

温室メロン栽培における点滴灌水の自動制御方式の相違が 灌水パターンと生育,果実品質に及ぼす影響

誌名	愛知県農業総合試験場研究報告 = Research bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center
ISSN	03887995
著者名	川嶋,和子 後藤,ひさめ 菅原,真治
発行元	愛知県農業総合試験場
巻/号	35号
掲載ページ	p. 65-71
発行年月	2003年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



温室メロン栽培における点滴灌水の自動制御方式の相違が 灌水パターンと生育、果実品質に及ぼす影響

川嶋和子*・後藤ひさめ**・菅原眞治***

摘要：温室メロン栽培において、点滴灌水と効率的な制御方式を組み合わせ、毎日の灌水パターン並びに生育及び果実品質に及ぼす影響について検討した。制御方式として、pF値上昇に即時に反応して灌水する即時制御灌水法、設定したタイマー灌水をその時刻のpF値が低ければキャンセルするpFキャンセル灌水法、タイマーを手動で調節するタイマー調節法の3方式を比較した。

即時制御灌水法ではpFキャンセル法と比べて天候や生育ステージごとの給水特性によく追随する灌水が実施できた。また、日灌水量と積算日射量の間には正の相関関係があった。この結果、メロンの生育が良く、果実の肥大、外観が優れ、糖度も15.5%と高かった。さらに、タイマー調節法と比べて極めて省力的であった。

以上のことから、即時制御灌水法による点滴灌水の自動制御は実用性があると考えられた。

キーワード：点滴灌水、即時制御灌水法、温室メロン

Effects of Irrigation Controllers used for Drip Irrigation Method on the Water Providing Pattern, Growth and Fruit Quality of Netted Melon

KAWASHIMA Kazuko, GOTO Hisame and SUGAHARA Shinji

Abstract: In order to determine suitable automatic irrigation system in the netted melon culture, three kinds of water-supply-controller were compared; i.e.1) immediate response control method using immediate-response pF sensor, 2) pF-cancel method that timer setting is cancelled when pF value is low, and 3) conventional timer method that timer is adjusted manually. To see the effect of each method, pattern of water supply, soil condition and fruit yield and quality were investigated.

Among three methods, the immediate response control method showed good following in water supply to weather condition at each growth stage, therefore good correlation between amount of the water supply and amount of sunlight was observed per day ($r=0.74$).

By this method the plant growth, the fruit weight and the soluble solid content became larger, and the appearance of fruit was improved. It was also obvious that this method can reduce labor in comparison to the manual timer adjust method.

It can be concluded that the immediate response control method is suitable and practical to produce high quality fruit for summer cropping netted melon.

Key Words: Drip irrigation, Immediate response control method, Netted melon

本研究の一部は、園芸学会平成12年度春季大会(2000年4月)で発表した。

*園芸研究所(現農業大学校)、**園芸研究所(現西三河農林水産事務所)、***園芸研究所(現園芸研究部)
(2003. 9. 9 受理)

緒言

愛知県における温室メロン生産は、東三河施設園芸地帯を中心に発展してきた。大型施設を利用し、夏収穫メロンと促成トマト栽培を組み合わせた経営が主体である。温室メロン栽培は繊細で集中的な管理を要するため、大規模栽培での経営効率化を図る上で、管理作業の軽減が重要な課題である。

近年、必要な時に必要量の液肥と水を点滴で施用する養液土耕法^{1, 2, 3)}が注目されている。渥美地域のトマト・メロン栽培では10 haに導入され、生産性の向上や節水、肥料削減の点から効果をあげてきた⁴⁾。また、高性能の硬質点滴チューブを利用すれば大面積でも均一で正確な灌水ができる⁵⁾ため、従来の手動灌水と比較して省力的である。しかし現状では、灌水操作にタイマーを用いているものの毎日の天候や栽培状況に応じてタイマーの調整を行っており、自動制御灌水には至っていない。その理由は、メロン栽培では外観や糖度の向上が重要視され、繊細で微妙な水分管理が求められる点にある。

そこで本研究では、大規模温室でのメロン栽培について、省力的で高品質生産ができる点滴灌水を前提とした灌水制御方式について検討したので報告する。

材料及び方法

1 栽培方式と試験区の構成

本試験のシステムの概略を図1に示した。液肥の給液と灌水は独立しており、液肥は毎朝6時から施用し、8時以降は灌水のみとした。液肥給液、灌水は共に1ベッドに2本ずつ配置した硬質点滴チューブ（イスラエルプラストロ社：エデンA）で実施した。電磁弁の開閉操作の制御について、以下の3方式で試験した。

(1) 土壌pF値による即時制御（即時区）

土壌pF値を常時測定し、灌水点を超えたら即時に灌水する方式を即時制御灌水（即時区）とした。センサとしてpF0～pF3.0を±2%の誤差で数秒で測定できる圧力変換器付きpFセンサ⁶⁾（愛知農総試開発）を利用し、チューブの吐出孔から10 cm、深さ15 cmの土壌pF値を連続的に計測した。専用制御器⁷⁾を用いて灌水時間帯を8～16

時とし、この間にセンサの値がpF2.4を超えた時即時に2分間灌水（110～115 mL/株）するよう設定した。上述の灌水動作後は水分状態の安定時間を考慮して、30分間の灌水休止時間を設定した。

(2) pF値による自動キャンセル制御（キャンセル区）

あらかじめタイマーで灌水時刻と灌水量を設定しておき、その時刻のpF値が低ければ灌水動作を自動的に取りやめる方式をキャンセル区とした。センサとして電気接点付きブルドン管式pF計（接点pF計；竹村電機製）を用いた。24時間タイマー、15分タイマー、秒タイマー、リレーを組み合わせた制御回路を作成し接点pF計に接続した。8～16時の間30分ごとにタイマー灌水を設定し、その時の接点pF計の値がpF2.4以上ならば4分間（220～230 mL/株）灌水し、pF2.4より低い時はタイマーの出力をキャンセルした。

(3) タイマーの手動調節灌水（タイマー区）

供試品種‘アイソフィ’（後述）の栽培基準⁸⁾に準じた時期別灌水量（250～1600 mL/株）を1日5回（液肥を6時、灌水を8、10、12、14時）に分けてタイマーで灌水時間を設定した。なお、8時の時点で曇天と判断したときは液肥1回と灌水2回、雨天では液肥1回に回数減らした。

以上の3試験区を設置し、試験規模は1区40 m²（50株）の2反復で行った。

3 栽培概要

栽培は、150 m²のガラス温室において、通路幅100 cmで配置した幅85 cm、深さ20 cmの隔離床（全農式スーパー dren ベッド）で行った。品種は、アールスメロンF、品種‘アイソフィ’（愛知農総試育成）を用い、株間40 cmの2条千鳥植えとした。は種は2000年4月19日、定植は5月8日、受粉は6月2日～4日にミツバチで行い、8月2日に収穫した。

肥料は基肥を施用せず、園試処方培養液の2分の1単位又は1単位を用いて図2に示した量を給液した。1株当たりの総窒素施用量は6.8 g、液肥給液量は27 Lであった。灌水は、定植から3日間は約400 mL/株を手灌水し、5月11日から18日までタイマーで250 mL/株の灌水を行った。5月19日から7月25日までの68日間を自動灌水期間とした。

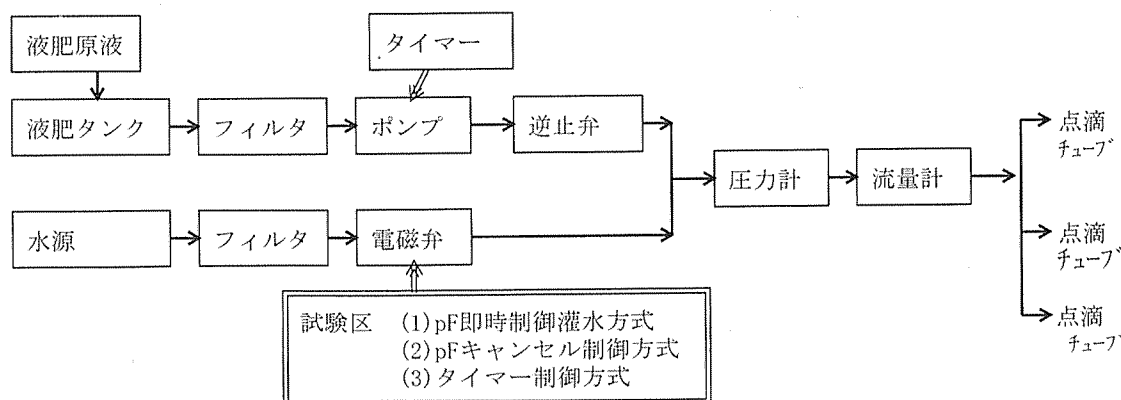


図1 試験に用いた養液土耕システム

3 調査方法

液肥量と灌水量は、毎日午後5時に確認した。積算日射量は、当場における気象観測データを利用し、温室内日射量は、管型日射計を用いて測定した。

即時区は、全期間中のpF値変化をモニターしたが、キャンセル区は6月下旬から7月上旬のpF値を、制御とは別に圧力変換器付きpFセンサでモニターした。

生育及び収穫調査は、各処理区50株の中から連続した

10株ずつ2か所で行った。果実は、交配後56日～57日後に収穫し、果重、外観、糖度を調査した。糖度は、赤道部の対角線上2か所の果肉中央部で測定し、可溶性固形物含量 (Brix%) で示した。各試験区の中蘆な生育を示した3株最大根長と根重を調査した。また、株の地際から10 cm上の部分にバネ秤を固定して、株を引き抜いたときの抵抗力を測定した。

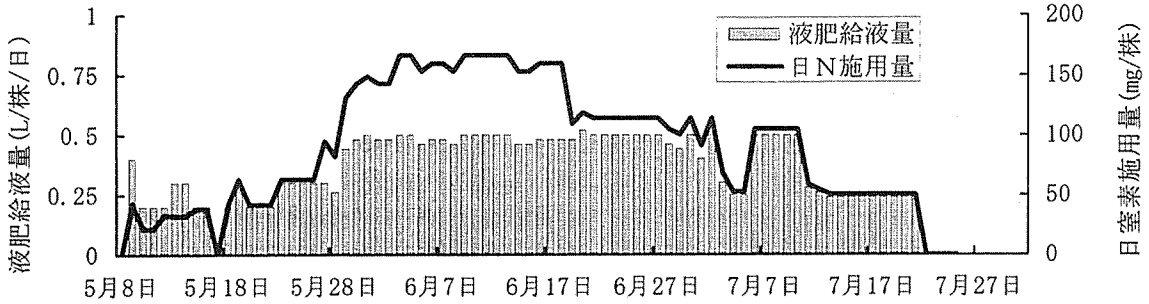


図2 栽培中の株当たり液肥供給量と窒素施用量

総液肥供給量 27 L/株
総窒素施用量 6.8 g/株

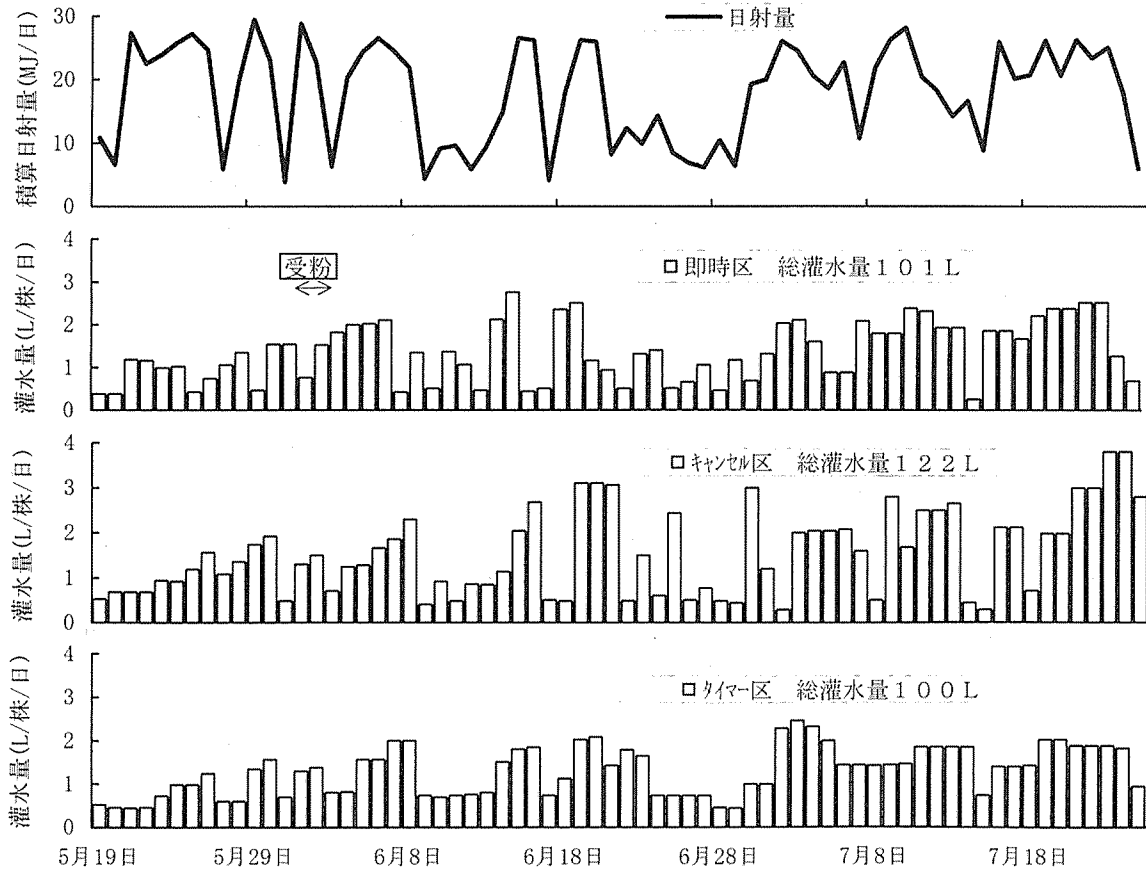


図3 自動灌水期間における株当たり灌水量と積算日射量の変化

試験結果

1 自動灌水期間の日灌水量変化

1日の灌水量、積算日射量を図3に示した。栽培中の総灌水量は即時区は101 L、キャンセル区は122 L、タイマー区は100 Lとなった。

即時区の日灌水量は、受粉時期までは灌水量が少なく積算日射量が25 MJ以上の日では1300~1380 mL/株、10 MJの場合は380~400 mL/株であった。受粉期以降は、25 MJ以上では2000 mL/株を超え、最も灌水量が多かった6月16日は2670 mL/株で、500 mLの液肥給液と110~120 mLの灌水を行なった。一方、日射量10 MJ以下の日は液肥の500 mLだけあるいは灌水1回の610 mL/株にとどまった。

キャンセル区の日灌水量は、受粉期までは日射量と関係なく増加し、5月30日には1日1900 mL/株に達した。

受粉後は、10 MJ以下の日は500 mL程度であったが、6月23日、25日は日射量が少ないにもかかわらず1500 mL/株、2400 mL/株であった。逆に7月2日は26 MJだったが液肥供給以外の灌水がすべてキャンセルされた。

タイマー区は、25 MJ以上の場合はおおむね2000 mL/株、10 MJ以下の場合は500~750 mL/株であった。タイマーは、自動灌水期間68日間中の50日は1日に少なくとも1回のタイマー調節を実施し、1日に2~3回の変更を要した日もあった。

2 受粉期から7月中旬までの日射量と日灌水量の関係

メロンの葉面積が一定となる受粉期以降の灌水量と日射量との関係を示した(図4)。即時区とタイマー区は、相関係数が0.74、0.70となり5%水準で有意差が認められた。しかし、キャンセル区は日射量が25 MJ以上でも灌水量が少ない場合、逆に10 MJ以下でも灌水量が多い場合があり、相関は認められなかった。

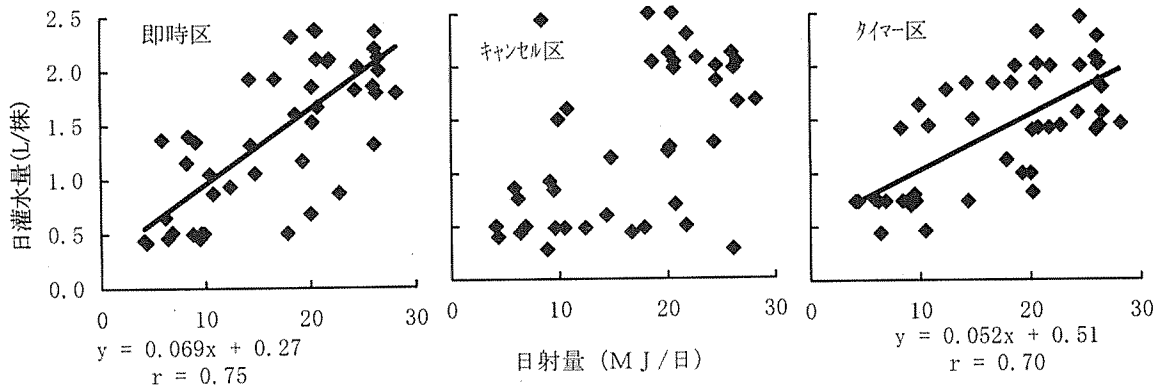


図4 受粉期以降の日射量と日灌水量の関係

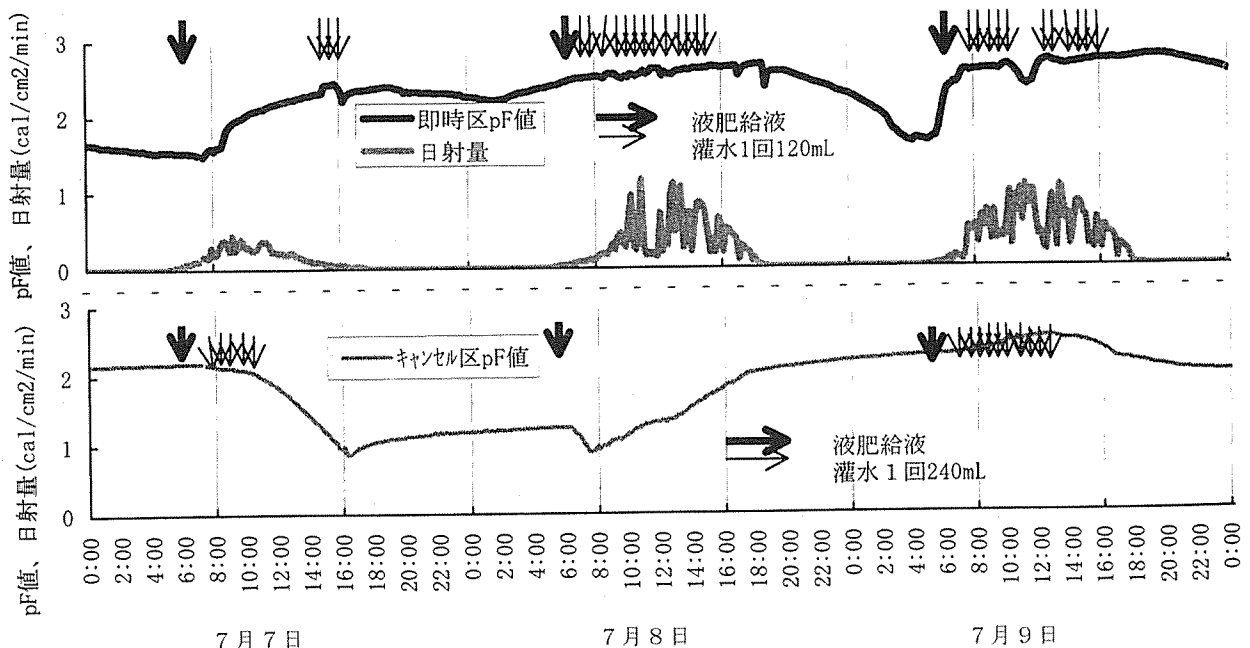


図5 温室内日射量の時間変化と灌水回数(7月7日~9日)

3 pF値の経時的変化と灌水回数及び灌水量

晴天日の日射量が多くなり果実がネット形成期となった7月上旬のうち、7月7日～9日のpF値の経時変化と灌水回数を図5に示した。

即時区のpF値は、7日8時ごろから上昇し、14時30分過ぎにpF2.4を超えたため3回の灌水がなされた。16時には日射量が0 cal/cm²/minに近くなったが、pF値は2.2を超えたまま推移した。8日は7時にpF2.4を超え、115～120 mL/株の灌水を13回繰り返した。16時に灌水時間帯が終了した後は灌水しなかったが、20時ごろからpF値が下がり始め、9日の午前2時に2.0以下になった。6時以降急激にpF値が上昇し7時から12時の間に5回の灌水がなされたあと、12時頃から1時間程度pF2.4を下回り、その後上昇したため午後は6回灌水した。

キャンセル区は、7月7日は8時から5回の灌水が実施され、合計で1100 mL/株を灌水した。この時の測定pF値は2.1前後であったが灌水によってさらに低下し、16時には1.0であった。8日は日射量が前日より多かったが灌水はすべてキャンセルされた。16時過ぎからpF値が上昇し9日は即時制御区と同様に灌水回数が多かった。

天候、積算日射量及び灌水量を表1に示した。7日が曇天、8、9日は晴天であったが、8日は10時頃まで日射量が少なかったため積算日射量は21.7 MJ、9日は26.3 MJだった。即時区の灌水量は、870 mL、2080 mL、1790 mL、キャンセル区は1600 mL、500 mL、2700 mLであった。タイマー区は7日を曇天と判断して灌水回数を2分の1に調節したため、940 mL、1440 mL、1440 mLだった。

4 制御方式とメロンの生育、収量及び果実品質

点滴灌水の制御方式の違いと受粉時の生育を表2に

示した。草丈は、即時区が150cm、他の区は142 cmであった。第12節の結果枝の長さ和本葉の大きさは差がなかった。

収穫時の生育(表3)は、草丈は即時区が163 cm、キャンセル区が159 cm、タイマー区が163 cmであった。第12節位の本葉の大きさ、茎径及び天葉の大きさには差が認められなかった。

表1 7月7～9日の天候、積算日射量と灌水パターン

	7月7日	7月8日	7月9日
天候	曇り	晴れ	晴れ
積算日射量(MJ/日)	10.7	21.7	26.3
即時区			
総灌水量 (ML/株)	870	2080	1790
灌水量 (mL/株)	370	1580	1290
灌水回数 (回/日)	3	13	11
キャンセル区			
総灌水量 (mL/株)	1600	500	2700
灌水量 (mL/株)	1100	0	2300
灌水回数 (回/日)	5	0	10
タイマー区			
総灌水量 (mL/株)	940	1440	1440
灌水量 (mL/株)	440	940	940
灌水回数 (回/日)	2	4	4

表2 点滴灌水の制御方式と受粉時の生育

試験区	草丈	第12節		
		結果枝長	葉身長	葉幅
	cm	cm	cm	cm
即時区	150.3±5.0	18.7±1.1	26.2±1.3	26.2±2.6
キャンセル区	141.8±6.9	19.8±1.1	25.5±1.0	25.8±1.2
タイマー区	142.3±7.6	18.9±1.2	25.5±1.3	25.5±1.8

表3 点滴灌水の制御方式と収穫時の生育

試験区	草丈	第12節			天葉	
		茎径	葉身長	葉幅	葉身長	葉幅
	cm	mm	cm	cm	cm	cm
即時区	163.2±4.8	13.8±0.7	30.9±1.1	31.1±1.5	29.6±2.1	29.2±2.2
キャンセル区	159.0±5.4	13.6±0.5	30.2±0.7	30.2±1.9	30.2±1.9	29.3±1.3
タイマー区	163.0±3.1	13.2±0.7	29.1±1.2	28.5±1.8	29.2±2.3	29.4±2.5

表4 点滴灌水の制御方式による果実の外観、形状と糖度への影響

試験区	果重	果実の形状				ネット指数		可溶性固形物含量 Brix%
		縦径	横径	果形比 ¹⁾	果面の溝 ²⁾	密度 ³⁾	盛上り ⁴⁾	
	kg	cm	cm					
即時区	2.15±0.18	26.2	26.2	1.0	4.2	4.3	3.8	15.5±0.6a ⁵⁾
キャンセル区	2.12±0.14	25.5	25.8	1.0	3.8	3.8	3.7	14.8±0.5b
タイマー区	2.01±0.14	25.5	25.5	1.0	4.0	3.8	4.0	14.8±0.8b

1) 果実の縦径/横径

2) 1 : 劣る～5 : 優れるの5段階で評価

3) 1 : 粗～5 : 密の5段階で評価

4) 1 : 低い～5 : 高いの5段階で評価

5) 異符号間で有意差有り (P<0.05 : F検定)

表5 栽培終了時の根の張り根と根長及び乾燥重量

試験区	株引き抜き		根の 乾燥重量
	抵抗値	根長	
	kg	cm	g
即時区	8.7a ¹⁾	75	2.55
キャンセル区	7.6b	58	2.40
タイマー区	7.7b	56	2.40

1) 異符号間で有意差有り (P<0.05 : F検定)

収穫果の外観、形状、品質を表4に示した。果重は、即時区とキャンセル区で約2.1 kg、タイマー区は2.0 kgであった。即時区の果実は縦径、横径ともに26.2 cmで、果形比が1.0であった。キャンセル区は25.5 cm及び25.8 cm、タイマー区は25.5 cm及び25.5 cmで共に果形比は1.0であった。果面の溝の評価は、即時区が4.2、キャンセル区が3.8、タイマー区が4.0であった。ネット指数は、即時区では密度は4.3、盛り上がりが3.8、キャンセル区は密度が3.8で盛り上がりが3.7、タイマー区は盛り上がりが4.0であった。

糖度は、即時区が15.5%と最も高く、キャンセル区、タイマー区は14.8%であった。F検定の結果、5%水準で試験区間について有意差が認められた。

5 制御方式の相違が根群に及ぼす影響

試験終了時の株を引き抜いたときの抵抗の力は、即時区が8.7 kgと最も大きく、キャンセル区は7.6 kg、タイマー区は7.7 kgを示した。また、根長は即時区が75 cmと長く、キャンセル区は58 cm、タイマー区は56 cmであった(表5)。観察では即時区の根は細根が多かった。

考 察

温室メロン生産には繊細な灌水管理が必要で、それに多大な労力を要する⁹⁾。一般に、経営の効率化を目指す上で管理作業の自動化は重要な課題であるが、メロン栽培では、形状が優れ、糖度が高いことが強く要求される。この両者を実現するための自動灌水制御について、既に幾つかの報告がなされているが、現状では実用化に至っていない。佐藤ら¹⁰⁾は茎径の微細な変化をレーザー光を用いてリアルタイムで計測して灌水量を制御する方法を報告し、精密灌水のために灌水ロボットを提案している。この方法は、植物体のわずかな変化をとらえた精密な灌水が可能となる。しかし測定装置が精密な上、ロボット灌水は個体ごとに灌水するため、大規模栽培では灌水時間がかかり適応性が低い。朝倉¹¹⁾は、果重の増加量からの制御を行っているが、メロン栽培では果重が変化するのは栽培期間全体の3分の1程度の期間であり、普及性について解決すべき点が多い。また日射量の変化によるコンピュータ制御のための精密灌水プログラム¹²⁾の報告もあるが、生育が早いメロンでは生育段階や季節ごとに修正が必要となり一般化されるには至っていない。

メロンにおける適切な土壌水分状態の研究も行われて

いる。景山ら¹³⁾は静岡県内における灌水事例をテンシオメータを用いて調査し、矢部ら¹⁴⁾は愛知県における地床の大規模栽培に適したpFモデルについて示している。これらは栽培指針として用いられているが、現場で普及しているブルドン管式テンシオメータは水分変化に対する反応が遅いことや、継続的に計測できる簡便な装置がなかったこと等から、自動制御法には結びついていない。

一方、灌水自動化のためには制御とは別に灌水方法も重要である。本研究では、大規模経営でも容易に導入できる精密灌水方法として点滴灌水を用いた。圧力調節機能が付いた硬質点滴チューブを用いれば、灌水量が少量でもムラがなく再現性が高い。そこで1回の灌水量を少なくし、限られた土壌域だけを湿潤状態にしてその範囲内の水分を精密にコントロールすることを考えた。

灌水制御は、現地でなじみがあり土壌に対する汎用性がある点から土壌pF値を利用した。即時区では、誤差±2%で計測でき圧力変化に数秒で反応する能力を持つpFセンサを用いて、土壌水分状態をリアルタイムで把握し、植物が水を要求しているときに即時的に給水するような方式とした。キャンセル区では、あらかじめ設定したタイマー灌水を水分過剰と判断した場合に自動的にキャンセルするようにした。

即時区の日灌水量は、受粉期までは全体に少量で日射量の多寡にあった増減を示し、受粉後は積算日射量とよく連動し、正の相関関係が認められた。また1日のうちでも日射量の多い時間帯に灌水した。鈴木⁹⁾はメロンの吸水特性について、地上部の葉面積増加と天候の変化に大きく支配されるとしている。今回の灌水量の推移は葉面積増加と日射量の影響を受けていることから、メロンの吸水力がリアルタイム計測したpF値に反映したと思われる。pF値は水分量ではなく土壌からの水分の取り除き易さを示す尺度であるため、根の吸水力の大小がセンサの周囲の土壌pFに影響し、このpF変化に応じて即時的に灌水した結果、根域の水分状態を良好に保つことができたと思われる。このことは、即時区の根の引き抜き抵抗値が他の区と比較して有意に大きく、根長、根量が大きかったことから示される。同様に、生育、果実肥大にも効果があったと思われる。

また、1回の灌水が少量であったため供給された水分が短時間で吸水され、灌水後に曇天になった場合でも水分の余剰が生じにくい。逆に天候が好転した時はすぐにpF値が上昇し即時に灌水したことが品質を向上させた。余剰水分がなく安定的に軽度なストレス状態にあったことが、根張りを良くし、ネットが大割れせず糖度の上昇にもつながったものと思われる。

キャンセル区でもおおむね天候に沿った灌水がなされたが、日灌水量の増減パターンを詳細にみると、6月23～25日、7月2～4日にみられたように、増減に1日程度のずれが生じていた。このようなズレは7月7～9日の灌水事例で示したように雨天におけるキャンセルの作動がやや鈍く、次の日が晴天にもかかわらず灌水されない、という場合に生じた。2～3日の期間単位でみれば水の過不足はないものの、1日単位では灌水の余剰が起

きていたと思われる。この原因は、ブルドン管式pF計での指示値が灌水後直ちに下がらず、キャンセルがかからないことによると推察された。6月下旬から7月上旬にかけてズレが生じる頻度が高かったが、この時期は果実の肥大後期からネット形成期に当たり、灌水が果実品質に大きく影響する。また、晴天の日射量が増加し、梅雨はまだ明けていないため天候の変化が最も激しい。この期間に精密な灌水ができなかったことが、果実の外観や糖度に影響したと考えられる。

タイマー区は天候に合わせて手で調節したため、総灌水量、果実品質が即時区と同等であった。しかし、天候に合わせるためのタイマー調整はほとんど毎日必要で、7月上旬の梅雨時期には天候の急変が多く多大な労力を要した。特に、天候の好転があった場合には調整の対応が1時間でも遅れると、萎れが生じた。従来灌水の畝全層に散水する方法に比べ、点滴灌水の根域の浅さが欠点となったと考えられる。タイマー制御だけを用いて精密灌水を行うには、従来法の散水灌水以上に労力と精神的負担がかかるよう思われた。

以上のように、pF即時制御法によるメロンの点滴自動灌水は、効率的に灌水ができる可能性が示された。この方法は、pFキャンセル法よりも精密な灌水が可能で生産性が高く、タイマー調整法よりも省力的だった。しかし今回の試験では、灌水開始点、1回の灌水量等について最適な設定値の検討をしていない。今後は、具体的な設定方法について試験を行い、効率的な制御方法の確立に取り組むとともに、他作型における適性や、輪作体系で位置づけられているトマトに対する適性も検討したい。

引用文献

1. 青木宏史. 養液土耕栽培の理論と実際. 東京, 誠文堂新光社, 2001, 264 p.
2. 古口光夫ほか. 花き類の養液土耕法マニュアル. 東京, 誠文堂新光社. 2000, 108 p.
3. 六本木和夫, 加藤俊博. 野菜・花卉の養液土耕. 東京, 農文協. 2000, 215 p.
4. 川嶋和子, 後藤ひさめ, 菅原眞治. 隔離床における促成トマトの養液土耕栽培. 園学要旨. 70別1, 420 (2000)
5. 後藤ひさめ, 川嶋和子, 今川正弘, 菅原眞治. 養液土耕に用いる点滴チューブの特性及び吐出口間隔がトマトの生育・収量に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 34, 157-162 (2002)
6. 愛知県. 2001年特許願第92707号 (圧力変換器付テンシオメータ)
7. 愛知県. 2001年特許願第92706号 (自動灌水制御器)
8. 菅原眞治, 河合 仁. 温室メロン品種「アイソフィ」の栽培. 愛知県. 農業の新技术No.72. 1997. 45 p.
9. 鈴木英治郎. 温室メロン栽培の基礎. 東京, 誠文堂新光社, 1970, 66-72.
10. 佐藤展之, 長谷川和宏. レーザーセンサを利用した温室メロンの茎径変化による体内水分連続測定. 静岡農試研報. 40, 1-5 (1996)
11. 朝倉利員. 果重変化を水管理指標とするメロンの自動かん水. 園学雑誌. 65別1, 14-15 (1996)
12. 佐藤展之. パーソナルコンピュータによる温室メロンかん水プログラムの試作. 静岡農試研報. 34, 1-21 (1991)
13. 景山美葵陽, 正木 敬. 被覆下そ菜作物の生育と土壌水分に関する研究 (第1報) メロン温室における土壌水分張力の推移に関する調査. 園学要旨昭44秋, 126-127 (1969)
14. 矢部和則, 桜井擁三, 大須賀源芳. 温室メロンの地床栽培における土壌水分管理に関する研究 (第1報) 生育時期別のかん水量が温室メロンの生育収量に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 13. 157-164 (1981)