

温室メロンのロックウール栽培における培養液濃度と養分吸収の関係

張 洪基*・糠谷 明

静岡大学農学部 422 静岡市大谷

Relationship between Concentration of Nutrient Solution and Uptake of Nutrients
in Muskmelon Grown in Rockwool

Hong-gi Jang* and Akira Nukaya

Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Ohya, Shizuoka 422

Summary

The relationship between nutrient concentration and uptake of nutrients by muskmelon (*Cucumis melo* L. cv. Earl's Favourite) grown in rockwool was studied to determine mineral absorption characteristics. Muskmelons were supplied one-third, two-thirds, and full strength Enshi solution. Leaf and stem fresh weights were markedly reduced when the plants were grown in one-third strength. Fresh weight and soluble solids content of fruits were highest in plants grown in full strength, followed by two-thirds, and one-third strength, respectively, but there were no distinct differences in their external appearance. During the early growth stages, the uptake rate of mineral elements (me/plant day) and the uptake concentration (uptake ratio of mineral elements to nutrient solution, me/liter) were highest in plants grown in full strength, followed by two-thirds, and one-third strength, respectively, but the uptake rate and concentration did not differ among treatments during growth after pollination. These results suggest that in rockwool culture of muskmelon, maintaining a higher nutrient concentration until pollination or pinching results in higher yield and quality of fruit. Furthermore, these findings also suggest that mineral concentration in the root environment is not as critical to nutrient uptake and fruit production at later stages.

緒 言

養液栽培では、培養液の無機成分の組成と濃度、培養液施与量を把握することにより、施与成分量が計算できるため、作物の成分要求量に応じた肥培管理が可能となる。しかし、温室メロンのロックウール栽培における成分吸収特性のデータはほとんどないため、土耕における成分吸収特性（増井ら、1968）を参考にしているのが現状である。これまで湛液水耕における温室メロンの無機成分の吸収量や吸収速度、吸収濃度などの吸収特性については、籠橋ら（1978）や狩野ら（1981）の詳細な報告があり、メロンを湛液水耕すると果実が大きくなりすぎ、糖度も上がらないなど、栽培管理の難しさが指摘されている。これは生育ステ

ジ別要求量に対応した培養液の組成と濃度の管理が確立していないことが一因と考えられる。

本研究は、温室メロンのロックウール栽培における生育ステージ別の好適培養液の組成と濃度を確立するための基礎資料を得る目的で、園試処方¹の1/3, 1/3単位の培養液を用い、異なる生育ステージにおける成分の吸収量、吸収濃度、吸収速度の特性および生育を調査するために行った。

材料および方法

供試品種は‘アールスフェポリット春FB号’で、1992年4月30日に、本葉2~3枚の苗を発泡スチロール製栽培ベッド内のロックウールスラブ（91×20×7.5cm）に3株ずつ定植した。栽培ベッドの底面には、排液を採集できるように排液孔を設けた。またスラブは定植前に各処理培養液に浸漬した。実験は最低20℃のガラス温室内で行い、点滴ノズル（NETAFIM

1996年4月8日 受付。1996年11月27日 受理。

*現在：愛媛大学農学部

社製)を用いて培養液を施与し、非循環方式で栽培した。処理は、園試処方培養液(1単位: NO₃-N=16, PO₄-P=4, K=8, Ca=8, Mg=4, SO₄=4me/l, EC=2.4dS/m)の3濃度処理区(1, 2/3, 1/3単位)とし、1処理区当たり4栽培ベッド、計12株を供試した。5月24~25日に第11~16節の両性花に受粉した後、12~14節に1果のみを残した。5月26日に第24節で摘心したが、下葉3枚を摘除したために、1株当たりの葉数は21枚となった。収穫は、受粉後54日目の7月17~18日に行い、収穫時に草丈、地上部乾物重を測定した。また、収穫した果実は20℃の定温室にて一週間追熟させた後、糖度(㈱アタゴ社製デジタル屈折糖度計)、熟度(可食適期を3、過熟状態を5と評価)、外観(ネットの均一性と盛り上がり程度により、最高点を5、最低点を1と評価)を調査した。

培養液施与の回数、時間および時刻(7:00開始、16:00終了)を生育ステージあるいは天候に応じてタイマーにより変更し、ロックウールスラブからの排液量が施与量の20~40%となるように管理した。培養液施与は、根張りを促すために定植後7日間は行わず、定植8日目の5月8日より開始した。毎日培養液施与終了後に株当たり施与量と排液量を測定し、排液の10%ずつを保存して無機分析に供した。また、各ステージ(5月8日より7日毎にA~Jと付し、各ステージを表現した)の最終日およびAステージの初日には、ロックウール培地内部溶液も採取し、無機成分を分析した後(1)~(6)の計算式により、ステージ別の培養液吸収量(l/株)、成分吸収量(me/株)、成分吸収速度(me/株・日)、成分吸収濃度(n/w, me/l)を算出した。

なお、本報告での吸収濃度 n/w とは、植物体の培養液吸収量に対する各無機成分吸収量の割合 (me/l) を示す値である(山崎ら, 1976)。

ステージ別培養液吸収量 (l/株)

$$= \text{ステージ別培養液施与量 (l/株)} - \text{ステージ別排液量 (l/株)} \dots\dots\dots(1)$$

ステージ別無機成分施与量 (me/株)

$$= \text{ステージ別培養液施与量 (l/株)} \times \text{当該成分濃度 (me/l)} + \text{ステージ初日の培地内部溶液量 (l/株)} \times \text{当該成分濃度 (me/l)} \dots\dots\dots(2)$$

ステージ別無機成分残存量 (me/株)

$$= \text{ステージ別排液量 (l/株)} \times \text{当該成分濃度 (me/l)} + \text{ステージ最終日の培地内部溶液量 (l/株)} \times \text{当該成分濃度 (me/l)} \dots\dots\dots(3)$$

ステージ別成分吸収量 (me/株)

$$= (2) - (3) \dots\dots\dots(4)$$

ステージ別成分吸収速度 (me/株・日)

$$= (4) / \text{各ステージの日数} \dots\dots\dots(5)$$

ステージ別成分吸収濃度 n/w (me/l)

$$= (4) / (1) \dots\dots\dots(6)$$

なお、カリウム、カルシウム、マグネシウム濃度は原子吸光分光光度法、硝酸態窒素はフェノール硫酸法、リンはモリブデン青比色法により定量した。

結 果

1. 成分施与量と吸収量

栽培全期間中の各成分吸収量についてみると、1/3単位区では施与した成分はほぼすべて吸収されたが、1単位、2/3単位区では施与成分量のそれぞれ1/2~2/3が吸収され、1/2~1/3が排出された(第1表)。

Table 1. Relationship between unit strength of Enshi formula and mineral uptake in muskmelons grown in rockwool.

Treatment	Amount of nutrient solution		Amount of element applied (g/plant)					Amount of element absorbed ^y (g/plant)				
	applied (l/plant)	absorbed ^z (l/plant)	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg
1 Unit	110	75	24.6	4.5	34.4	17.6	5.4	12.0	2.6	15.0	9.9	1.9
2/3 Unit	113	78	16.9	3.1	23.6	12.1	3.7	9.8	2.5	12.6	8.9	1.9
1/3 Unit	92	61	8.4	1.5	11.7	6.0	1.8	6.6	1.3	7.8	6.0	1.3

^z Amount of nutrient solution absorbed (l/plant) = amount of applied nutrient solution (l/plant) - amount of drained solution from rockwool slab (l/plant)

^y Amount of element absorbed = Sum of the uptake amount * at stages A to J ***

* Uptake amount of element at each stage (me/plant)

= {[fertilization amount (l/plant) × the solution concn. (me/l)] + [initial amount of rockwool solution (l/plant) × the solution concn. (me/l)]} - {[amount of drained solution (l/plant) × the solution concn. (me/l)] + [final amount of rockwool solution (l/plant) × the solution concn. (me/l)]}

*** See Fig. 1.

2. 生育と果実収量・品質

草丈は2/3単位区で1単位および1/3単位区よりやや大となった。葉と茎の生体重は、1単位区と2/3単位区の間にはほとんど差がなかったが、1/3単位区では著しく劣った(第2表)。果実重、果実の縦横径、糖度は、1単位>2/3単位>1/3単位区と、高濃度ほど大となる傾向を示した。果実の外観にはほとんど差がなく、1/3単位区でもネットは商品価値のある果実となった。収穫後の熟度は1/3単位区でやや進む傾向がみられ、軟化の進行が早いことを示した(第3表)。

3. 成分吸収速度の経時的变化

1単位および2/3単位区の吸収速度(me/株・日)は、各成分とも定植後から徐々に増加し、ステージCでピークを示した後、緩やかに減少した。ただ、リンはCのピークがD・Eステージまで継続した。1単位区のカリウムとカルシウムの吸収は、G~Iステージで拮抗的な反応を示した。つまり、カルシウム吸収量の増加とカリウム吸収量の減少がみられた。1/3単位区の成分吸収速度は、1単位区に比較してA~Dステージで特に小さかったが、生育後期は1, 2/3単位区とはほぼ同様の値で推移した(第1図)。

4. 成分吸収濃度の経時的变化

定植直後のAステージから受粉時のCステージま

での硝酸態窒素とマグネシウムの吸収濃度は、1単位>2/3単位>1/3単位区の順となったが、生育後期のEステージ以降には処理間差がほとんどみられなかった。リンの吸収濃度は、Gステージまで1単位>2/3単位>1/3単位区の順となったが、Hステージ以降は差はほとんどみられなかった。カリウムとカルシウムの吸収濃度については、2/3単位と1/3単位区では、生育ステージが進むにつれてわずかに低下する傾向を示したが、1単位区ではF~Hステージでカリウムが低下し、カルシウムが上昇した(第2図)。

考 察

近年の野菜、花卉のロックウール栽培の普及に伴い、温室メロンでもロックウール栽培が実際栽培へ導入されつつあるが(農林水産省, 1994)、メロンではロックウール栽培における成分吸収特性を明らかにした報告はみられない。ロックウール栽培以外では、これまで温室メロンの土耕において増井ら(1968)が、定植後3週目とその後の2週間毎に植物体各部位を分析し、栽培期間中における成分吸収の経時的变化を報告している。また、池田ら(1988)は、2週間毎に植物体各部位を分析し、水耕栽培におけるメロンの日成分吸収量を報告している。しかし、これらの報告ではサンプルの採取間隔が約2週間と長く、受粉・摘心までの生育が旺盛な前半のステージでの吸収特性は明らかにされていない。

本実験においては、各成分の吸収速度はおおむね受粉時に、吸収濃度は定植直後から受粉時にかけて最大となり、とくに1単位では2/3, 1/3単位区と比較して吸収速度、吸収濃度も大きい値となることが示された。また、生育後半のステージにおいては、培養液濃度の違いが吸収濃度や吸収速度にほとんど影響を及ぼさなかった。これらの結果と1単位区において果実の収量、品質がともに良好であったことから、メロン

Table 2. Effect of concentration of Enshi nutrient solution on growth of muskmelon in rockwool culture.

Treatment	Plant height ^z (cm)	Fresh weight ^z (g/plant)	
		Leaves	Stem
1 Unit	165 ± 7 ^y	767 ± 71	511 ± 29
2/3 Unit	170 ± 7	766 ± 117	490 ± 83
1/3 Unit	166 ± 5	491 ± 62	381 ± 39

^z At harvest.

^y Values indicate means ± standard deviation.

Table 3. Effect of concentration of Enshi nutrient solution on yield and quality of muskmelon fruit in rockwool culture.

Treatment	Fruit fresh wt ^z (g)	Fruit diameter ^z (cm)	Fruit length ^z (cm)	Ripeness ^{y,x}	Soluble solids ^{x,w} content (%)	External ^v appearance
1 Unit	1427 ± 164 ^u	13.4 ± 0.5	14.1 ± 0.6	3.0 ± 0.1	13.8 ± 0.7	3.2 ± 0.5
2/3 Unit	1300 ± 152	13.1 ± 0.5	13.5 ± 0.6	3.0 ± 0.3	13.0 ± 1.5	2.9 ± 0.8
1/3 Unit	1224 ± 178	12.9 ± 0.6	13.1 ± 0.7	3.4 ± 0.2	11.5 ± 1.1	3.0 ± 0.7

^z At harvest.

^y 3 = optimal ripeness, 5 = over-ripe.

^x Determined after storage at 20 °C for 7 days.

^w Measured with a refractometer.

^v Full score = 5.

^u Values indicate means ± standard deviation.

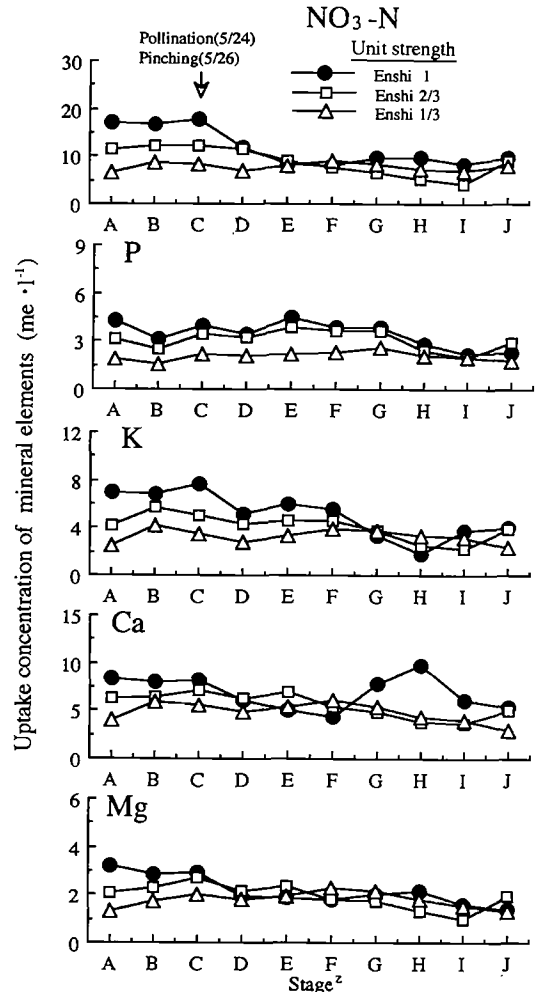
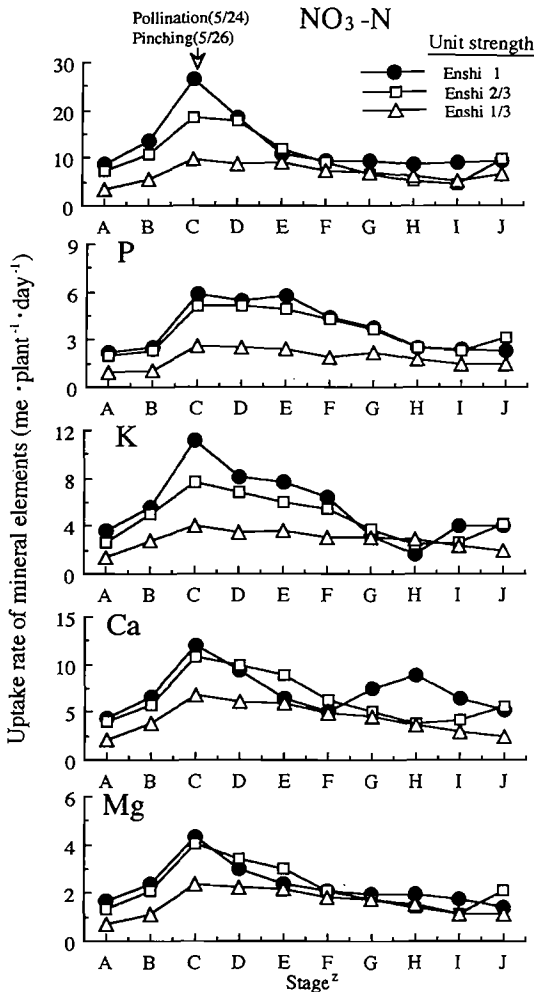


Fig. 1. Uptake rate of mineral elements at different stages of development.

²Stage A (May 8 - May 14), B (May 15 - May 21),
 C (May 22 - May 28), D (May 29 - June 4),
 E (June 5 - June 11), F (June 12 - June 18),
 G (June 19 - June 25), H (June 26 - July 2),
 I (July 3 - July 9), J (July 10 - July 16).

Fig. 2. Uptake concentration* of mineral elements at different stages of development. ²Same as Fig. 1.

*Uptake concentration (me/l) means ratio of uptake amount of mineral elements (me) to uptake amount of nutrient solution (liter).

のロックウール栽培においては、培養液濃度は定植後約6週間の生育前半は高めに管理し、その後はこれよりも低めに管理してもよいことが示唆された。糠谷・安藤(1988)は、園試1/2単位および1単位培養液で温室メロンをロックウール栽培した結果、1/2単位でも果実肥大が良好であったことを報告した。しかし、これは受粉前後の2週間にわたって水切りで代わる処理として、2倍濃度の培養液を施与したために、結果として本実験で示唆したような受粉前後に1単位培養

液を施与し、その後は半分に低下させたと同じ効果があったためである、と推察される。

土耕における温室メロンの実際栽培では、生育後半、とくに収穫直前には肥料(とくに窒素)が切れるような肥培管理をすることが重要であると言われている。また、中林・山崎(1990)、中林ら(1990)は、メロンのロックウール栽培における窒素供給制限に関する試験を行い、生育後半に窒素供給を半分にすることにより、果実重に影響を与えることなく、ネットの均一性からみた果実の外観が良好になると報告した。本実験において明かにした生育後半の吸収速度や吸収濃度

の低下は、これらの報告を成分吸収特性の面から説明するものである。

ところで、トマトのロックウール栽培では、本実験での結論とは逆に、定植直後は低濃度の培養液を施与し、その後生育ステージが進むにつれて培養液濃度を高めていく管理が一般的である(寺林, 1989)。トマトでは生育初期の吸収濃度が生育後期と比べて高い(梶田ら, 1989; Voogt, 1993)にもかかわらず、生育初期に高濃度培養液を施与すると、栄養生長が旺盛になり、収量が減少することが報告されている(坂東, 1991; 北条ら, 1996)。これに対して温室メロンでは、受粉期を含む生育ステージに窒素の供給を制限すると、果実肥大が抑制されることが観察されている(張, 未発表)。温室メロンとトマトの間でこのように培養液濃度管理が異なる生理的機作は不明であるが、温室メロンは栄養生長と生殖生長がはっきりと区別できるのに対して、トマトは栄養生長と生殖生長が並行して進行することが一因と考えられる。

つぎに無機成分の全吸収量について、温室メロンの土耕とロックウール栽培を比較する。土耕における初夏作メロンの株当たり成分吸収量(増井ら, 1968)は、窒素6~7g, リン約1.3g, カリウム約17g, カルシウム約12g, マグネシウム約2gであった。これに対して、本実験で最も生育、果実品質が劣った1/3単位区では、増井ら(1968)の報告と比較して株当たり吸収量は少なかったが、2/3単位および1単位区の吸収量は、増井ら(1968)の土耕と同等およびそれ以上の値を示した。特に窒素(硝酸態窒素)、リンの吸収量は、1単位区で増井らの報告した土耕メロンの約2倍となった。本実験における培養液施与量と成分吸収量を第1表の結果から比較すると、1/3単位区の吸収量に対する施与量の比は1.1~1.3となった。データは示さなかったが、1/3単位区の排液およびロックウール内部溶液の各無機成分は、生育のごく初期と終期を除いてほとんど検出されなかったことから、施与分量が必要量を下回り、1/3単位区の果実品質が低下したものと推測される。これに対して、1単位区の同比は約2~2.5、2/3単位区のそれは1.4~1.8となり、両区とも吸収量をはるかに上回る成分量が施与されたため、2/3単位区でも十分な無機成分が供給されたように思える。しかし、重量や糖度で評価した果実品質と栄養生長は明らかに1単位区で勝った。吸収速度、吸収濃度の生育ステージ別変化をみると、受粉前後の吸収速度、吸収濃度は1単位区で最大となったが、生育後半

には培養液濃度間で大きな差が生じなかった。2/3単位区で吸収量に対する施与量の比が1.4~1.8と大きかったのは、生育後半における吸収量以上の施与が、生育前半、とくに受粉前後における施与量不足を上回ったためと考えられる。以上より、本実験の範囲内では、全栽培期間を通して培養液の組成と濃度を変えずに管理する場合には、受粉前後に成分の吸収不足が生じない1単位培養液が好適濃度であると結論づけられる。ただし、実験の最高設定濃度の1単位区で最大の収量が得られたために、1単位以上の培養液を用いることにより、さらに高品質な果実が生産される可能性もあり、この点については今後検討する予定である。

なお、本実験では各無機成分ごとの好適濃度については比較していないが、受粉時の吸収速度のピークと生育および収穫果実の品質との関係から、生育前半における各無機成分の好適濃度は、硝酸態窒素、カリウム濃度が1単位(それぞれ16, 8me/l)以上、リン、カルシウム、マグネシウム濃度は2/3単位(それぞれ約3, 6, 3me/l)相当で、生育後半にはどの成分も2/3単位相当で良いと推定される。しかし、異なる生育ステージにおける各無機成分の好適濃度については、今後さらに詳細な研究が必要である。

摘 要

温室メロンのロックウール栽培における生育ステージ別の培養液組成と濃度を確立するための基礎資料を得る目的で、園試処方1, 2/3, 1/3単位の培養液を用い、成分吸収特性および生育を調査した。いずれの濃度でも果実の外観には顕著な差がみられなかったが、茎葉の生体重は1/3単位区で著しく劣り、果実重、糖度は $1 > 2/3 > 1/3$ 単位区の順となった。株当たり無機成分吸収量、受粉時までの生育前半における成分吸収速度と吸収濃度は、おおむね $1 > 2/3 > 1/3$ 単位区の順となったが、生育後半の吸収速度と吸収濃度には処理による差がほとんどみられなかった。従って、温室メロンのロックウール栽培では、生育前半のステージにおける培養液濃度は高めにし、後半は低下させる管理が養分吸収特性に対応することが示唆された。

引用文献

- 坂東一宏. 1991. トマトの循環式ロックウール栽培 [1]. 農及園. 66: 731-736.
北条雅章・伊東 正・田中昌子. 1996. 生育段階に応じてEC値を変えて栽培したNFTトマトの生育、収量、品質および生理的特性. 生物環境調節34: 129-134.

- 池田英男・北秋睦美・大沢孝也. 1988. 水耕メロンの生育と養分吸収・園学要旨. 昭63秋:298-299.
- 狩野広美・籠橋 悟・景山美葵陽. 1981. 温室メロンの各器官の生育過程と窒素の蓄積について. 園学雑 50:317-325.
- 籠橋 悟・狩野広美・景山美葵陽. 1978. 温室メロンの栄養生理に関する研究(第1報) 養液栽培における温室メロンの養分吸収特性. 園学雑 47:203-208.
- 榎田正治・瀧口 武・松原幸子. 1989. 培養液濃度がトマトの収量と品質及び養液成分の濃度変化に及ぼす影響. 園学雑. 58:641-648.
- 増井正夫・福島与平・久保島正威・坂垣光彦・林昌徳. 1968. メロンの養分吸収に関する研究(第4報) 養分吸収過程について. 園学雑 30:29-38.
- 中林重和・山崎邦典. 1990. マスクメロンのロックウール栽培における定植床の種類と窒素供給の制限が果実品質に与える影響. 土肥誌 61:369-375.
- 中林重和・山崎邦典・斎藤伸芳・飯泉 正・島根茂雄. 1990. マスクメロンのロックウール栽培における窒素の供給制限と給液制限が果実品質に与える影響. 土肥誌 61:479-484.
- 農林水産省食品流通局野菜振興課. 1994. 園芸用ガラス室・ハウス等の設置状況. p.5. (財)日本施設園芸協会. 東京.
- 糠谷 明・安藤明彦. 1988. ロックウールによる温室メロンの養液栽培に関する研究(第4報) 培養液組成・濃度が生育と養分吸収に及ぼす影響. 園学要旨. 昭63春:292-293.
- 寺林 敏. 1989. 養液栽培での生育と技術. トマト. 野菜園芸大百科. p.419~430. 農文協. 東京.
- Voogt, W. 1993. Nutrient uptake of year round tomato crops. Acta Hort. 339:99-112.
- 山崎肯哉・鈴木芳雄・篠原 温. 1976. そ菜の養液栽培(水耕)に関する研究, 特に培養液管理とみかけの吸収濃度(n/w)について. 東教大農紀要 22:53~100.