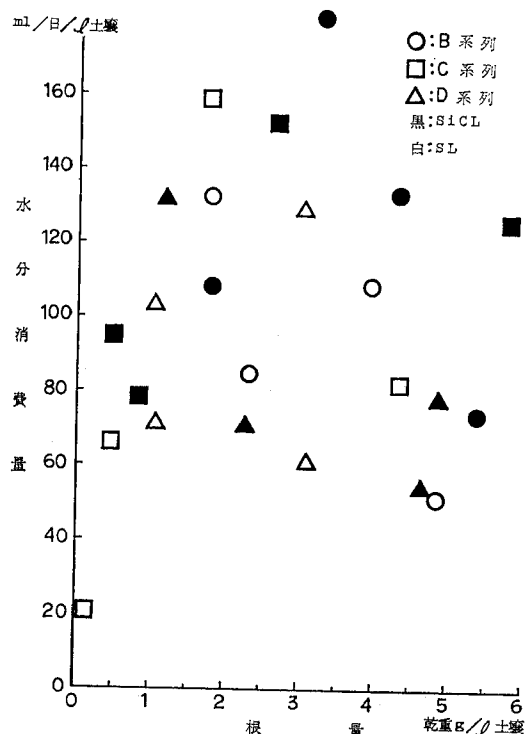


図3 土壌100g中の根量と水分消費型

#### 4. 考 察

根系の吸水能力が仮りに全層同一で、根系による吸水が土壌水分吸引圧の高低に対応しているとすれば、B系列の試験では下位の層ほど水分消費割合が大きくなり、D系列の試験では深さに関係なく、各層とも同じ水分消費割合を示す筈である。

本試験の結果は、B系列では、中位ないし下位の層における水分消費割合が大となった。この結果だけからみると、地下水位に近いほど吸引圧が低くなっている条件と、逆に根の分布は下方ほど少ない状態であることが重なった結果であるともみれる。しかし、地下水位から一番高位の給水管でもその吸引圧は図1に示したように45cm H<sub>2</sub>O (pF換算で約1.6)であり、この範囲の吸引圧では吸水が低下するとは考えられず、むしろ下位の層での多湿状態が考えられる。この試験では図1のように地下水面が直接土壌と接しているのではないので、根系の吸水速度が大きい場合の給水管と土壌の吸引圧の平衡状態が問題として残る。

D系列の水分消費型はB系列とは若干異なったが、やはり中位ないし下位の層の水分消費割合は大きかった。D系列は、各層位とも同じ吸引圧としたのであるが、その水分消費割合は根重の分布割合を反映しなかった。これは吸水能に関して根の質的な差が大きく、吸水能の高

い根の分布が根重の小さい層位に比較的多いことが推定された。

青刈ソルガムの根は地下水面下にはほとんど伸長しないので、C系列の試験では20cmより下方にある根は地下水位を20cmから50cmにさげたあとで伸長したものと考えてよい。この系列の試験では、深さ25cmの位置の水分消費割合は、根重が比較的少ないにもかかわらず、最も大きいのは、新しく伸長した根系の吸水能力が大きいことを示しているものと思われる。

地下水面を持たない畑で栽培された作物の水分消費型は、生育時期や降雨分布で変動があるが、一般には根系分布に似て表層消費型をとる場合が多い<sup>1)</sup>。本試験の結果がこれらとは異なり下層の消費割合が大きかったことは、根系分布域の下方に地下水位があったことの影響が大きいと思われる。

長谷部<sup>1)</sup>はトウモロコシは水陸稲に比べて下層の消費割合が大であること、また浅い作土層の下に透水性の低い緻密な下層土が存在する場合、または一時停滞水位の高い場合には、一般的な形である上層より40, 30, 20, 10%の消費型に比して、下層の消費割合が増大する傾向があることを認めている。

青刈ソルガムは深根性で耐干性であるといわれ、また上記のような土壤水分条件もあって、普通畑での一般作物と異なった水分消費型をとったと考えられる。

このポット試験では1日当りの蒸発散量は36~57mmに達し、圃場規模の栽培条件における8mm程度<sup>3), 8)</sup>に比べると大きな違いがある。これは個体重当りの土壌占有面積(土壌量)や光、通風条件の違いからくるもので圃場規模の栽培条件の場合には当てはまらない。また根の垂直分布も圃場とは異なると考えてよい。しかし、根重分布と水分消費型との対応が認められないこと、そしてかなり下位の層で水分消費割合が大きいことなどは、地下水面が根の伸長域近くにある圃場ではあり得るように思われる。

この試験の結果と圃場条件とのつながりを求めるために、地下水位設定可能な有底コンクリート枠(面積18m<sup>2</sup>、深さ1.1m)で試験を行っており、毛管上昇速度の検出なども含めて、別途取纏める予定である。

## 5. 要 約

地下水面上の土層における水分消費型を知るために、多孔質の素焼製給水管を10cm毎の深さ別に設置した特製

ポットに青刈ソルガムを栽培した。給水管の吸引圧は地下水位からの高さに対応させ、一部は各高さとも吸引圧が50cmH<sub>2</sub>Oになるよう設定した。水分消費型は各深さの給水管から消費された水量から算出した。吸水活動が最も盛んであった2番草の生育期の水分消費型を根重の分布との関連で検討し、次の結果を得た。

1) 地下水位20cmの場合は上位の層から地下水位まで、ほぼ同じ程度の水分消費割合であった。

2) 地下水位50で、各位置の給水管の吸引圧が地下水位からの高さに対応している場合は、水分消費割合は中位ないし下位の層が大であった。根重の分布は上位の層ほどの大であった。

3) 1番草期間地下水20cm位、2番草期間地下水位50cmに設定した場合には、深さ25cmの位置での水分消費割合が最も多かった。この部位の根の大部分は地下水位を50cmにさげた後で伸長したものであり、新しい根系の吸水能が高いことを示していると思われる。しかしこの層位の根重は比較的少なかった。

4) 各位置の給水管の吸引圧を位置に関係なく同一に設定した場合でも、水分消費割合は中位ないし下位の層が大きかった。この場合も根重分布割合は上位の層ほど大であった。

## 引 用 文 献

- 1) 長谷部次郎・河野 広・横井 肇：東近農試研報(裁2部)4, 23~29(1963)
- 2) 鴨田福也・谷口利策・加藤一郎・坂田公男：東近農試研報24, 76~93(1972)
- 3) 水之江政輝・長谷部次郎・河野 広：畑灌研究集録VIII, 農林水産技術会議事務局, 218~220(1965)
- 4) 玉井虎太郎：畑灌研究集録VI, 農林省振興局研究部, 443~434(1961)
- 5) 玉井虎太郎：農及園, 46, 1628~1632(1971)
- 6) 上野義視・諸遊英行：中国農研, 43, 27~28(1971)
- 7) 上野義視・諸遊英行：土肥要旨集, 18, 82(1972)
- 8) 上野義視・諸遊英行：土肥要旨集, 22, 109(1976)