

## 培養液の濃度, 組成および浸透圧がキュウリべと病の発病と病斑の拡大に及ぼす影響

田中晶子<sup>1</sup>・伊東 正<sup>1</sup>・越智靖文<sup>2</sup>・染谷康勝<sup>2</sup>・平林哲夫<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学園芸学部 271-8510 松戸市松戸 648

<sup>2</sup> (財) 日本園芸生産研究所 270-2221 松戸市紙敷 207

### Effect of Concentration, Composition, and Osmotic Pressure of Nutrient Solution on the Occurrence and Development of Cucumber Downy Mildew

Shoko Tanaka<sup>1</sup>, Tadashi Ito<sup>1</sup>, Yasufumi Ochi<sup>2</sup>, Yasukatsu Someya<sup>2</sup> and Tetsuo Hirabayashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Horticulture, Chiba University, Matsudo Chiba 271-8510

<sup>2</sup> Nihon Horticulture Production Institute, Matsudo Chiba 270-2221

#### Summary

Susceptible and resistant cucumber cultivars (*Cucumis sativus* L.) were grown with different nutrient solutions to examine the relationship between the characteristics of plant (shoot dry weight, osmotic pressure of petiole sap, and leaf mineral content) and the occurrence and development of cucumber downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*).

Exp.1. The administration of different solutions (1/8, 1/2, 1(control), 3/2 unit of Enshi-shoho, nitrate-N at 20 or 2 me · liter<sup>-1</sup> and potassium at 12 or 1 me · liter<sup>-1</sup>) revealed that more days to appearance of symptom was required by the resistant 'Poinsett' than the susceptible 'Pretty', independent of the leaf mineral contents. The total lesion area in 'Pretty' was bigger than that in 'Poinsett', but both of them were highly correlated with shoot dry weight but not to the leaf N or K content. When both cultivars were grown under a low K regime, the osmotic pressure of the petiole sap and leaf P, Ca and Mg content were the highest of all treatments; the rate of lesion area in total leaf area, especially in 'Pretty' was significantly lower than that in control.

Exp.2. The effect of double concentration of P, Ca and Mg (8, 16, 8 me · liter<sup>-1</sup>) and osmotic pressure (4 or 8 × 10<sup>4</sup>Pa) of the nutrient solution were investigated. Doubling the osmotic pressure of the nutrient solution (2 units or adding NaCl to 1 unit of Enshi-shoho solution) increased the osmotic pressure of petiole sap, and suppressed the total lesion area in both cultivars. Hence, the total lesion areas of both cultivars were negatively correlated with the osmotic pressure of petiole sap. Especially doubling the Enshi-shoho to 8 × 10<sup>4</sup>Pa delayed the appearance of symptom and suppressed the total lesion area of 'Pretty' but yet shoot dry weight was unaffected.

These results indicate that increasing the osmotic pressure of nutrient solution was more effective in suppressing expansion of lesion area of cucumber downy mildew than the increasing leaf mineral contents.

**Key Words:** cucumber, downy mildew resistance, mineral content, osmotic pressure.

#### 緒 言

日本のキュウリ品種は比較的高湿条件下で栽培されるため、水を媒介して伝染する、*Pseudoperonospora cubensis*によるキュウリべと病が発病・拡大しやすい。また、一般に植物体内のN含有率が適性範囲を外れると病害を受けやすくなると考えられており(Agrios, 1978)、べと病についても、多湿条件に加え、葉中Nの不足によって被害が拡大すると考えられている(木村, 1987; 都丸,

1992)。

前報において著者らは、養液栽培によりキュウリの葉中N含有率と、べと病の発病・拡大との関係について研究を行った。そのなかで葉中N含有率が35~55mg · g<sup>-1</sup> DWでは、葉中N含有率とべと病発病までの日数とは関係がなく、病斑面積は葉中N含有率より、むしろ茎葉乾物重と正の相関が高かった(田中ら, 2000)。

ただし、前報で設定した培養液N濃度は、キュウリの養液栽培で利用される一般的な範囲か若干低い範囲であり、生育を抑制するほどの低いN濃度や、より高いN濃度での検討はしていない。また、前報の結果から、茎葉

乾物重以外にもべと病の発病や拡大に影響する要因がある可能性が考えられる。

植物体の  $\text{NO}_3\text{-N}$  吸収量の変化が K 吸収量に影響することは古くから知られている (三井・熊沢, 1957)。また, 培養液の K 濃度を低下させると, メロン葉でのべと病の病斑面積率や孢子形成が抑制された (Bains・Jhooty, 1978) ことから, N 濃度に加え, 広範囲な K 濃度でも検討する必要があると思われる。

さらに N, K 以外の無機成分についても, P や Ca の施用量を高めると, タマネギ (Develash・Sugha, 1997) や ケシ (Anila・Thakore, 1995) のべと病罹病株率や トマト 青枯病 (山崎・保科, 1993) が抑制され, 葉中無機成分の比率によって病害の程度が異なると考えられている (Marschner, 1986)。このことから, 培養液あるいはキュウリ葉中の無機成分組成の制御により, べと病への抵抗性が高まる可能性があると思われる。

ピシウムについては, すでに高温期のミツバ養液栽培で, 培養液濃度を高めて抑制する事例がある (板木ら, 1995; 竹内, 1997)。この抑制効果は体内無機成分の影響に加え, 高い培養液浸透圧や, それに伴う体内浸透圧の増加も一因と考えられる。植物の体内浸透圧と罹病程度との関係を直接検討した例はみられないが, 体内浸透圧が細胞間隙を伸長するべと病菌糸にも影響する可能性は十分に考えられる。

本研究では, 多量無機成分組成, 濃度ならびに浸透圧の異なる培養液でべと病感受性および抵抗性キュウリ品種を栽培し, 茎葉乾物重, 葉中無機成分含有率, 葉柄浸透圧が, べと病の発病までの日数および病斑の拡大に及ぼす影響を調査した。

## 材料および方法

べと病感受性キュウリ品種 'プリティ' ((財) 日本園芸生産研究所) と抵抗性品種 'Poinsett' (米国より導入) を日本園芸生産研究所のガラス室内で, 湛液水耕連続通気法により主枝 1 本仕立てで栽培し, 後述する実験 1 および 2 を行った。培養液の用水には同所内の井水を用いた。1 葉展開期の苗を 1 栽培槽 (長さ×幅×高さ: 40×25×11cm, 8 liter) 当たり 8 株 (1 品種 4 株) 定植した。液量は 1 株当たり 1 liter とし, 処理培養液の濃度・組成をできるだけ一定に保つため, 週 1 回培養液を更新し, その間 2-3 回, 同質の培養液を補充した。処理培養液の pH 補正は行わなかった。各実験とも菌の接種日に株数を半数に減らし, その後の液量は 1 株当たり 2 liter となった。

各実験とも,  $1.0 \times 10^4$  個・ $\text{ml}^{-1}$  に調整したべと病菌の孢子のう懸濁液を第 2 本葉両面に合計 0.7ml 噴霧した。接種には, 同所内のキュウリに自然発病した孢子のうを採取し, 実験とは別に用意した 'プリティ' に接種, 増殖したものをを用いた。接種日からガラス室の天窓開度を制限し, 灌水チューブによる通路灌水と加湿器によって相対

湿度を昼間 60%, 夜間 90% 以上に維持した。気温は昼間 27℃ 以下, 夜間 17℃ 以上に管理した。

**実験 1. 標準組成培養液の濃度ならびに培養液の N, K 組成が, キュウリの生育, 葉中無機成分, 葉柄浸透圧およびべと病の発病と拡大に及ぼす影響**

1998 年 3 月 13 日に播種し, 3 月 29 日に定植した。培養液の処理は, 園試処方 1 単位液を対照区 (Control) とし, 組成は変えずに培養液全体の濃度を 1/8 単位から 3/2 単位まで変えた 4 水準 (濃度処理) に, 培養液の N, K 組成を変えた 4 水準 (N, K 処理) を設けた。予備調査の結果, 園試処方 3/2 単位に相当する  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度 ( $24 \text{ me} \cdot \text{liter}^{-1}$ ) になるよう  $\text{NaNO}_3$  を添加すると, 葉色が著しく薄くなったため, 高 N 処理区 (High N) では,  $\text{NO}_3\text{-N}$  を  $20 \text{ me} \cdot \text{liter}^{-1}$  とした。高 K 処理区 (High K) は, KCl 添加で K のみを対照区の 3/2 倍 ( $12 \text{ me} \cdot \text{liter}^{-1}$ ) とした。低 N, 低 K 処理区 (Low N, Low K) では,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , K がそれぞれ対照区の 1/8 倍になるよう Cl と Na で置き換え,  $\text{NO}_3\text{-N}$  を  $2 \text{ me} \cdot \text{liter}^{-1}$ , K を  $1 \text{ me} \cdot \text{liter}^{-1}$  とした。 $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比 (16:4/3), その他の無機成分濃度は対照区に従った。これら 8 処理区の各区に 3 槽を用い, 無作為に 3 反復に配置し, 4 月 12 日に処理を開始した。べと病菌は処理開始 5 日後の 3.5 葉展開期 (4 月 17 日) に接種し, 接種 3 日後から発病を確認した。

病斑面積は, 接種 18 日後 (5 月 5 日) にすべての株・葉位ごとに目測し, 累積して, 各品種・各栽培槽の 1 株当たりの平均値を求めた。また, この値を各区の 1 株当たりの葉面積で除して病斑面積率を求めた。同日, 各品種・各栽培槽 1 株を対象に, 晴天だった 9-11 時に第 5 葉柄を採取し, ニンニク絞り器で搾汁した液を冷蔵保存し, 後日, 浸透圧計 (Advanced 社製 MICRO-OSMOMETER3MO) で葉柄浸透圧を測定した。また, 第 5 葉柄を除く茎葉は, 65℃ で 48 時間の通風乾燥後に乾物重を測定した。第 5-8 葉身中の全 N と P 含有率は乾物試料をサリチル硫酸-過酸化水素法 (松永・塩崎, 1989) で分解し, N はケルダール蒸留法で, P は中和後にバナドモリブデン酸比色法で測定した。K, Ca, Mg は試料を乾式灰化後, 原子吸光度法でそれぞれ測定した。

**実験 2. 培養液の浸透圧および培養液への P, Ca, Mg 添加が, キュウリの生育, 葉柄浸透圧およびべと病の発病と拡大に及ぼす影響**

同年 5 月 1 日に播種し, 5 月 13 日に定植した。園試処方 1 単位液 (Std) を対照区 (Control) とし, P, Ca, Mg のみの濃度をそれぞれ対照区の 2 倍 (8, 16, 8  $\text{me} \cdot \text{liter}^{-1}$ ) とした 3 区 (それぞれ P×2, Ca×2, Mg×2), 実験 1 の 'Pretty' で病斑面積率が対照区より有意に低かった Low K 区 (K, 1  $\text{me} \cdot \text{liter}^{-1}$ ) の計 5 区を設け, 標準浸透圧処理とした。一方, 培養液浸透圧を対照区の 2 倍の約  $8 \times 10^4 \text{ Pa}$  (20℃ 換算) とする 2 倍浸透圧処理として, 園試処

方2単位区 (Std × 2) および Std に NaCl を 0.11% (w/v) になるよう添加した区 (+ NaCl), Std に平均分子量 400 のポリエチレングリコールを 0.56% (v/v) になるよう添加した区 (+ PEG) の計 3 区を設けた。ただし, PEG は根の組織を痛める可能性があったため, 設定値まで徐々に添加量を増加させた。これら合計 8 処理区の各区に 3 槽を用い, 無作為に 3 反復に配置し, 5 月 20 日から処理を開始した。処理開始 3 日後の 3.5 葉期に実験 1 と同様にべと病菌を接種し, 接種 3 日後から発病を確認した。接種 18 日後に処理および栽培を終了し, 調査項目・方法は葉柄浸透圧の測定に第 3 葉柄を用いた以外は実験 1 に準じた。

## 結 果

### 実験 1

べと病菌の接種から発病までの日数は, 抵抗性品種 'Poinsett' が感受性の 'プリティ' より長かった (第 1 表)。しかし, 濃度処理 (1/8~3/2 単位), N, K 処理 (Low, High) による差はなかった。

接種 18 日後には両品種とも 1/8 単位区, Low N 区, Low K 区で 8 葉期, その他の区で 20 葉期であった (データ省略)。両品種の茎葉乾物重は, 3/2 単位区と High N 区で対照区と差がなく, 1/8 単位, Low N, Low K 区で対照区より顕著に低かった (第 2 表)。葉柄浸透圧は, 両品種とも処理濃度が高いほど高い傾向がみられ, N, K

**Table 1.** Effect of concentrations of Enshi-shoho solution and N and K levels on the occurrence of downy mildew in two cucumber cultivars.

Treatment	Days to appearance of symptom (Days after inoculation)	
	Pretty (susceptible)	Poinsett (resistant)
Concentration (unit)		
1/8	4.7	5.3
1/2	4.3	5.7
1 (Control)	4.0	7.0
3/2	4.0	6.7
-----		
N and K levels <sup>z</sup>		
Low N	5.7	8.0
High N	3.3	7.7
Low K	5.3	6.0
High K	3.7	6.0
-----		
Cultivar (c)	**y	
Treatment (t)	ns	
(c) × (t)	ns	

<sup>z</sup> Low N and High N stand for 2 and 20 me · liter<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub>-N, and Low K and High K stand for 1 and 12 me · liter<sup>-1</sup> K, respectively. Other major elements were same as 1 unit of Enshi-shoho solution (Control).

<sup>y</sup> ns, \*\* indicate non-significance or significance at P < 0.01.

**Table 2.** Effect of concentrations of Enshi-shoho solution and N and K levels on the shoot dry weight, osmotic pressure of 5th petiole sap and the development of downy mildew in two cucumber cultivars.

Treatment	Shoot dry weight <sup>z</sup> (g)	Osmotic pressure <sup>z</sup> (× 10 <sup>5</sup> Pa)	Total lesion area <sup>z</sup> (dm <sup>2</sup> )	Rate of lesion area in total leaf area <sup>z</sup> (%)
Concentration(unit)				
Pretty (susceptible)				
1/8	7.3c <sup>x</sup>	5.1d	13.3c	32.1ab
1/2	36.8b	4.8d	37.0b	22.9cd
1 (Control)	51.5a	6.5c	48.8ab	29.1bc
3/2	48.4a	7.3ab	52.4ab	25.4bc
N, K levels <sup>y</sup>				
Low N	13.7c	6.5c	10.9c	20.3cd
High N	45.9ab	6.5c	46.3ab	20.1cd
Low K	10.6c	7.6a	5.6c	14.5d
High K	37.4b	7.1b	60.5a	40.6a
-----				
Poinsett (resistant)				
1/8	4.0c	5.2d	0.7c	3.8ab
1/2	11.6ab	5.2d	2.8ab	9.4a
1 (Control)	14.0a	6.0c	1.9b	2.5ab
3/2	18.0a	6.9b	2.0b	2.1ab
N, K levels <sup>y</sup>				
Low N	5.9bc	6.7b	0.3c	1.2b
High N	17.5a	6.5b	2.0b	2.1ab
Low K	4.6bc	7.6a	0.5c	2.1ab
High K	17.5a	6.9b	3.4a	4.2ab

<sup>z</sup> Data were taken on 18 days after inoculation.

<sup>y</sup> Low N and High N stand for 2 and 20 me · liter<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub>-N, and Low K and High K stand for 1 and 12 me · liter<sup>-1</sup> K, respectively. Other major elements were same as 1 unit of Enshi-shoho solution (Control).

<sup>x</sup> Different letters within the column of each cultivar mean significant difference by Duncan's new multiple range test at 5% level.

処理では Low K 区が有意に高かった。病斑面積は 'プリティ' が 'Poinsett' より顕著に大きかった。また、両品種とも 1/8 単位, Low N, Low K 区が他の区に比べて有意に小さかった。'プリティ' の病斑面積率について、対照区と有意な差があったのは K 処理のみで、High K 区で高く、Low K 区で低かった。

接種 18 日後の 'プリティ' の葉中無機成分含有率は、処理濃度が高いほど高い傾向がみられたが、3/2 単位区と対照区に差はなかった (第 3 表)。Low N 区の N 含有率は 1/8 単位区と差がなく、P 含有率以外は対照区と差がなかった。High N 区の N 含有率は 3/2 単位区より低かったが、N, Ca, Mg 含有率は対照区と差がなく、P, K 含有率は対照区より低かった。Low K 区の N 含有率は対照区と差がなく、K 含有率は 1/8 単位区と差がなかったが、P, Ca, Mg 含有率は 3/2 単位, 対照区より著しく高かった。

**Table 3.** Effect of concentrations of Enshi-shoho solution and N and K levels on the mineral content of 5th to 8th leaves in cucumber 'Pretty'.

Treatment	Mineral content <sup>z</sup> (mg · g <sup>-1</sup> DW)				
	N	P	K	Ca	Mg
Concentration (unit)					
1/8	28.7c <sup>x</sup>	4.1e	34.3d	7.3c	4.2c
1/2	53.0b	7.1cd	43.4c	14.2bc	8.1b
1 (Control)	59.7ab	9.4b	51.1ab	21.9b	7.8b
3/2	66.4a	8.7bc	56.2a	22.1b	7.9b
-----					
N, K levels <sup>y</sup>					
Low N	23.9c	6.2d	43.2bc	16.1bc	7.0b
High N	52.4b	6.2d	43.4c	14.2bc	8.1b
Low K	60.3ab	11.7a	35.8cd	60.6a	14.9a
High K	50.8b	7.5cd	50.9ab	10.3bc	7.3b

<sup>z</sup> Data were taken on 18 days after inoculation.

<sup>y</sup> Low N and High N stand for 2 and 20 me · liter<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub>-N, and Low K and High K stand for 1 and 12 me · liter<sup>-1</sup> K, respectively. Other major elements were same as 1 unit of Enshi-shoho solution (Control).

<sup>x</sup> Different letters within the column mean significant difference by Duncan's new multiple range test at 5% level.

た。High K 区では N 含有率を除き、3/2 単位区と差がなかった。

両品種とも接種 18 日後の病斑面積と茎葉乾物重との間に高い正の相関が認められたが、病斑面積と葉中 N 含有率および K 含有率との間に相関はなかった (第 4 表)。

## 実験 2

べと病菌の接種から発病までの日数は、'Poinsett' が 'プリティ' より長く、'プリティ' では 2 倍浸透圧処理の Std × 2, +NaCl 区が他の区より長い傾向を示した (第 5 表)。

**Table 5.** Effect of double concentration of P, Ca and Mg and osmotic pressure of the nutrient solution on the occurrence of downy mildew in two cucumber cultivars.

Treatment	Days to appearance of symptom (Days after inoculation)		
	Pretty (susceptible)	Poinsett (resistant)	
Standard <sup>z</sup>	Std (Control)	4.7cd <sup>x</sup>	9.0a
4.0 (× 10 <sup>4</sup> Pa)	P × 2	5.7bcd	9.3a
	Ca × 2	7.7abc	8.0a
	Mg × 2	5.0bcd	9.0a
Double <sup>y</sup>	Low K	3.7d	8.0a
	Std × 2	9.0a	10.3a
	+NaCl	8.0ab	11.0a
8.0 (× 10 <sup>4</sup> Pa)	+PEG	5.3bcd	9.3a
Cultivar (c)		***	
Treatment (t)		*	
(c) × (t)		ns	

<sup>z</sup> Std, P × 2, Ca × 2, Mg × 2, and Low K indicate 1 unit of Enshi-shoho solution, PO<sub>4</sub>-P 8, Ca 16, Mg 8, and K 1 me · liter<sup>-1</sup> of the nutrient solution, respectively. Other major elements were same as Std.

<sup>y</sup> Std × 2, +NaCl and +PEG mean the osmotic pressure was doubled by double concentration (2 units) of Std, or by adding NaCl or PEG to Std.

<sup>x</sup> Different letters within the column mean significant difference by Duncan's new multiple range test at 5% level.

<sup>w</sup> ns, \*, \*\* indicate non-significance or significance at P < 0.05 and 0.01, respectively.

**Table 4.** Correlation coefficients (r) between several criteria of cucumber plant and the total lesion area of downy mildew (n=8).

Criteria of cucumber plant <sup>z</sup>	× Total lesion area <sup>z</sup> (dm <sup>2</sup> )	
	Pretty (susceptible)	Poinsett (resistant)
Shoot dry weight (gDW · plant <sup>-1</sup> )	0.9602** <sup>y</sup>	0.8958**
N content of the leaves (mg · g <sup>-1</sup> DW)	0.5236ns	0.6496ns
K content of the leaves (mg · g <sup>-1</sup> DW)	0.3909ns	0.4568ns

<sup>z</sup> Data were taken on 18 days after inoculation.

<sup>y</sup> ns, \*\* indicate non-significance or significance at P < 0.01.

接種 18 日後には両品種とも, Low K 区で 7 葉期, その他の区で約 20 葉期であった(データ省略). 茎葉乾物重について, 両品種とも標準浸透圧処理では, P × 2, Ca × 2, Mg × 2 区と対照区との間に差がなく, Low K 区のみが著しく低かった(第 6 表). 'プリティ' の 2 倍浸透圧処理では, Std × 2 区の茎葉乾物重は対照区と差がなかったが, +NaCl 区, +PEG 区は対照区より約 25% 低かった. 一方, 'Poinsett' では, Std × 2 区と +NaCl 区の茎葉乾物重は対照区より約 30% 低く, +PEG 区では対照区より約 50% 低かった. 葉柄浸透圧は, 両品種とも Low K, Std × 2, +NaCl 区で高い傾向がみられた. 病斑面積は, 'プリティ' が 'Poinsett' より顕著に大きかった. また, 'プリティ' では Low K 区と 2 倍浸透圧処理が他の区より有意に小さく, NaCl, PEG などの添加物の違いによる影響はなかった. 同様の傾向は 'Poinsett' でもみられた. 病斑面積率は, 'Poinsett' が 'プリティ' より低く, 'プリティ' では 2 倍浸透圧処理が対照区より有意に低かった.

接種 18 日後の葉柄浸透圧と病斑面積との間には, 高い負の相関がみられ, 両品種とも 1% レベルで有意であった(第 1 図).

両品種の P × 2, Ca × 2, Mg × 2 区の葉中 P, Ca, Mg 含有率は, それぞれ対照区より高く, Low K 区では

葉中 P, Ca, Mg 含有率のすべてが対照区より高かった(データ省略).

## 考 察

本報において, 抵抗性品種の発病までの日数は, 感受性品種より若干長く, 発病までの日数に品種による差がなかった前報(田中ら, 2000)と異なった. 本報と, 前報の接種試験では, 培養液量, 栽植密度, 葉齢, 接種濃度が同じであったことから, 結果の違いは主に接種までの湿度条件が原因と考えられた. すなわち, 接種後に加湿を開始した本報に対し, 定植時から加湿を行った前報では, 接種時にはすでに高湿度環境であり, べと病菌の侵入に好適であったため, 抵抗性の差が表れにくかったと推察された.

一方, 前報(田中ら, 2000)で検討した培養液 N 濃度に加え, 本実験の培養液濃度, N, K 組成も, べと病発病までの日数に影響せず, N, K などの不足によって発病が助長される(Agrios, 1978; 木村, 1987; 都丸ら, 1992)という傾向はみられなかった.

さらに品種によって程度は異なるが, 病斑面積は葉中 N, K 含有率より茎葉乾物重との正の相関が高く, 前報で検討した N 濃度範囲での結果(田中ら, 2000)や, キュウ

**Table 6.** Effect of double concentration of P, Ca and Mg, and osmotic pressure of the nutrient solution on the shoot dry weight, osmotic pressure of 3rd petiole sap and the development of downy mildew in two cucumber cultivars.

Treatment		Shoot dry weight <sup>z</sup> (g)	Osmotic pressure <sup>z</sup> (× 10 <sup>3</sup> Pa)	Total lesion area <sup>z</sup> (dm <sup>2</sup> )	Rate of lesion area in total leaf area <sup>z</sup> (%)
Osmotic pressure	Nutrient solution				
Pretty (susceptible)					
Standard <sup>y</sup> 4.0 (× 10 <sup>4</sup> Pa)	Std (Control)	45.6a <sup>w</sup>	6.2e	66.8a	34.6a
	P × 2	42.8ab	6.5d	62.1a	27.6ab
	Ca × 2	43.7ab	6.6cd	42.8b	26.2ab
	Mg × 2	49.3a	6.6cd	57.1ab	30.6ab
	Low K	8.5c	7.0ab	5.1c	23.7b
Double <sup>x</sup> 8.0 (× 10 <sup>4</sup> Pa)	Std × 2	46.5a	6.8bc	9.5c	4.8c
	+NaCl	34.8b	7.0a	11.6c	11.3c
	+PEG	33.8b	6.6cd	8.7c	7.0c
Poinsett (resistant)					
Standard <sup>y</sup> 4.0 (× 10 <sup>4</sup> Pa)	Std (Control)	32.4ab	6.2c	5.0a	3.6ab
	P × 2	28.9ab	6.3bc	3.5ab	3.2ab
	Ca × 2	27.4bc	6.4abc	3.8ab	2.4ab
	Mg × 2	33.2a	6.5abc	4.5a	4.2a
	Low K	5.9e	6.7abc	0.8c	3.6ab
Double <sup>x</sup> 8.0 (× 10 <sup>4</sup> Pa)	Std × 2	23.1c	6.9ab	1.9bc	2.1ab
	+NaCl	22.5c	7.0a	1.1c	1.3b
	+PEG	16.6d	6.8abc	1.2c	1.9ab

<sup>z</sup> Data were taken on 18 days after inoculation.

<sup>y</sup> Std, P × 2, Ca × 2, Mg × 2, and Low K indicate 1 unit of Enshi-shoho solution, PO<sub>4</sub>-P 8, Ca 16, Mg 8, and K 1 me · liter<sup>-1</sup> of the nutrient solution, respectively. Other major elements were same as Std.

<sup>x</sup> Std × 2, +NaCl and +PEG mean the osmotic pressure was doubled by double concentration (2 units) of Std, or by adding NaCl or PEG to Std.

<sup>w</sup> Different letters within the column of each cultivar mean significant difference by Duncan's new multiple range test at 5% level.

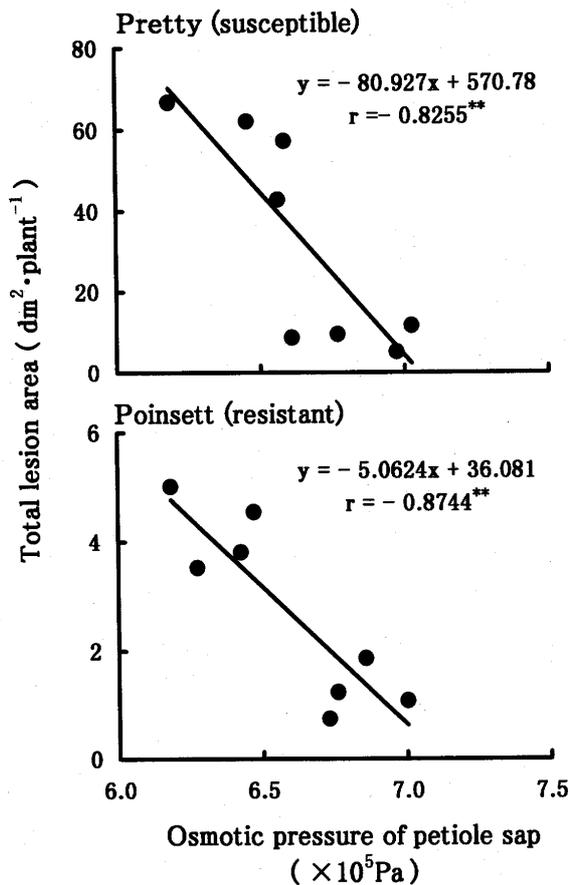


Fig. 1. Correlation between osmotic pressure of 3rd petiole sap and total lesion area of downy mildew in two cucumber cultivars.

Data were taken on 18 days after inoculation (n=8).

\*\* Significance at P < 0.01.

り葉の光合成速度が高いほど、べと病の病斑面積率が増加したという報告(稲葉・梶原, 1975)と一致した。従って、培養液濃度および培養液のN濃度は主として、光合成速度や茎葉乾物重といった植物体の生長速度に影響し、間接的に病斑面積の拡大に影響すると考えられた。

培養液のK濃度について、Bains・Jhooty(1978)は、培養液組成は標準とし、培養液全体の濃度を1/5単位とするより、Kのみを低濃度にすると、メロンべと病の病斑面積率や胞子形成が抑制されたと報告した。本実験のLow K区においても、病斑面積率が対照区より有意に低く、Bains・Jhooty(1978)と同様の結果になった。加えて、Low K区は茎葉乾物重が低く、これら2つの要因が植物体全体の病斑面積の抑制につながったと考えられた。

Kは体内のpH、イオン濃度、浸透圧などを維持する重要な無機イオンである(熊沢, 1981)ことから、Low K区ではK不足によって葉中P、Ca、Mg含有率や葉柄浸透圧が上昇したと推察された。しかし、これらの現象が病斑面積率を抑制した直接的な原因かどうかは、本実験では確認できなかった。

N、K以外の無機成分が植物病害に及ぼす影響につい

て、P施用量の増加がべと病を抑制した報告は多く(Anila・Thakore, 1995; Bains・Jhooty, 1978; Chupp, 1930; Mahrishi・Siradhana, 1988)、また、高濃度Ca溶液の添加が、鞭毛菌類の遊走子の自走性を喪失させる(Sharonら, 1997)、あるいはトマト青枯病を抑制する(山崎・保科, 1993)という報告もある。

しかし、実験2の‘プリティ’では、+PEG区を除き、培養液のP、Ca、Mg濃度を2倍にするよりも、培養液の浸透圧を高めることで、発病までの日数が若干長くなり、両品種とも病斑面積率が対照区に比べて抑制された。また、両品種とも葉柄浸透圧と病斑面積との間に負の相関がみられた。これらの結果に加え、ジャガイモ疫病菌の遊走子のうをスクロースやPEG(平均分子量400)溶液などの高浸透圧溶液に浸漬すると、原形質分離をおこし、発芽が抑制されるという報告(Sato, 1995)から、病斑面積への影響は、無機成分含有率よりも培養液浸透圧や葉柄浸透圧の方が大きいことが示唆された。

さらに、ミツバの養液栽培では、ピシウム防除のために培養液の高濃度管理が一般的に行われており(板木ら, 1995; 竹内, 1997)、キュウリでは、パクロブトラゾルの土壌施用によって、体内浸透圧と密接に関係する耐乾燥性、耐寒性に加え、べと病抵抗性も強化されるという報告(Suh・Chung, 1986)がある。このように、植物は外部からの様々な刺激によって代謝を変化させ、環境の変化や病害に対応していることから、体内浸透圧の変化が病害に対する感受性に直接的、あるいは間接的に関与している可能性が考えられた。

なお、2倍浸透圧処理の+PEG区で発病を抑制できなかったのは、設定値まで徐々に添加量を増加させたため、発病期では+PEG区の培養液浸透圧が設定値より低かったことが一因と思われた。また、両品種ともPEGを徐々に添加したにもかかわらず、PEGが原因と思われる根の褐変が認められたため、PEGは培養液の浸透圧を高めるのに不適当と思われた。また、両品種ともに+NaCl区、+PEG区で対照区より茎葉乾物重が低かったことから、PEGやNaClの添加よりも培養液全体の濃度で培養液浸透圧を高める方法が適当と思われた。

以上の結果より、培養液や葉中の個々の無機成分より培養液や葉柄浸透圧の方がキュウリべと病の病斑面積に及ぼす影響が大きく、‘プリティ’では、標準組成の2単位液で、茎葉乾物重を低下させずに病斑面積を抑制できた。このことから、養液栽培においては、培養液浸透圧を高めて栽培することが、キュウリべと病の抑制に有効である可能性が示唆された。

## 摘 要

べと病感受性および抵抗性キュウリ品種を組成・濃度および浸透圧の異なる培養液で栽培し、べと病の発病および病斑面積と、植物体の茎葉乾物重、葉中無機成分含

有率、葉柄浸透圧との関係を検討した。

べと病の発病までの日数は、抵抗性品種 'Poinsett' が感受性品種 'プリティ' より長かったが、両品種とも、葉中無機成分含有率による差はみられなかった。病斑面積は葉中無機成分含有率より茎葉乾物重と高い正の相関があった。低K組成区では他の区より葉柄浸透圧および葉中P, Ca, Mg含有率が高く、葉面積当たりの病斑面積が対照区より小さかった。

高浸透圧培養液では両品種の葉柄浸透圧が上昇し、'プリティ' では発病までの日数が長くなった。両品種とも葉柄浸透圧と病斑面積との間に高い負の相関があり、'プリティ' の圃試処方2単位区では、茎葉乾物重を低下させずに病斑面積が抑制できた。

以上より、培養液や葉中の個々の無機成分より培養液浸透圧や葉柄浸透圧の方がキュウリべと病の病斑面積に及ぼす影響が大きく、養液栽培においては、培養液浸透圧を高めて栽培することが、べと病の抑制に有効である可能性が示唆された。

#### 引用文献

- Agrios, N. G. 1978. Plant pathology. p.104-114. Academic Press, New York.
- Anila, D. and B. B. L. Thakore. 1995. Influence of host nutrition on the development of downy mildew disease of opium poppy. *Indian Phytopathology* 48: 335-338.
- Bains, S. S. and J. S. Jhooty. 1978. Relationship between mineral nutrition of muskmelon and development of downy mildew caused by *Pseudoperonospora cubensis*. *Plant and Soil* 49: 85-90.
- Chupp, C. 1930. The effects of potash and phosphorus on tip burn and mildew of cabbage. *Phytopathology* 20: 307-318.
- Develash, R. K. and S. K. Sugha. 1997. Factors affecting development of downy mildew (*Peronospora destructor*) of onion (*Allium cepa*). *Indian J. Agric. Sci.* 67: 71-74.
- 稲葉忠興・梶原敏宏. 1975. キュウリべと病の病態生理学的研究. *農技研報 C*. 29: 65-139.
- 板木利隆・佐々木皓二・宇田川雄二. 1995. 養液栽培の実用技術. p. 195-208. 社団法人農業電化協会. 東京.
- 木村穎治. 1987. 果菜類. キュウリ. p. 136-176. 伊東 正編
- 著. 野菜の栽培技術. 誠文堂新光社. 東京.
- 熊沢喜久雄. 1981. 植物生理学 5. 水とイオン. p. 170-179. 朝倉書店. 東京.
- Mahrishi, R. P. and B. S. Siradhana. 1988. Effect of nutrition on downy mildew disease caused by *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. & Curt.) Rostow on muskmelon. *Ann. Arid Zone*. 27: 153-155.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. p. 369-390. Academic Press. New York.
- 松永俊朗・塩崎尚郎. 1989. 硝酸態窒素を含む作物中の全窒素定量のための硫酸-過酸化水素分解法. *土肥誌*. 60: 458-460
- 三井進午・熊沢喜久雄. 1957. 作物の養分吸収に関する動的研究(第15報). 水稻の栄養状態変化が養分吸収に及ぼす影響. *土肥誌*. 28: 265-268.
- Sato, N. 1995. Observation of the division and osmotic pressure of protoplasm on the process of zoosporegenesis of the sporangia of *Phytophthora infestans*. *Ann. Phytopathology Soc. Japan* 61: 463-469.
- Sharon, L., S. L. von Broembsen and J. W. Deacon. 1997. Calcium interference with zoospore biology and infectivity of *phytophthora parasitica* in nutrient irrigation solutions. *Phytopathology* 87: 522-528.
- Suh, S. and H. Chung. 1986. Effect of paclobutrazol on growth and tolerance to chilling and drought stress in cucumber plant, *Cucumis sativus* L. (abstract). *J. Korea Hort. Sci.* 27: 111-118.
- 竹内妙子. 1997. 養液栽培のポイント. 病気と害虫の防除. p. 166-167. 養液栽培研究会編. 養液栽培マニュアル 21. 誠文堂新光社. 東京.
- 田中晶子・伊東 正・越智靖文・染谷康勝・平林哲夫. 2000. 培養液の窒素濃度がべと病感受性・抵抗性キュウリ品種の発病と病斑の拡大に及ぼす影響. *園学雑*. 69: 339-345.
- 都丸敬一・生越 明・奥田誠一・脇本 哲・羽柴輝良・平野和弥・加藤 肇・奥 八郎. 1992. 新植物病理学. p. 219-235. 朝倉書店. 東京.
- 山崎浩道・保科次雄. 1993. カルシウム栄養条件がトマト青枯病抵抗性品種の発病に及ぼす影響. *土肥誌*. 64: 325-328.