ナス科果菜の比較生理生態的研究 (第4報)

木部滲泌液の無機成分濃度に及ぼす培養液濃度の影響

鐘 鈴 鋒・加 藤 徹*

高知大学農学部*

異なる培養液濃度の培地でトマト、ナス生およびピーマンを水耕栽培し、生育、滲泌速度ならびに滲泌液中の無機成分濃度に及ぼす影響を調べた。

トマト、ナス、ピーマンともに標準培養液下でいずれも生育がよく、培養液濃度がうすくても高くてもいずれも生育が抑制されたが、トマト、ナス、ピーマンの順に抑制程度が著しくなった。同じような傾向は滲泌速度にも認められた。

滲泌速度の高いトマトは滲泌液中の無機成分がナス、ピーマンより著しくうすく、培養液濃度の増加による滲泌速度低下とともに無機成分濃度は増加した。この傾向はナス、ピーマンでも認められた。しかし石灰は他成分と異なり、培養液濃度の高まりとともに滲泌液中の濃度が低下し、とくにトマトではその低下が著しかった。ナスでは硝酸態窒素、石灰、マンガン、ピーマンではリン、カリ、マグネシウム、鉄、銅および亜鉛濃度がそれぞれ高くなる傾向がみられた。

1987年6月4日受付

緒 言

今までトマト、ナス、ピーマンの生育および体内成分に及ぼす培養液濃度の影響について検討し、培養液濃度の高まりとともに吸水、蒸散速度、みかけの同化量ならびにカルシウムの吸収が著しく抑制されることを明らかにした^{1,2)}。本実験ではトマト、ナス、ピーマンの生育に及ぼす培養液濃度の影響を無機成分の吸収の面から検討するために木部滲泌液中の無機成分を調査した。

材料および方法

トマト‘福寿2号’、ナス‘はやぶさ’、ピーマン‘新さがけみどり’を1985年9月1日に播種し、第1本葉期に湛液育苗した。9月17日に1/5,000 aポットに鉢上げ、水耕栽培を行った。半量区(×1/2)、標準区(×1)

および2倍区(×2)の3処理区を設け、各処理区とも鉢上げ後1週間標準培養液で栽培してから、それぞれの処理を始めた。培養液は第1報¹⁾と同じで、標準培養液(×1)はチッソ、リン、カリ3要素各200、カルシウム80、マグネシウム24 ppmを含み、半量区、2倍区は標準培養液をそれぞれ1/2、2倍としたものであった。なお、微量要素は鉄1、マンガン0.5、銅0.02、亜鉛0.05、ホウ素0.5、モリブデン0.05 ppmとし、いずれの処理区に対しても同量施した。栽培期間中培養液は減少に伴って毎日新たに加えるとともに3~4日おきに更新した。

1ポット当り1株で、1区4ポットの3反復とした。栽培はガラス室内で行い、1985年11月3日朝8時から子葉から約10 cmの上の部位で茎を切除し、24時間にわたってそれぞれ木部滲泌液を採取した。実験を打ち切り時植物体を根、茎(葉柄を含む)と葉に分けて採取し、80°Cで乾燥させて乾物重を測った。滲泌速度は時間当り株当りあるいは乾物重当りでの滲泌液量を示した。木部滲泌液の硝酸態窒素はフェノール硫酸法によって、リンはバナドモリブデン酸化色法によって、カリ、カルシウム、マグネシウム、鉄、マンガン、銅、亜鉛は原子吸光法によってそれぞれ測定した。

Lingfeng ZHONG* and Toru KATO*: Comparative Studies on Physiological and Ecological Characteristics of Solanaceous Fruit Vegetables (4) Influence of Concentrations of Nutrient Solution on Exudation Rate and Chemical Composition of Xylem Exudate.

* Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku 783, Japan.

結 果

1. 生育に及ぼす影響

Table 1 に見られるように、乾物重はトマトが著しく多く、次いでナス、ピーマンの順であった。部位別にみても同様な傾向がみられた。培養液濃度が標準液よりうすくなってもあるいは高くなっても、生育は抑制されたが、その抑制程度はいずれもトマトが少なく、ナス、ピーマンの順に著しく多くなる傾向がみられた。

2. 滲透速度に及ぼす影響

時間当たり株当りの滲透液量、すなわち滲透速度をみると、Table 2 に示すように、トマトはナス、ピーマンに比べて著しく高かった。培養液濃度の影響をみると、半量、標準、2 倍区の順に濃度が高くなるほど滲透速度が低下し、トマトはその低下程度が少なく、ピーマンが著

しく多い傾向が認められた。しかし根乾物重当りの滲透液量の減少はピーマンが他作物よりやや少ない傾向がみられた。また培養液濃度と滲透速度の間には、Fig. 1 に示すように、高い負相関が認められた。

3. 滲透液中の無機成分濃度に及ぼす影響

Fig. 2 に示すように、(a) 硝酸態窒素：半量区ではナスの濃度が最も低く、トマトとピーマンがほとんど変わらなかったが、培養液濃度の高まりとともに各作物とも硝酸態窒素濃度が高められ、とくにナスの増加が著しい傾向がみられた。(b) リン：トマトの濃度は低く、逆にピーマンでは最も高かった。培養液濃度の増加で各作物とも滲透液のリン濃度が増加された。(c) カリ：トマトの濃度は最も低く、次いでナス、ピーマンの順であった。各作物とも培養液濃度の増加によってカリ濃度が増加したが、作物別にみると、トマトは他作物よりやや多く増

Table 1 Influence of concentration of nutrient solution on dry weight in solanaceous fruit vegetables.

Crop	Solution concn.	Dry weight (g)/plant			
		Leaves	Stems	Roots	Total
Tomato	× 1/2	7.82	6.98	4.24	19.04 (94.2)
	× 1	8.45	7.27	4.50	20.22 (100.0)
	× 2	7.63	6.65	3.90	17.98 (88.9)
Eggplant	× 1/2	6.35	3.11	3.90	13.36 (89.4)
	× 1	7.05	3.65	4.25	14.95 (100.0)
	× 2	5.85	2.85	3.50	12.20 (81.6)
Sweet pepper	× 1/2	5.15	2.55	2.50	10.20 (84.9)
	× 1	5.98	2.98	3.05	12.01 (100.0)
	× 2	4.92	2.05	1.85	7.82 (65.1)

Table 2 Influence of concentration of nutrient solution on exudation rate in solanaceous fruit vegetables.

Crop	Solution concn.	Exudate ml/hr·plant	
		Exudate ml/hr·plant	Exudate ml/hr·100 g root dry weight
Tomato	× 1/2	1.77 (103.5)	41.75 (109.9)
	× 1	1.71 (100.0)	38.00 (100.0)
	× 2	0.94 (55.0)	24.10 (63.4)
Eggplant	× 1/2	0.60 (111.1)	15.38 (121.0)
	× 1	0.54 (100.0)	12.71 (100.0)
	× 2	0.26 (48.1)	7.43 (58.5)
Sweet pepper	× 1/2	0.47 (109.3)	18.80 (133.3)
	× 1	0.43 (100.0)	14.10 (100.0)
	× 2	0.18 (41.9)	9.73 (69.0)

加する傾向が見られた。(d) カルシウム：ナスの濃度は他作物に比べて高かった。培養液濃度の高まりで各作物のカルシウム濃度が減少したが、ピーマンではその減少程度が少なかった。(e) マグネシウム：トマトの濃度は

低く、次いでナス、ピーマンの順であった。培養液濃度の増加によって各作物ともマグネシウム濃度が高められたが、とくにトマトの増加が多かった。(f) 微量元素：ナスではマンガン、ピーマンでは鉄、銅および亜鉛濃度がそれぞれ高く、逆にトマトでは微量元素濃度が他作物より低い傾向が認められた。培養液濃度の高まりとともに各作物とも微量元素濃度が増加した。

溢泌液中の無機成分濃度と培養液の無機成分濃度との比率、すなわち木部溢泌液濃度係数からみると、Table 3 に示すように、各作物とも窒素、リン、カリ、カルシウム、マグネシウムのような多量要素では培養液濃度の高まりとともに小さくなったが、逆に鉄、マンガン、銅および亜鉛のような微量元素では高くなる傾向がみられた。要素別にみると、硝酸態窒素はナスが他作物より小さいが、培養液濃度の高まりによる低下は少なかった。リンではトマトが他作物に比べて著しく小さく、カリでも同じ傾向がみられた。カルシウムではピーマンはトマト、ナスより小さいが、逆にマグネシウムでは大きかった。鉄、マンガン、銅、亜鉛のような微量元素ではいずれもトマトは他作物より小さい傾向がみられた。

4. 養分吸収量に及ぼす影響

Table 4 に示すように、株当りの無機成分吸収量はいずれもトマトが最も多く、次いでナス、ピーマンの順であった。処理区からみると、各作物とも標準区が著しく

Fig. 1 Correlation between concentration of nutrient solution and exudation rate in solanaceous fruit vegetables.

Fig. 2 Influence of concentration of nutrient solution on chemical composition of the xylem exudate in solanaceous fruit vegetables.

●—●, tomato; ●—●—●, eggplant; ●—●—●—●, sweet pepper; ▲—▲, nutrient solution.

Table 3 Influence of concentration of nutrient solution on mineral element level of the xylem exudate/mineral element level of nutrient solution ratio in solanaceous fruit vegetables.

Crop	Solution concn.	Mineral concn of the exudate/Mineral concn of the solution ratio								
		NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Tomato	× 1/2	2.23	0.69	1.46	2.12	2.47	0.27	0.37	5.95	2.56
	× 1	1.21	0.41	1.00	0.74	1.31	0.46	0.51	7.00	2.72
	× 2	0.69	0.31	0.60	0.31	1.05	0.73	0.55	8.00	2.98
Eggplant	× 1/2	1.90	1.19	2.15	2.85	3.11	0.32	0.80	7.00	5.54
	× 1	1.66	0.75	1.30	1.17	1.70	0.36	1.10	8.15	7.10
	× 2	1.06	0.48	0.70	0.49	1.00	0.76	1.28	10.25	9.00
Sweet pepper	× 1/2	2.20	1.48	2.57	1.38	3.54	0.72	0.84	6.85	7.66
	× 1	1.28	0.85	1.37	0.67	1.88	0.75	0.86	8.50	10.50
	× 2	0.74	0.50	0.71	0.31	1.07	0.82	0.96	11.80	11.22

Table 4 Influence of concentration of nutrient solution on amount of mineral elements recovered from xylem exudate in solanaceous fruit vegetables.

Crop	Solution concn.	Amount of mineral elements recovered from exudate (mg)/24 hr·plant								
		NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Tomato	× 1/2	6.29	2.33	6.22	3.60	1.26	0.0116	0.0079	0.0051	0.0054
	× 1	6.57	3.32	8.21	2.44	1.29	0.0187	0.0101	0.0057	0.0056
	× 2	4.11	2.82	5.39	1.10	1.14	0.0164	0.0058	0.0036	0.0034
Eggplant	× 1/2	1.81	1.71	3.10	1.64	0.54	0.0046	0.0058	0.0020	0.0040
	× 1	2.85	1.93	3.37	1.21	0.53	0.0047	0.0072	0.0021	0.0046
	× 2	1.75	1.19	1.74	0.49	0.30	0.0047	0.0040	0.0013	0.0028
Sweet pepper	× 1/2	1.65	1.67	2.90	0.62	0.48	0.0080	0.0047	0.0015	0.0043
	× 1	1.75	1.75	2.83	0.55	0.46	0.0077	0.0045	0.0018	0.0061
	× 2	0.84	0.87	1.23	0.22	0.22	0.0035	0.0021	0.0010	0.0024

多く、2 倍区は少ない傾向がみられた。

考 察

トマト、ナス、ピーマンを異なった濃度の培養液で水耕栽培した結果、Table 1 に見られるように、第 1 報¹⁾の結果と同じく、標準区に対して培養液濃度がうすくあるいは高くなると、生育は抑制されたが、トマト、ナス、ピーマンの順に著しくなった。

培地塩類濃度の高まりおよび土壌水分の減少で蒸散と吸水が阻害されると多くの研究者に指摘されている³⁻⁵⁾。Tachibana ら⁶⁾は培地溶液濃度の増加とともにトマトとキュウリ植物の滲透速度が著しく低下することも報告している。Table 2 にみられるように本実験においても認められた。高培地溶液濃度による吸水抑制は従来どおり

高浸透圧のためだと考えられてきたが⁴⁾、本実験では培養液組成を硝酸態窒素とアンモニア態窒素の比率を 75:25 としているので、培養液濃度が高まるにつれてアンモニア態窒素も増えるので、Stuart ら⁷⁾が指摘したようにアンモニアが吸水を抑制することも考えられる。一方、地上部からの炭水化物の供給の切断、また蒸散作用が行われていない条件下で切断された茎から採取した滲泌液は植物の吸収作用を十分反映することができないかもしれないが、Wilcox ら⁸⁾が指摘しているように滲泌反応は溶質および水分に対する根の抵抗性の測定に利用できると思われる。耕田ら⁹⁾は接ぎ木キュウリの茎切除後 1 時間採取した滲泌液量は自根キュウリより著しく多いことから、吸水能力は接ぎ木のほうがよりすぐれ、生育促進に関連していると報告している。本実験では Table 1

と2にみられるようにトマト、ナス、ピーマンの滲泌速度は生育に対応したものであった。

一方、滲泌液中の無機成分濃度について、Fig. 2にみられるように、培養液濃度の高まりとともに各作物ともカルシウムが著しく減少したが、他は逆に増加した。一般に吸収されるカルシウムは蒸散流に従って地上部へ移動するので、高培地溶液濃度の条件下で高滲透圧による吸収阻害でカルシウムの吸収および移動が難しくなるものと考えられる^{10,11)}。Tachibana ら⁶⁾は培養液濃度の増加でトマト、キュウリの滲泌液の硝酸態窒素、カリ、マグネシウム濃度が増加することを報告しており、本実験と一致している。作物別にみると、トマトの滲泌液中の養分濃度は全体的にナスとピーマンに比べて低いが (Fig. 2)、これはトマトの高滲泌速度による希釈効果のためと思われる。前報¹²⁾ではトマトは鉄、ナスはマンガン、ピーマンは銅の体内含有率がそれぞれ高いことを報告したが、本実験においてはナスでは滲泌液のマンガン、ピーマンでは銅濃度がそれぞれ高い傾向がみられた (Fig. 2)。またトマトの鉄濃度がナス、ピーマンのより低いが、滲泌速度が高いために鉄の吸収量は著しく多かった (Table 3)。さらに生育と養分吸収をみると、Table 1 と 3 に示すように、養分吸収量は各作物とも生育に応じたものであった。しかし、本実験では滲泌速度およびその無機成分濃度は Tachibana ら⁶⁾のものと比べて低いが、滲泌液を採取した時期が無加温ガラス室で行われたので、低温の影響があったのではないと思われる。

多量要素の滲泌液濃度係数は培養液濃度の高まりで小さくなる傾向が見られた (Table 4)。これは培養液濃度の増加によって養分吸収率が低下されるものと考えられる。

以上より木部滲泌液中の無機成分濃度はトマトがナス、ピーマンに比べて低いが、滲泌液速度が著しく速いために総養水分の吸収量としては多く、このことがトマトの生育旺盛の一つの要因であると思われる。高培地溶液濃度による滲泌速度の低下およびカルシウム吸収の抑制が認められたことから、トマト、ピーマンのカルシウム欠乏による尻くされ果の発生に注意を払う必要があるように思われる。またナスではカルシウム欠乏が少ないのは吸収と関係しているとも考えられる。

文 献

- 1) 加藤 徹・鐘 鈴鋒. 1987. ナス科果菜の比較生理生態的研究 (第1報) 培養液濃度が生長、みかけの同化量、葉の蒸散作用および根の呼吸に及ぼす影響. 生物環境調節 **25**: 7-21.

- 2) 加藤 徹・鐘 鈴鋒. 1987. ナス科果菜の比較生理生態的研究 (第2報) 培養液濃度が養水分吸収に及ぼす影響. 生物環境調節 **25**: 47-55.
- 3) 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. 野試報 **A1**: 109-139.
- 4) 位田藤久太郎・橘 昌司・藤城好信. 1970. 被覆下栽培における肥培の研究 (第1報) 高浸透圧培地における果菜の生育並びに水分吸収. 園学雑 **39**: 251-255.
- 5) 須藤憲一・安藤隆夫. 1975. ピーマン、トマトの蒸散及び体内水分状態に及ぼす空気湿度、土壌水分及び土壌塩類濃度の影響. 野試報 **A2**: 49-63.
- 6) TACHIBANA, S., and I. SUZUKI. 1980. Studies on the fertilization and cultivation of horticultural crops under covering conditions VI. Effects of the concentration of nutrient solution on the chemical constituents in the root exudate of cucumber and tomato. J. Japan Agr. Mie Univ. **60**: 1-13.
- 7) STUART, D. M., and J. L. HADDOCK. 1968. Inhibition of water uptake in sugar beet roots by ammonia. Plant Physiol. **43**: 345-350.
- 8) WILCOX, G. E., C. A. MITCHELL, and J. E. HOFF. 1977. Influence of nitrogen form on exudation rate, and ammonium, amide, and cation composition of xylem exudate in tomato. J. Am. Soc. Hort. Sci. **102**: 192-196.
- 9) MASUDA, M., and K. GOMI. 1982. Diurnal changes of the exudation rate and the mineral concentration in xylem sap after decapitation of grafted and non-grafted cucumbers. J. Jpn Soc. Hort. Sci. **51**: 293-298.
- 10) 嶋田永生・武井昭夫. 1966. そ菜類の窒素施肥に関する基礎的研究 (第2報) そ菜の生育に及ぼす培養液濃度の影響. 愛知園試研報 **4**: 62-71.
- 11) 武井昭夫・早川岩夫・嶋田永生. 1970. 施設栽培における土壌環境要因の解析と改善に関する研究 (第1報) 施肥法の相違による土壌溶液濃度がトマトの生育に及ぼす影響. 愛知農総試研報 **B2**: 31-39.
- 12) 加藤 徹・鐘 鈴鋒. 1987. ナス科果菜の比較生理生態的研究 (第3報) 生育、収量ならびに養分吸収に及ぼす微量要素添加の影響. 生物環境調節 **25**: 83-89.

Summary

Tomato (Fukuzyu No. 2), eggplant (Hayabusa) and sweet pepper (Shinsakigakemidori) were grown in water culture under glasshouse condition in order to clarify the influence of concentrations of nutrient solution on their plant growth, exudation rate and chemical composition of xylem exudate.

1. Plants grown in standard solution had the greatest dry weight in each crop, followed by a de-

cline with those supplied with lower or higher concentration of nutrient solution, with the degree of dry weight reduction in the following descending order: sweet pepper, eggplant and then tomato.

2. Exudation rate in each crop was similar to dry weight tendency, with a negative correlation between the concentration of nutrient solution and exudation rate.

3. An increase in the concentration of nutrient solution suppressed Ca absorption but promoted other

minerals. It was shown that the levels of $\text{NO}_3\text{-N}$, Ca and Mn in eggplant and P, K, Mg, Fe, Cu and Zn in sweet pepper were higher in comparison with the other crops, respectively. Tomato had lower levels of mineral elements in the xylem exudate than eggplant and sweet pepper, but it had the greatest amount of mineral absorption per plant per hour because of its high exudation rate.

(Received June 4, 1987)