

養液栽培制御システムに関する研究 (I)

— ベット内の養液の流れ特性 —

岩尾 俊男*・房 薇**・渋沢 栄*・藤浦 建史*
竹山 光一*・林 圭脛***

Studies on the System Control of Hydroculture (I)
— Flow Characteristics of diluted Manure in the Culture Beds —
Toshio IWAO, Wei FANG, Sakae SHIBUSAWA,
Takeshi FUJIURA, Koichi TAKEYAMA and Gyuwan IM

Abstract The hydroculture system are now widespread among the special farmers. In these systems, the hydroculture systems having in store of water in beds have giving rise to public discussion with respect to uniformity supply of diluted manure to culture beds.

And the objective of this studies were to obtain flow characteristics of diluted manure in the culture beds. Flow distributions of the diluted manure in beds could be able to obtain in the visual manner by using sucked white moist colors together with air by the use of a sucker. And mixing rates were influenced by the position of supply and drainage of water.

And the increase of the water flow rate was the increase of the mixing rate.

I 緒 言

現在、養液栽培の方式は、機構的に異なる、湛水式^{1,2)}、人工培土(ロックウール)式、NFT式に分けられる。その中で、湛水式は養液栽培の比較的初期の段階において開発されたものであり、他の方式に較べ栽培管理が容易であるなどの利点を有しているものとされている。しかし、コスト高となるため、近年コストの低減が計られ、ベット長の延長が行われている。このため、供給される溶存酸素及び養液のベット全体にわたる均一分布の必要性が指摘されている^{3,4)}。

これらのことから、この研究は、栽培ベット内の養液の流れについて、流れの要因(流量、給水時間、ベットの水深、給排水位置及び排水口直径)とベット内での養液の混入状態について検討を行ったものである。

II 実験方法

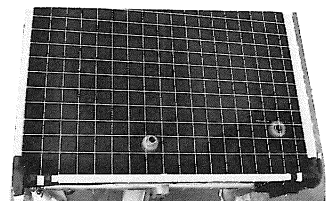
栽培ベットは、6点支持で上下の調節が自由なネジを

*農林システム学講座
**島根大学研究生
***鳥取連合大学院生

有する枠(鉄パイプ(38mmφ)枠、縦3本(長さ360cm)、横3本(長さ90cm))上に、木製枠(95×365cm)を置き、その中に床材として、発泡スチール板(90×180cm、厚さ2.5cm)、その上に、黒色防水シート(厚さ0.1mm)により構成される。

養液の流れの測定では、ベット内に供給される養液の流れ分布を可視的に測定するため、便宜的に栽培ベット上に、縦横5cm毎に糸で仕切りを設けた(第1図参照)。また、トレーサとして白のポスターカラ液を水の供給と同時にノズル内の負圧により吸い込ませるために、ノズル(第2図参照)を製作し用いた。

実験条件として、給排水口の配置、流量(6~24ℓ/min)、給水時間(20~40min)、作物の根の配置(直列、



第1図 養液の分布判定

千鳥)の組み合わせにおいて、養液の給液開始から停止後の白色液の流れ分布を、上方より経過時間ごとに写真撮影を行ない、混入分布特性について検討を行なった。

養液の流れ分布の解析は、第3図に示すように、給液開始後2分経過の白色液の分布写真であり、これを同一サイズのチャート紙に上より写し取り(第4図)、この図を基に混入分布を求めた。

ここに、白色液がベット内に拡散分布する状態を判断する指標として、ベット全体に占める表面積に対する白色液の分布する表面積の割合を混入率とした。

また、用いたトマトの根の体積は、平均 150cm^3 /1本であった。

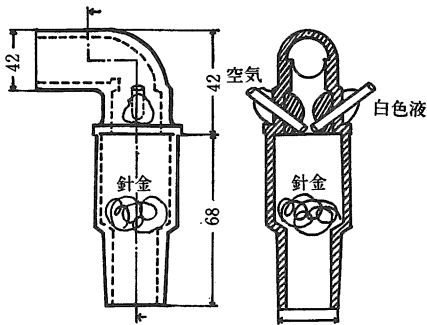
III 実験結果及び考察

1. 給水・排水口位置と白色液混入率

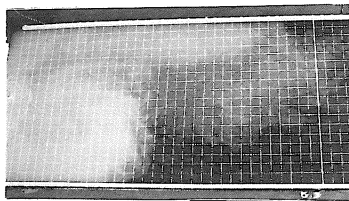
第5図は、流量 6 l/min 、給液時間 5 min 、排水口直径 20 mm 、水深 40 mm の場合の給排水口位置による混入率の経過時間による変化を示す。

この場合は、ベット内水量 130 l に対し、給液時間5分間で 30 l の給液であり、ベット水量に対し約23%の給液の場合である。

給水口が中央で排水口の位置が端隅の時の混入率は、



第2図 給液ノズル



第3図 養液の流れ分布



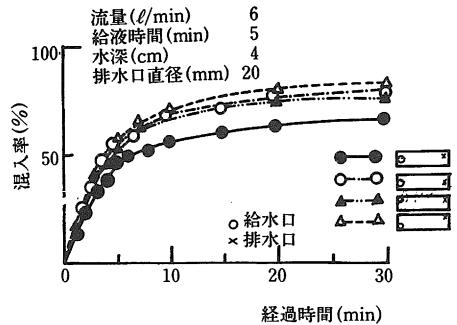
第4図 白色液の流れ分布

他の場合に比べ最も低い値となった。その差は時間の経過によっても改善される傾向は見られなかった。これは白色液の分布図(第6図)からも明らかなように、他に比べ約20%の差が認められる。その他の場合は、10分経過後において、ほぼ同じ混入率の約70%となり、その差は認められないが、給水口と排水口がベットに対角線に配置された場合には、時間の経過と共に混入率は他の場合より高い値を示した。また、白色液の分布図からも明らかなように、白色液の流れの中心が排水口に向って誘導されるような分布となる。

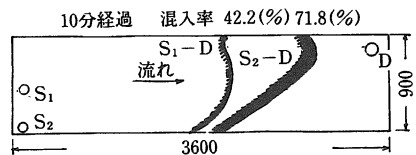
しかし、給水口中央の場合で排水口が端隅の場合を除いて、給水口と排水口の位置によりベット内での溶液の流れを著しく改善することは難しいものと考えられる。

2. ベット水深と混入率

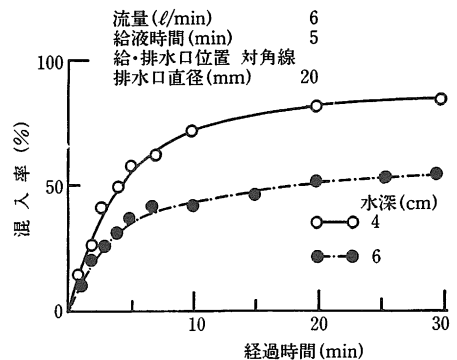
第7図は、流量 6 l/min 、給液時間 5 min 、排水口直径 20 mm で給・排水口が対角線に配置された場合の水深



第5図 給・排水口位置と混入率



第6図 給・排水口位置と白色液分布



第7図 水深と混入率

4, 6 cm の場合の混入率の経過時間との関係である。

水深が 4, 6 cm 場合においては、給液量のベツト水量に対する割合は、それぞれ約23, 15%となる。したがって、水深が浅くなれば、ベツト水量に対する給液割合が増加することから、混入率も増大し、混入速度も増加する。

これらの関係は、第 8 図に示す白色液の10分経過後の分布図からも明らかである。

3. 流量と混入率

第 9 図は、水深 4 cm, 排水口直径20mm, 給・排水口配置は対角線で、全給液量を60 l とし、毎分の流量と混入率の経過時間との関係を示す。全給液量が60 l であるから、ベツト内水量に対する割合は、46%となる。

混入速度は流量の増加により増大する。したがって、流量の増大は、混入率の改善になるものと考えられる。

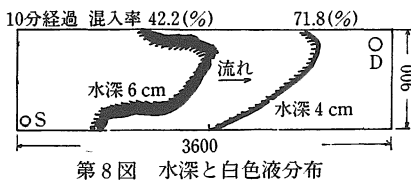
一方、毎分 6 l で10分間の給水を行っても、経過時間30分後には、混入率は100%に到達しない。

これらのことから、流量を増加させることは、混入率の向上になることが明らかとなったが、流量の増加は、給水ポンプの出力の増大になり、養液栽培システムのイニシャルコスト及び維持コストの増大となる。すなわち、流量の増加は、コスト低減の観点からすれば、最適の方法とは言い難い。

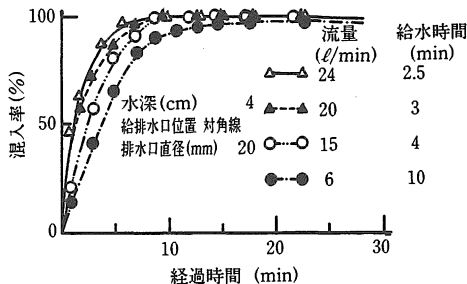
むしろ、給水時間の増大を計ることが、混入率の向上を計る上に必要なことであろう。

第10図は、水深 4 cm, 給・排水口位置が対角線の場合の排水口直径別の流量と混入速度を示す。

この場合の混入速度は、経過時間の初期段階において、時間の経過と共にほぼ直線的に混入率が增大する状態において、単位時間当りの混入面積である。



第 8 図 水深と白色液分布



第 9 図 流量と混入率

混入速度は、流量の増加と共に、ほぼ直線的に増大することが明らかになった。

4. 排水口直径と混入率

第11図は、流量15 l/min, 給液時間 4 min, 水深 4 cm, 給・排水口配置が対角線における排水口直径別の混入率と経過時間との関係である。

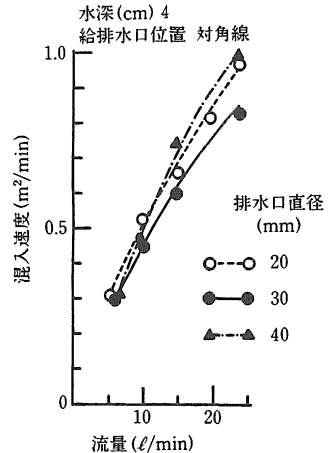
排水口直径の増大は、混入率の向上となり、混入率が100%となる所要時間は短縮される。一方、排水口を設けない場合においても、経過時間が13分程度で混入率は100%に達する。

すなわち、排水口無しの場合においても、混入率は100%に達することから、排水口直径は混入率に影響を及ぼす大きな要因とはなり得ないだろう。むしろ、混入率の向上には、流量の増大及び給水時間の延長が関係するものと考えられる。

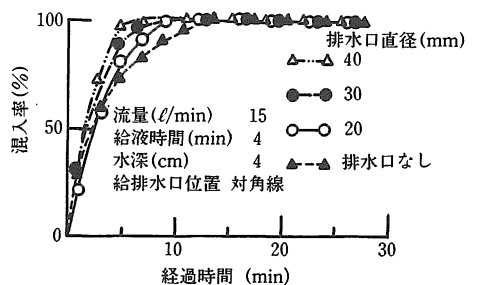
これらの関係は、第12図の排水口直径と混入速度との関係からも明らかである。

混入速度は、排水口直径による影響は少なく、むしろ、流量により影響されることが明らかである。

第13図は、給水 5 分経過後の排水口直径による白色液の分布を示す。排水口直径が40, 30, 20mm 及び排水口無しの場合には、それぞれ97.8, 89.3, 81.5, 73.6%と



第10図 流量と混入速度



第11図 排水口直径と混入率

なる。

混入率が高い場合においても、ベットの排水口端の両端隅において、混入が行われ難いだろうことが明らかである。これらは、作物が栽培された場合の養液の分布と養液の交換について更に検討する必要があるものと考えられる。

5. 栽植方式と混入率

第14図は、水深4cm、排水口直径20mm、給排水口配置が対角線、給液全量が60ℓにおける栽植方式による混入率と経過時間との関係である。

千鳥、並木植共に、混入率は時間の経過と共に増大するが、経過時間が30分程度でほぼ一定の値となる。また千鳥、並木植については、混入率における差は明らかでない。

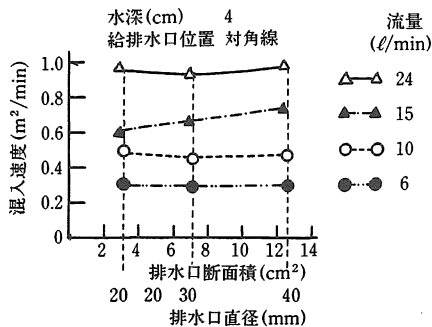
根のある場合の混入率は、根の存在しない場合に比べ低い値を示し、明確な差が存在する。

これらのことは、混入分布図からも明らかのように、根により養液の流れが乱れ、その結果混入率の低下となったものであろう(第15図)。

したがって、作物を栽培中のベットでは、作物の生長と共にベットの水深が浅く設定され、その上ベット全面にマット状に根が伸長することから、養液の流れは非常に複雑なものとなることが予想される。しかし、この研究に用いた、白色液の混入方法を用いれば実際に栽培中の養液の流れも解明できるものと考えられる。

IV 結 言

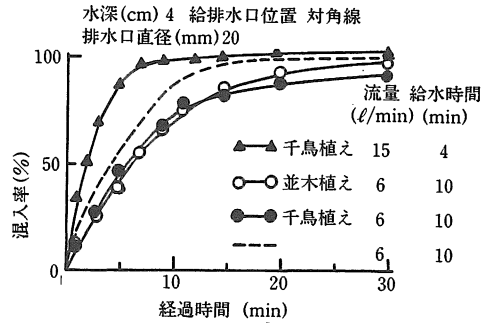
この研究は、湛水式の養液栽培ベットで養液の流れに



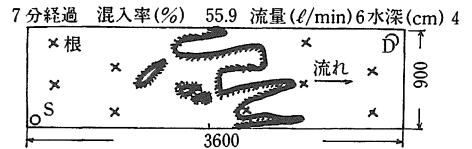
第12図 排水口直径と混入速度



第13図 排水口直径と白色液分布



第14図 栽植方法と混入率



第15図 千鳥植えにおける白色液分布

ついて、流量、給水時間、ベットの水深、給排水口の配置及び排水口直径との関係を明らかにするため、白色ポスタカラー液を給水ノズルより給水させ、ベット内混入の分布特性について検討を行った。また、参考までに、養液栽培中のトマトの根をベット内に設置し、根の配置が混入分布に及ぼす影響についても検討を行った。

主な結果は次のとおりである。

1. 白色ポスタ液を用いることにより、モデルながら可視的に養液の混入分布を明らかにすることができた。
2. 養液の混入状態を、混入率=白色液分布面積/ベット全面積で表わすことにより、混入分布の状態を計量的に表わすことができた。
3. 混入率には、給排水口の位置が影響する。
4. 混入率は、流量が増加すれば増大することが明らかとなった。
5. 排水口直径は、この実験の範囲では、混入率の増大に影響することが少ないものと考えられる。
6. 根の存在は、養液の流れに影響し、混入率の低下となる。

引用文献

- 1) 岩尾俊男他3名：島根大農研報(21)：134-140, 1987.
- 2) 岩尾俊男2名：島根大農研報(22)：143-148, 1988
- 3) 景山詳弘・益田忠雄：生物環境調節 17 (1) 11-16, 1976.
- 4) 涌田忠雄：農耕と園芸：33-63, 1973.