

育苗用土の物理性と苗の生育

植田 稔宏*・長谷川 周一**

キーワード：イクビョウ，ヨウド，ブツリセイ，キソウリツ，ガスカクサン

Influence of Physical Properties of Nursery Soil Normally on the Growth of Tomato and Lettuce Seedlings

Toshihiro UETA* and Shuichi HASEGAWA**

Summary

Physical properties of soil to ensure normal growth of tomato and lettuce seedlings were examined by use of several nursery types of soil. The nursery soil was prepared by mixing vermiculite and peat moss with subsoil of a volcanic ash soil at different ratios.

The following results were obtained from the experiments.

1. Transpiration of the tomato seedlings decreased at matric potentials of about 400cm(pF2.6) even though the volumetric soil watercontents were different among the types of nursery soil.
2. The critical value of air porosity for the normal growth of tomato was 13 to 14% after supplying water.
3. As the volume of pots used for lettuce were so small, soil aeration increased as a result of transpiration. However, relative gas diffusion coefficients, higher than 0.02, after supplying water were needed for normal growth.
4. An addition of a super absorbent polymer to the nursery soil increased the soil water content and decreased air porosity at saturation as a result of swelling. However, the increase in available soil water absorbed by the polymer was limited due to high concentration of the solute released from the chemical fertilizers.

I. 緒言

農業現場においては、労働力の減少により、作業労力の節減は切実な問題となっている。育苗を必要とする野菜農家ではその作業に多大の労力を要し、その効率的な作業体系が必要となってきた。また、労働力の減少は機械化の導入を促進し、最近では機械による野菜定植作業が普及してきている。このような作業体

系の中では、育苗用土の組成は効率的な健苗生産の面から重要な要因である(6)。ここでは、一般的なトマト育苗における用土組成と生育量及び機械移植を念頭においたレタスのセルトレイ育苗における用土組成と生育量について、保水性及び通気性の指標となるガス拡散係数等の土壌物理的な面から検討した。また、高吸水性高分子保水剤(以後保水剤)を利用した灌水の省力化及び生育促進効果について若干の検討を行った。

* 現在 茨城県肥飼料検査所

** 農林水産省農業環境技術研究所

II. 材料及び方法

1. 供試用土の組成

用土の調整は黒ボク土 (7.5YR4/6, pH5.8, EC0.2ms/cm) に市販の培地資材 (パーミキュライトとピートモスを容積で 7:3 に混合したもの (pH4.0, EC0.14ms/cm) を容積比で表 1 の混合比で調整した。保水剤の混合は用土全てに均一に 2% 混合した。このときの混合率は (保水剤重量 / 用土容積) × 100 で計算した。保水剤には I 社製品を使用した。

表 1 用土組成

処理区	混合割合		保水剤 混合率 (%)	
	混合率 (%)	土壌 : 資材		
標	0	10	0	
準	20	8	2	
用	50	5	5	
土	80	2	8	
保 加	0	10	0	2
水 用	20	8	2	2
剤 用	50	5	5	2
添 土	80	2	8	2

2. 耕種概要

表 1 の組成用土を用いてトマト (品種: ハウス桃太郎), レタス (品種: エクシード) の育苗を行った。

トマトの育苗は 1994 年 10 月 19 日に市販の粒状培土に播種し, 1.5 葉期 (12 日目) に各調整用土を各 500ml 充填した 12 号黒色ポリポットに鉢上げし, 12 月 7 日まで育苗した。育苗期間は鉢上げから 37 日間 (播種後 49 日) であった。育苗終了時期は, 用土資材の混合率が 0% の用土 (ロームのみを用いた用土) に鉢上げたトマトの第 1 果房の花蕾が開花するまでとし, 施肥量は用土 1L 当たり N500mg, P1000mg, K300mg とし硫酸アンモニウム, 過リン酸石灰, 硫酸カリにて施用した。pH は炭酸カルシウムにて pH6.0 に調整した。

育苗は農業環境技術研究所 (つくば市観音台) 内の自然光グロースチャンバー内で行い, 昼 23℃ (10 時間), 夜 13℃ (14 時間) の温度設定とした。灌水の均一化を図るために自作したプール灌水装置を用い, 底面より灌水した。灌水間隔は過剰灌水を避けるため移植後 20 日目まで 1 日おきに午前 9 時に底面より吸水させ, それ以降は毎日, 同時刻に灌水した。

保水剤添加用土の灌水処理は, 毎日灌水 (A 区), 1

日おき (B 区), 2 日おき (C 区) の処理を設けた。ただし, 移植後 20 日までは, この 2 倍の灌水間隔とした。育苗終了後, 地上部, 地下部の生育量を各区 3 株について調査した。

レタスは 11 月 14 日播種, 一穴当たりの容積 12ml の 200 穴のセルトレイを用い, セル当たり 2 粒ずつコーティング種子を播種, 7 日目に間引き 1 本とした。育苗期間は標準用土の混合率 0% の苗の葉枚数が 3.0 枚に達するまでとし, 12 月 12 日までの 28 日間であった。施肥量は用土 1L 当たり N300mg, P1000mg, K300mg とし, 肥料はトマトと同一のものを使用した。

育苗は前述の自然光型のグロースチャンバーを使用し, 昼 20℃ (10 時間), 夜 10℃ (14 時間) の温度設定とした。灌水管理は播種後 10 日間は用土の乾き具合をみながら適宜頭上から灌水し, その後自作したプール灌水装置により保水剤添加用土, 標準用土とも育苗終了まで毎日 1 回午前 9 時に底面より給水を実施した。育苗終了後地上部, 地下部の生育量を各区 5 株について調査した。

レタスは育苗終了後にプラスチックポット (内径 11.3cm, 深さ 14cm, 容積 1400cm³ に観音台土壌を無肥料で充填) に移植し, 自然光型グロースチャンバー内で 7 日間生育させ移植後の根長を測定した。移植後の水分管理は水分特性曲線から求めた pF2 より乾燥側で行い, 萎れが認められた時点で重量を測定し, pF2 に戻る量の灌水を行った。移植後の根長は移植時の用土 (根鉢) の形状に合わせカッターでくり抜き, 育苗終了時と移植後に伸長したの根を分離して測定した。移植数は各区 5 株とした。

3. 調査項目及び方法

1) 用土の基本的物理性

乾燥密度, 三相分布, 水分保持特性を測定した。水分保持特性は 100cm³ コアを用い, 毛管飽和から吸引圧 100cm (pF2.0) までは吸引法にて, 吸引圧 100cm から 1000cm (pF3.0) までは加圧板法を用いた。

2) 相対ガス拡散係数の測定

100cm³ コアを用いて, 毛管飽和, 吸引圧 10, 20, 30cm の土壌水分状態でガス拡散係数を測定した。測定は遅澤 (8) による拡散カラムを用いた非定常法により求め, 大気中のガス拡散係数 D0 に対する各用土中のガス拡散係数 D の比 (D/D0) として表した。

3) 育苗中の用土の水分率, 気相率のモニタリング

トマトは移植後 29 から 31 日, レタスは播種後

15から17日目にポット及びトレイの重量を2時間おきに測定し、蒸発散量による重量変化から水分率、気相率を推定した。またトマトの育苗ポットの土壌水分吸引圧は小型のテンシオメーターを自作し、吸引圧をデジタルマノメータ(3)で測定した。以上、全て2反復とした。

4) 土壌水分と蒸散量

トマトを用いて移植後29から31日にかけて毎日灌水区(a)、灌水停止区(b)を設定した。aとbのポット重量を2時間ごとに測定し、b区が萎凋症状を呈するまで実施した。aとbの蒸散量は十分に水がある状態の時でも同一とは限らないので、十分に水がある条件下のaの蒸散量(Eta)に対するbの蒸散量の比($K=Eta/Etb'$)を求め、土壌水分減少過程でのbの蒸散量を $Etb(=実際の蒸散量 \times K)$ で表し

た。また、bの蒸散量の変化はaに対する相対値(Etb/Eta)として求めた。

III. 結果

1. 組成別用土の基本的物理性

基本的物理性を表2に示す。用土資材の混合率が增加するにしたがって用土の乾燥密度、固相率の低下と気相率、pF3.0までの水分量の増加が認められた。

保水材添加用土は標準用土と比較し、吸水膨張による体積の増加に伴う乾燥密度の減少と孔隙率の増加及び飽和時の水分量の増加と気相率の低下が認められた。一方、pF3までの水分量は標準用土と比較し、一様に増加せずばつぎが認められた。

表2 用土の物理性

処理区	混合率(%)	乾燥密度 (g/cm ³)	飽和時三相分布(%)			孔隙率 (%)	pF3までの水分量* (ml/cm ³)
			固相率	水分率	気相率		
標	0	0.700	26.2	67.1	6.7	73.8	0.313
準	20	0.600	22.7	67.5	9.8	77.3	0.342
用	50	0.500	19.2	67.3	13.5	80.8	0.362
土	80	0.300	12.1	67.5	20.4	87.9	0.391
保加	0	0.679	25.4	68.9	5.7	74.6	0.349
水用	20	0.582	22	68.4	9.6	78	0.378
剤	50	0.485	18.6	69	12.4	81.4	0.368
添土	80	0.291	11.8	68.9	19.3	88.2	0.348

* 飽和時水分量と吸引圧1000cm時の水分量の差

2. 組成別用土のガス拡散能

ガス拡散能は、窒素-大気相互拡散係数(D0)に対する用土のガス拡散係数(D)の比($D/D0$: 相対ガス拡散係数、以後ガス拡散係数)で表した。

各用土のガス拡散係数と気相率との関係を実測値から近似したものを図1に示す。ガス拡散係数と気相率との関係は二次曲線で近似した。近似式は、目的変数yをガス拡散係数、xを気相率とした。気相率とガス拡散係数の関係は用土ごとに異なっていた。近似式から求めた毛管飽和時にガス拡散に関与しない気相率(封入空気)は混合率が0%で0.05cm³、20%で0.04、50%で0.14、80%で0.23であり、資材混合率に伴って増加した。また、混合率が多い用土ほど、気相率の増加につれガス拡散係数が急激に増大する傾向を示した。

3. 土壌水分と蒸散量

トマトのポット苗を用いた蒸散量と用土の水分率の関係を図2に示す。混合率が高いほど、蒸散量が低水分状態まで高く維持される傾向がみられる。これは、混合率が高まるに従って用土の有効水分が増加したことを示している。一方、図2の水分率を土壌水分吸引圧と対応させて蒸散量を整理すると図3のように、蒸散量が低下し始める値は用土の組成によらず吸引圧がほぼ400cm(pF2.6)となった。

4. トマトの生育と用土の物理性

用土組成と移植後37日目の生育量との関係を図4に示す。灌水処理別では毎日灌水の標準用土と保水剤添加用土のA区の地上重が概して高く、B区(1日おき)、C区(2日おき)がこれに続いた。低水分状態を経験したC区においては、混合率が高くなるにしたがい明確に地上重が増加する傾向を示した。根長も同様の傾向を示した。

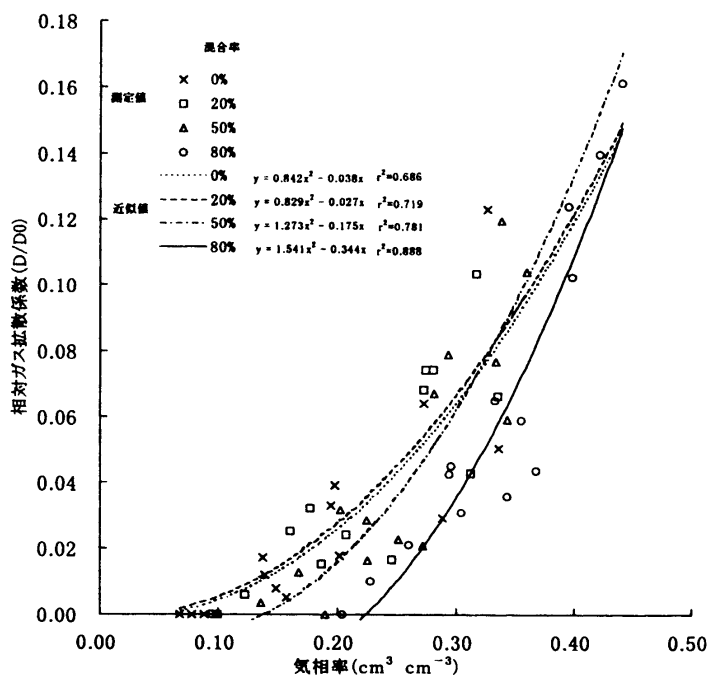


図1 用土のガス拡散能

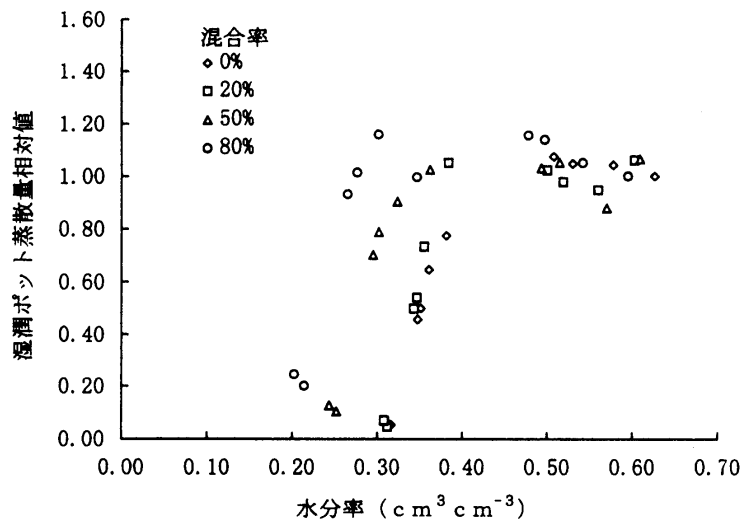


図2 トマト用土組成別土壌水分と蒸散量との関係

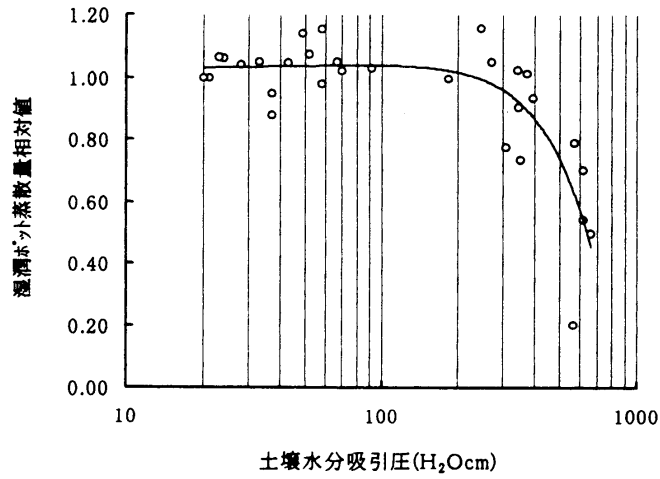


図3 トマト土壌水分吸引圧と蒸散量との関係

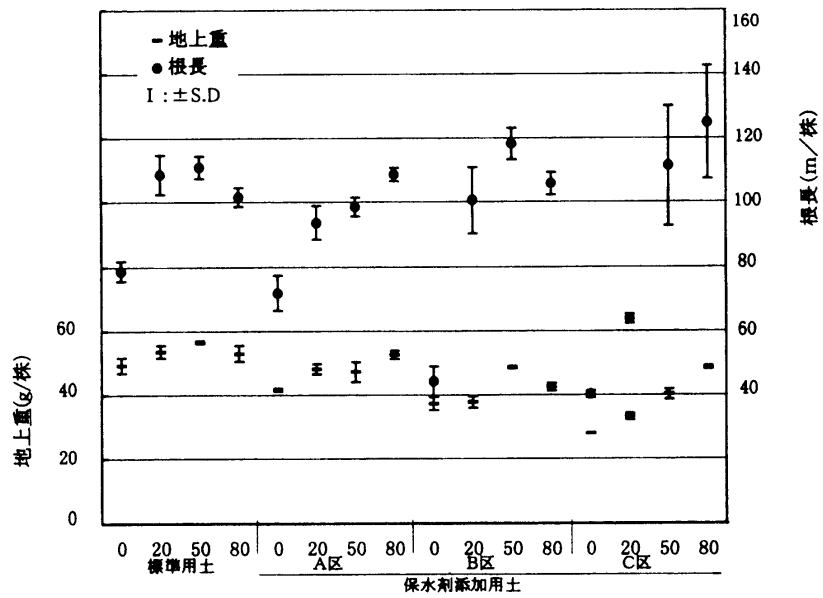


図4 用土組成とトマト地上重及び根長との関係
(標準用土, A区:毎日灌水, B区:1日おき, C区:2日おき)

混合率別にみると標準用土では混合率50%、保水剤添加用土のA区が80%、B区が50%、C区では80%の組成用土で地上重、根長が他区に優った。

一方、土壌水分と蒸散量との関係から、移植後29日から31日(3日間とも快晴)にかけての日平均蒸散量は115ml/ポットであり、蒸散量の低下し始める土壌水分吸引圧(pF2.6)から計算した用土ごとの易有効水分量は、混合率0%では155ml、20%では168ml、50%では174ml、80%では195mlであった。したがって、毎日灌水ではやや過湿、1日おき灌水では不足、2日おき灌水ではかなり不足となる。また、保水剤添加によって増加されるポット当たりの水分増加量(保水材添加量は10g/ポット)は平均17.4mlであり、日蒸散量の15%を補う程度であった。別途行った吸水剤のみの純水中の吸水量は11.7ml/g(117ml/ポット)の吸水能力があったが、肥料成分の入っている用土に添加された場合の吸水能力は純水中のそれと

比較し約1/6に減少した。よって各組成用土に添加された保水剤の水ストレス軽減効果は少なかったと考えられ、C区の明確な地上重、根長の生育差は用土組成に起因する有効水分量(pF2.6程度まで)の違いによるものと考えられた。

5. セルトレイ育苗時のレタスの生育と用土の物理性

用土組成別生育量を表3に示す。地上部は標準用土及び保水材添加用土ともに混合率50%の葉枚数、株重が他区に優った。根重、根長は混合率80%で顕著に伸長し、結果としてT/R比は混合率80%の用土のレタスが最小となった。セルトレイ育苗で重要な指標となる根鉢形成は観察の結果、特に混合率80%で優れた。また、標準用土と保水剤添加用土の生育の区間差は明確でなかった。移植後の根長は育苗終了時の根長と対応しており、移植後の活着の条件として、育苗終了時の根長が重要な要因となると考えられた。

表3 用土組成別レタスの生育量

処理区	草丈	葉枚数	株重	根重	T/R	根長	定植後	
混合率(%)	cm		g	g	比	m	根長 cm	
標準	0	6.2	3.0	0.58	0.15	3.86	1.0	16.0
	20	7.8	3.1	0.86	0.23	3.74	2.1	20.5
用土	50	7.9	3.5	1.15	0.29	3.96	3.0	36.4
	80	6.3	3.4	0.94	0.59	1.60	6.1	65.1
保加	0	5.6	3.0	0.61	0.19	3.15	1.9	12.5
水用	20	7.3	3.2	0.94	0.30	3.20	3.2	10.8
剤	50	7.8	3.4	1.16	0.33	3.56	3.3	17.2
添土	80	6.3	3.2	0.84	0.47	1.78	5.1	64.7

5株の平均値

播種後16日から17日にかけての重量変化のモニタリングから計算した気相率を用いて、灌水直前と灌水直後のガス拡散係数を推定した(図5)。ガス拡散は混合率が高い用土ほど吸水直後から急激に高くなっていった。これは地下部生育とよく対応している。保水剤添加用土も同様の傾向を示すが、ガス拡散係数は全体的にやや低下する傾向を示した。これは、保水剤が吸水膨張したことによって、標準用土では気相となる部分が水と置き換えられたため、ガス拡散の経路が標準用土よりも相対的に少なくなったと考えられた。

播種後15日から17日にかけてのレタスの蒸散量は1セル(12cm³)当たり平均2.8mlであり標準用土の有効水分量は混合率が0%で3.8、20%で4.1、50%

で4.3、80%で4.6mlであり水分不足を生じるような水管理ではなかった。また保水剤の吸水量が少なかったこともあり、毎日灌水管理をするならば保水剤の利用は不要であった。

用土組成ごとの生育量の差はモニタリング結果にもとづくガス拡散係数の経時変化の推移から用土の気相率及びガス拡散が地下部生育量に大きな影響を及ぼしていると考えられる。ガス拡散係数の作物根の生育を妨げるような下限値としては大気中の値との相対値で0.02(2, 11)の報告がされており、用土のガス拡散が初期生育に大きく影響したと考えられる。

用土組成によって地下部と地上部との生育が異なった(50%と80%の用土)原因については今後検討を要する。しかし、80%の用土の地上部生育が極端に

抑制されたわけではなく実用上支障のない苗であった。

IV. 考察

久保(6)は育苗用土の気相率を変化させてメロン、トマト、ピーマンを育苗し、灌水直後の気相率が13.5%以下では各作物とも生育が抑制されたとしている。毎日灌水を行った、標準用土と保水剤添加用土のトマトの地上重、根重を毛管飽和時の気相率で整理し図6、7に示す。地上重、根長とも13~14%を下回ると生育が抑制される傾向を示し、久保らの報告とほぼ一致した。気相率の低下による生育抑制は小川ら(7)が指摘しているように根の呼吸活性低下が主原因となる。また、北宅(4)は根圏のCO₂濃度と作物生育について検討し、CO₂

が根の呼吸を低下させ結果的に光合成を抑制している。今回の用土組成では飽和時気相率が13~14%を下回ると、上述のような原因により生育が抑制されたものと考えられる。また、ガス拡散係数と気相率との関係は、用土組成により異なったが、脱水過程が始まると急激に上昇する2次曲線で表現できる。これは脱水により置換された空気が用土中の封入空気と連続し、ガス拡散経路が作られるためと考えられる。そのため、毛管飽和から一定の水が脱水された状態では、毛管飽和時気相率の高い用土ほどガス拡散は高くなり、根の呼吸活性も高く維持される。よって、トマトの育苗用土の毛管飽和時気相率は少なくとも13%以下にならないように用土組成を調整し、灌水後の蒸発散に伴う脱水によりガス拡散がスムーズに行われるようにする必要がある。

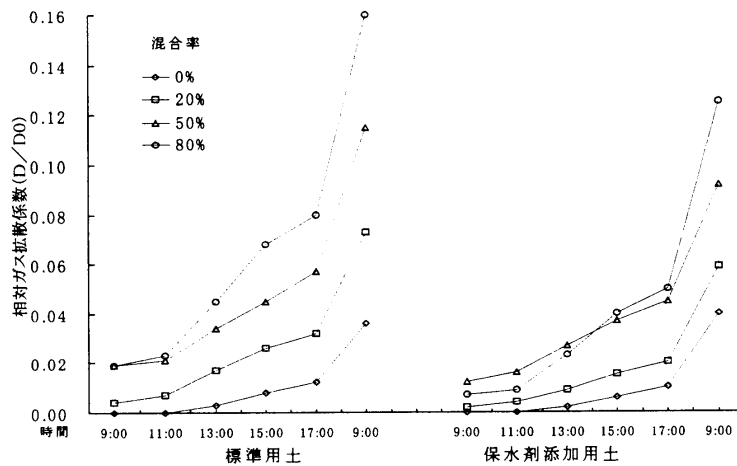


図5 レタス用土の気相率から求めたガス拡散係数の変化

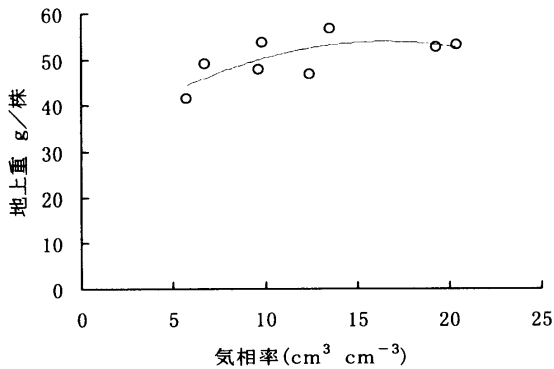


図6 毛管飽和時気相率とトマトの地上重との関係

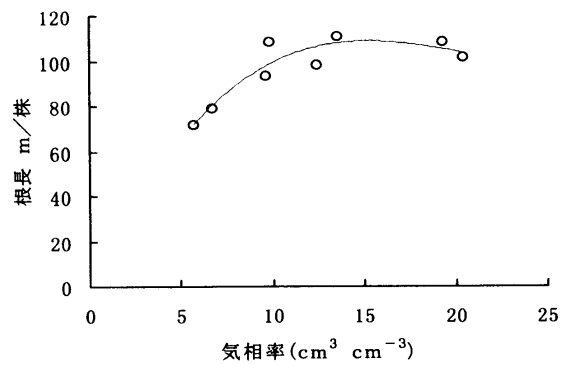


図7 毛管飽和時気相率とトマトの根長との関係

一方、トマト苗の蒸散量の低下する水分率は、用土の組成によらずpF2.6であった。鴨田ら(5)は数種の野菜を用いて、蒸散量及び光合成と土壌水分吸引圧との関係を検討し、トマトはpF2.2~2.6で蒸散量と光合成ともに低下することを指摘している。

蒸散が低下し始める土壌水分吸引圧に幅があるのは、蒸散量の低下し始める土壌水分は蒸散量の多いときは、多水分域に、少ないときは、乾燥した水分域に移動する(1)ためと考えられる。よって、本試験で得られた蒸散が低下し始める土壌水分吸引圧も環境条件によって変動すると考えられることから、日射、温度、湿度、施肥量等育苗時期や条件によって、有効水分量は変化すると考えられる。

レタスでは用土資材の混合率の増加とともに根の伸長は促進された。作物根の生育を妨げる土壌中のガス拡散係数の下限値として、大気中の値との相対値で0.02(2, 11)が報告されている。土壌が水で飽和する灌水直後は用土のガス拡散係数は低下するが、その後、蒸発散にともなう脱水でガス拡散係数が増加する。図5をみると、標準用土の混合率50%、80%は灌水直後においてもほぼ下限値と考えられる0.02を維持している。一方、混合率が20%以下では、灌水後の日中のガス拡散係数は0.02以下となっている。図5と表3は、灌水後いかに早期に好適なガス拡散係数を確保してやるかが根の生育に非常に影響を与えるという事実を示している。混合率80%の根の生育が良好だったのは、灌水2時間後からのガス拡散係数が高く推移したことによると結論される。

保水剤の有効水分量の評価法として大内ら(10)は、保水剤は毛管力を用いて脱水を行う加圧板法や遠心法では脱水されず、蒸気圧法が植物試験が必要と指摘している。表2の有効水分が標準用土と比較して一様に増加しなかった理由は、保水剤の吸水量評価に加圧板法を用いたため、保水剤に吸水された水分を正確に測定できなかったものと考えられる。よって、保水剤添加用土の水分の評価は標準用土の有効水分量に保水剤の吸水量を上乗せする事で評価できると考えられる。しかし、植物が吸水できるのは、保水剤に直接接している一部の根であると考えられるので、最終的な評価には幼植物試験が必要となろう。

一方、本試験では、保水剤添加によって得られる吸水量は予想を著しく下回り、純水中で行った吸水量と比較すると1/6程度に減少した。これは用土中の塩類濃度が影響(9)したのものと考えられる。保水剤を使用する

場合には用土中の塩類濃度をできるだけ上昇させずに養分を供給できる液肥、被覆肥料などの利用が必要であろう。

また、保水剤の添加により高水分状態時の気相率は低下するので、標準用土と比較しやや少ない灌水管理が必要と考えられた。

V. 摘要

土壌にパーミキュライトとピートモスを混合し、物理性を変化させた用土を用い、トマトのポット育苗およびレタスのセルトレイ育苗における好適用土組成について物理的な面から検討した。

1. トマトのポット育苗中の蒸散量が低下し始める土壌水分吸引圧は用土の水分率の違いによらず吸引圧400cm(pF2.6)であった。
2. トマト育苗用土の気相率は灌水後13~14%が下限値である。
3. レタスではセルトレイの容量が小さいため、蒸発散により用土のガス拡散係数は増加するが、灌水後早期にガス拡散係数が0.02以上を確保することが好ましい。
4. 高吸水性高分子は吸水膨張により飽和時気相率を低下させ、水分率を増加させた。しかし、吸水量は少なく生育に与える影響は少なかった。これは、用土の塩類濃度が大きく影響したためと考えられた。

謝辞 本研究は県の研修制度の中で実施したものであり、研修の機会を与えていただいた中垣至郎前所長、本稿のとりまとめに当たり、ご助言とご校閲を賜った土壌肥料研究室小山田勉室長に厚くお礼申し上げます。

引用文献

1. Denmead, D. T., and R.H.Shaw.1962.Avail ability of Soil Water to Plants as Effect by Soil Moisture Content and Meteorological Condition. Agron. J. 54: 385-390.
2. Grable, A.R., and Siemer, E.G.1968.Soil Sci. Amer.Proc., 32:180-186.
3. 長谷川周一・粕渕辰昭. 1988. 携帯型デジタルノメーター利用による土壌水分吸引圧の測定. 土壌の物理性. 58:49-51.
4. 北宅善昭. 1987. 根圏ガス環境の制御に関する研

- 究. 大阪府立大学紀要. 39:137-173.
5. 鴨田福也・伴 義之・志村 清. 1974. 野菜の光合成及び蒸散に関する研究. I 光合成・蒸散の作物間差異及び土壌水分との関係. 野菜試験場報告 A1:109-139.
 6. 久保省三. 1992. 園芸用育苗培土に関する研究. 全農農業技術センター特別研究報告. 2:1-124.
 7. 小川和夫・森 哲郎・安田 環. 1970. 土壌の物理的要因と作物の生育に関する研究. (第3報). 土壌空気の組成について. 東海近畿農試研報. 19:81-97.
 8. 遅沢省子. 1987. 土壌ガス拡散係数測定と土壌診断. 土壌の物理性. 55:53-60.
 9. 大内誠悟・鎌田悦夫・松枝直人・西川晶. 1991. 高吸水性ポリマーの塩類溶液中における保水能とイオン交換能. 日本土壌肥科学雑誌. 62(5):487-492.
 10. 大内誠悟・西川晶・藤田文男. 1989. 高吸水性ポリマー混合が土壌の全容積, 三相分布及び有効水分に及ぼす影響. 日本土壌肥科学雑誌. 60(1):15-21.
 11. Stepniewski, W. 1981. Pol. J. Soil Sci. 14:3-13.