砂質土壌における保水剤の施用が植物の初期生育に及ぼす影響

久津那 浩 三*・横 田 博 実*

Effect of the Application of Water Holding Substances on the Growth of Plants in Sandy Soil

KUTSUNA, Kôzo* and YOKOTA, Hiromi*

要 旨

久津那浩三・横田博実：砂質土壌における保水剤の施用が植物の初期生育に及ぼす影響

砂質土壌に施用された保水剤が植物の初期生育に及ぼす影響について検討した。ダイズ、トウモロコシを栽培し、無灌水条件、少量灌水条件下で蒸発散量を測定することにより保水剤に吸水された水を植物が利用することを認めた。また保水剤の添加水によって植物が萎凋、枯死する時期を遅らせる効果がみられた。しかし、灌水量が少ない場合には、この効果は小さくなった。保水剤には施用適量があり、ソルガムの幼植物生育における施用適量は土壌の重量比で0.1%であった。0.1%施用の場合には、特に根部の生育が無施用区に比べて優ったが、0.2%以上の施用では生育が無施用区よりも劣った。

1. 緒 言

砂質土壌に保水剤を施用すると土壌水分の蒸発が抑制され、土壌の最大容水量が増加する。さらに保水剤に吸収された水は大部分が有効水領域に属しており、植物に十分に利用され得るものと考えられる^{2,3)}。このことは植物の生育に対して有利な点と考えられる。これまでに保水剤と植物の生育との関係については、保水剤施用と灌水方法の組み合わせにより植物の生育、収量に好結果を得ること⁶⁾、灌水量を多く必要とする植物では保水剤の保水効果が現れやすいが、灌水量が少なくてすむ植物や、冬期間に栽培される植物ではその効果が現れにくい結果¹⁾などが報告されており、保水剤の保水効果の一面をよく示している。また吸水したヒドロゲルを発芽床として稲の育苗を行い、保水剤に吸水された水を植物が利用することも認められている⁴⁾。

水資源が制約される乾燥地農業や砂漠緑化にこのような保水剤を利用する場合、灌漑水を有効に利用して節水を図ること、植物が受ける水ストレスによる生育低下を緩和することなどが考えられる。さらに灌水停止の様な過酷な条件下においては、保水剤施用によって植物の萎凋、枯死に至る日数を引き延ばそうとすることも保水剤の利用方法の一つであると思われる。本報告では乾燥地におけるこのような保水剤利用を想定し、保水剤施用が植物の生育に及ぼす影響について、比較的成長の速いダイズ、トウモロコシ及びソルガムを用いて検討した。

2. 試験方法

供試土壌は前報³⁾と同様、静岡県浜岡町の海砂（粗砂71%、細砂27%、シルト+粘土2%）を供試した。保水剤はA：アクリル酸部分中和型、B：両性型、C：スルホン酸型の3種を供試した。保水剤Aについては粒径が150-500 μ のものを主として用いたが、一部の試験では500-1,000 μ のものも用いた。保水剤を混合した土壌は1/10,000アール、または1/5,000アールのポットに充填した。充填方法は前報³⁾と同様で3回に分け

キーワード：保水剤、砂質土壌、植物の生育、土壌水分

* 静岡大学農学部附属乾燥地農業実験実習施設
Arid Land Agricultural Research Laboratory, Faculty
of Agriculture, Shizuoka University

図1 蒸発散量に及ぼす保水剤の施用と植生（ダイズ）の影響

矢印は萎凋（△）または枯死（×）した日を示す

Fig. 1 Effects of the application of water holding substances and the planting of soybean on evapotranspiration.

Arrows indicate the day of wilting (△) or dying (×).

て土壌と水を充填した。添加水量は土壌のみの場合の最大容水量に相当する量（土壌 1,500 g に対して水 400 ml）とした。その後、播種または移植を行い（移植の場合は移植後にも少量灌水）、ガラス室内に放置した。本試験では成長の比較的速いダイズ、トウモロコシ及びソルガムを用いた。放置中には無灌水または少量の灌水を行い、植物の萎凋、枯死に至る過程を追跡した。この間2日に1度、ポットを含めて秤量を行い蒸発散量を測定した。なお、萎凋は植物の半分以上の葉が萎れた時点、枯死は全葉が完全に萎れ再起が不可能と判断される時点とした。この観察は午前9時に行った。

3. 試験結果

3.1 無灌水条件下での植物生育に及ぼす影響

1/10,000 アールポットにダイズとトウモロコシを播種し、ともに2本立てとして無灌水栽培を行った。保水剤はA, B, Cの3種を、それぞれ土壌の重量比で0.1%を添加した。また蒸発量を測るため裸地区を設けた。この結果は図1, 2に示した。植物を生育させた区の蒸発散量と裸地区の蒸発量の積算曲線を比較すると、保水剤を施用しない対照区では両者に大きな差はみられない

のに対し、保水剤添加区では保水剤の種類に関係なく全て前者の方が高い値を示しており、対照区のそれに近づいている。ダイズの場合には対照区では14日目に萎凋、15日目に枯死しているが、保水剤A区では19日目に萎凋、23日目に枯死している。B区では15日目と19日目、C区では18日目と21日目であった。トウモロコシの場合は対照区で17日目に萎凋、20日目に枯死したのに対し、保水剤A区では22日目と28日以上、保水剤B区では21日目と28日以上、保水剤C区では22日目と28日以上となり、いずれも保水剤を添加することにより作物の萎凋、枯死に至る時間が引き延ばされることを認めた。

以上の試験は当初の添加量を一定にした場合（保水剤を入れない場合の土壌の最大容水量に相当し、土壌 1,500 g に対して水 400 ml であった）のものであるが、次に当初添加水量を変えた場合の検討を行った。すなわち水の添加量を200, 300, 400, 500 mlの4段階とした（500 ml 添加の対照区は湛水に近い状態となった）。これに4枚の葉が完全に展開したダイズの苗を2本移植し、ガラス室内に放置して萎凋、枯死に至る日数及び蒸発散量を測定した。得られた結果は図3に示した。まず

図 2 蒸発散量に及ぼす保水剤の施用と植生（トウモロコシ）の影響

矢印は萎凋（△）または枯死（×）した日を示す

Fig. 2 Effects of the application of water holding substances and the planting of maize on evapotranspiration.

Arrows indicate the day of wilting (△) or dying (×).

表 1 ダイズの萎凋、枯死に至る期間に及ぼす保水剤の施用と灌水量の影響

Table 1 Effects of the application of water holding substances and irrigation amount on the growth of soybean.

Water holding substance	Irrigation frequency*	Days after seeding	
		Wilting	Dying
—	every day	24	28
—	every two days	22	24
—	every three days	17	22
A	every day	29	31
A	every two days	29	31
A	every three days		23
B	every day	30	32
B	every two days	22	24
B	every three days	17	23
C	every day	31	32
C	every two days	24	28
C	every three days		23

* Irrigation amount/one time was 100 ml per pot

図3 蒸発散量及びダイズの萎凋、枯死に至る期間に及ぼす保水剤施用と添加水量の影響—灌水は試験開始時に行い、以後灌水しなかった

Fig. 3 Effect of the irrigation amount at the beginning of cultivation on evapotranspiration and the growth of soybean under the application of water holding substances.

保水剤添加の有無にかかわらず、当初の添加水量が多くなるほど萎凋、枯死に至る日数は増加し、蒸発散率が高くなっている。萎凋時における蒸発散率についてみると保水剤 A 区を除いて他の区間には大差が認められない。保水剤 A 区は添加水量が少なくなるほど蒸発散率が大きく低下している。枯死時点においては添加水量の少ない場合には保水剤 B、C 区の蒸発散率は対照区のそれよりも低い値を示しているが、添加水量の増加とともに逆

転している。保水剤 A 区は絶えず対照区よりも低い値を示しているが、添加水量の増加により対照区に近づいている。次に、萎凋、枯死に至るまでの日数は添加水量の少ない場合には処理区間に大差が認められず、添加水量が多くなるにつれて保水剤施用区と対照区の差が開いている。萎凋に至る日数は、保水剤施用区が対照区よりも多い傾向を示しているが、添加水量の少ない場合の保水剤 A 区では逆に対照区よりも早く萎凋している。枯

図 4 ソルガムの初期生育に及ぼす保水剤 A の施用と灌水量の影響

Fig. 4 Effect of the application of water holding substance A and irrigation amount on the growth of sorghum.

死は萎凋の場合と全く同様の傾向を示したが、萎凋の場合よりも対照区との区間差が大きい。枯死に至る経過日数は添加水量の多い場合、保水剤 C 区 > 保水剤 A 区 > 保水剤 B 区 > 対照区の順であった。

3.2 少量灌水条件下における植物生育に及ぼす影響

当初の添加水量が保水剤の効果に影響を与えるとすれば、生育途中の灌水量の影響も考えられるので、次のような検討を行った。1/5,000 アールポットにダイズを播種し、3本立てとし、灌水は1回 100 ml を毎日、2日に1回、3日に1回の3段階とした。雨天日はこの灌水サイクルから除いた。1日 100 ml の灌水量はこの試験実施時期の平均蒸発散量の約半量に近かった。この際保水剤の施用量、土壌充填、水の添加などは試験 3.1 と同じ方法で行った。なお出芽揃いまでは2回、表層土の湿る程度に灌水した。ダイズの萎凋、枯死に至った日数を表 1 に示した。この試験においても保水剤添加の有無には関係なく灌水量が多くなるほど萎凋、枯死に至る日数は多くなった。保水剤添加区は対照区よりもその日数がさらに延びているが、この効果は灌水量が多くなるほど

高くなる傾向を示した。また前試験と同様に本試験でも保水剤 C は他の A, B よりもわずかながら高い効果を示した。

3.3 保水剤の施用量、灌水量がソルガムの初期生育に及ぼす影響

次にソルガムの初期生育に及ぼす保水剤施用量と灌水方法の影響に関する試験を行った。1/10,000 アールポットを使用し、保水剤 A を土壌の重量比 0.1, 0.2, 0.3, 0.4% の4段階に添加した。土壌充填、水添加法は前試験 3.2 と同様とした。21日間栽培し、生育量を測定した結果は図 4 に示した。まず草丈、根長について保水剤 0.1% 区は対照区よりも勝るのに対し、保水剤添加水量がこれより増加するにつれて生育量は低下し、特に 0.3% 以上では低下が顕著であった。この傾向は乾物重についてもあてはまり、保水剤の施用量が増加するにつれてソルガムの初期生育に対してマイナスの効果のあることを示した。しかし、0.1% 施用の場合はプラスの効果が見られ、特に地下部の生育に対して顕著であった。灌水量の影響については明らかな傾向がみられなかった。

4. 考 察

前報³⁾において、塩類が共存しない場合には保水剤の施用が土壌水分の蒸発抑制に効果的であることを示した。本報では保水剤に吸収された水が植物に利用され、無灌水条件下でも植物の枯死に至る日数を引き延ばすことを検討した。まず試験3.1、試験3.2のダイズ、トウモロコシに関する試験では保水剤を施用した全ての区で、対照区に対して萎凋、枯死の時期が引延されることを認めた。次に図1、2にみられるようにダイズ、トウモロコシの植生区の蒸発散量は裸地の蒸発量に対して、保水剤添加区では絶えず高い値を示しているのに対し、対照区では両者の差が明確ではない。保水剤の施用で蒸発量が抑制されても、植物を生育させることにより蒸発散量が増えていることは、明らかに植物によって保水剤に保持された水の利用があることを示している。また、図3にみられるように植物の枯死時点の蒸発散率が、保水剤を加えた場合も加えない場合でも90%以上に達しており、保水剤の種類によっては対照区を上回る場合もみられる。このことは保水剤に吸水された水を植物が利用していることを十分に示している。また、本試験では3種類の保

水剤を用いたが、萎凋、枯死に至る日数を引き延ばす効果は保水剤によって異なった。保水剤 A, B, C の1g当たりの吸水量はそれぞれ308, 233, 140 mlであるが、吸水量の最も少ない保水剤 C が他の保水剤と同等またはそれ以上の効果を示した。この結果は保水剤に吸収された水分の植物による利用のしやすさとも関連すると思われるが、さらに検討する必要がある。

次に植物の萎凋、枯死と土壌含水比の関係を見るため、図1、2から計算によりポット土壌の平均含水比の変化を求めたのが図5である。保水剤 A の裸地区、植生区及び対照の植生区を図示した。ダイズ、トウモロコシの場合ともに保水剤を施用しない場合には急激に含水比が低下しているのに対して、保水剤施用区では含水比の低下がゆるやかになっている。しかも保水剤施用、無施用の供試土壌について別に測定した pF-水分曲線から、それぞれ pF 1.7, 3.8 に相当する含水比の点を求めると、対照区では pF 1.7, 3.8 の中間点で萎凋しているのに対して、保水剤区では pF 3.8 付近で萎凋している。対照区において、pF 3.8 以下で枯死しているのは供試土壌が砂質土壌であり、しかも急激な乾燥、蒸発があったためと考えられる。これに対し保水剤施用区では保水

図5 保水剤 (A) 施用下での植物の萎凋、枯死に至る期間と土壌含水比の関係
矢印は植物の萎凋 (Δ) または枯死 (×) した日を示す
●: 対照 (保水剤無施用, 裸地) 区, ×: 保水剤施用 (0.1%), 裸地区
○: 保水剤施用 (0.1%), 植生区

Fig. 5 Relationship between soil water content and wilting, dying of soybean and maize under the application of water holding substance A.

Arrows indicate the day of wilting (Δ) or dying (×).

●: Control (no planting, non-treatment)

×: No planting with application of water holding substance A (0.1%)

○: Planting with application of water holding substance A (0.1%).

剤施用により易有効水領域の水が増加し、これが植物に緩効的に利用され、枯死に至る日数を延ばしたものと考えられる。

保水剤の有無にかかわらず、無灌水、少量灌水、何れの場合でも、事前に添加する水量が多いほど植物の萎凋、枯死に至る時間が長くなるのは当然のことと考えられる。しかし、図3、表1の結果からすると、事前の添加水量の多い場合は、保水剤の施用が枯死に至る時間をより長く引き延ばしているのに対して、その逆の事前添加量の少ない場合や灌水量の少なすぎる場合には、保水剤の種類にもよるが、対照区と同等または枯死を早める結果を示している。この要因については、保水剤と植物根の間の水の競合、土壌中に保水剤が存在するための水分分布の不均一性や有効水の連絡遮断などが植物に影響したものと考えられる。しかし、この原因についてはさらに検討する必要がある。

保水剤の施用量が0.1%の時、ソルガムの初期生育に対して、特に地下部の生育に対して好影響を示した。しかし、施用量が増加すると共に生育は低下し、対照区よりも劣ることを試験3.3の結果は示した。このことは施用適量のあることを示し、重要なことと考えられる。生育に対してマイナスの効果を示す原因については本試験結果のみでは判断できないが、保水剤によっては、発根や生育の阻害を引き起こす⁵⁾ことが報告されており、さらに検討する必要がある。また、供試土壌が緩衝作用の

少ない砂質土壌であることから、保水剤施用の土壌理化学性に及ぼす影響が植物生育に強く反映したことも考えられる。

本試験は全て水道水の灌水による試験であるが、保水剤施用によって植物の萎凋、枯死に至る日数が引き延ばされた。さらに、適量を施用した場合には植物の生育が促進される傾向も認められた。したがって、水資源が制約される乾燥地において保水剤を利用することは有効であると考えられる。しかし、前報³⁾で指摘したように保水剤の保水能は共存塩類の影響を強く受けることから、塩類共存下での植物の生育に対する保水剤施用の影響について、さらに検討する必要があると思われる。

引用文献

- 1) 浅野次郎：砂地における保水力増強資材高吸水性樹脂の特性と施用効果、肥料時報、1985-(1), p. 25-29, 1985
- 2) 久津那浩三・横田博実：砂質土壌における保水剤の施用効果（第2報）土壌理化学性に及ぼす影響、日本土壌肥料学会講演要旨集 第35集, p. 7, 1989
- 3) 久津那浩三・横田博実：砂質土壌における保水剤の保水能に及ぼす共存塩類の影響、緑化工学会誌, 15 (4), 31-35, 1990
- 4) 杉村順夫・竹野恒之：高吸水性ポリマーの農業への利用、植物の化学調節, 17 (2), 153-156, 1982
- 5) 杉村順夫・山寺喜成：緑化工用資材としての高吸水性ポリマーの利用、緑化工技術, 9 (2), 11-15, 1983
- 6) 遠山征雄：保水剤の農業分野への利用（2）—とくに沙漠緑化を中心に—、農業及び園芸, 61 (9), 67-72, 1986

Summary

The effect of the application of water holding substances on the growth of plants in sandy soil was studied. Soybean and maize were cultivated with the application of water holding substances under limited or non-irrigated conditions. Utilization of absorbed water in water holding substances by plants was confirmed by the measurement of evapotranspiration. The period in which the plants can grow without wilting or dying was extended by the application of water holding substances. The suitable application rate of water holding substance for sorghum was 0.1%. The growth of sorghum, especially roots, was promoted by the application of water holding substance at a rate of 0.1%, but was inhibited above 0.2%.

Key words : water holding substance, sandy soil, growth of plant, soil moisture