2, 4-Dichlorobenzoic acid がスプリット・ルート法で 水耕されたキュウリの収量に及ぼす影響

浅尾俊樹・富田浩平・谷口久美子・細木高志
中野尚夫・M. H. R. Pramanik・松井佳久

島根大学生物資源科学部 690-1102 松江市上本庄町

Effects of 2, 4-dichlorobenzoic Acid on the Fruit Yield of Cucumber Grown by Split-root System Hydroponic Culture

Toshiki ASAO, Kouhei TOMITA, Kumiko TANIGUCHI, Takashi HOSOKI,
Hisao NAKANO, M. H. R. PRAMANIK and Yoshihisa MATSUI

Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University,
Kamihonjo, Matsue 690-1102, Japan

Abstract

The effects of 2, 4-dichlorobenzoic acid (DCLBA) on the number of cucumbers (*Cucumis sativus* L.) harvested were evaluated by split-root system hydroponic culture. DCLBA ($10 \mu\text{mol} \cdot \text{liter}^{-1}$) in the nutrient solution severely damaged the roots by disrupting the integrity of epidermal cells, and remarkably inhibited the uptake of NO_3^- , H_2PO_4^- and K^+ ions. As a result, DCLBA significantly inhibited the number of cucumbers harvested. Supplementation of the nutrient solution with activated charcoal in one side pot recovered the inhibition especially for the uptake of nutrients, and partly recovered the harvested fruit number per plant compared to that without charcoal. These results indicated that DCLBA affected the uptake of nutrients, and inhibited the growth of young fruit after adsorption from roots.

Keywords : activated charcoal, cucumber, hydroponic culture, 2, 4-dichlorobenzoic acid, split-root system.

緒 言

Blum ら^{1,2)}, Holappa・Blum³⁾ は、フェノール物質により根からの養水分吸収が抑制され、キュウリ苗の生育が阻害されたと報告している。また、筆者らは、水耕キュウリの培養液を非交換栽培した場合、株当たりの収穫果実数が減少すなわち自家中毒が起こり、培養液に活性炭を添加すると回復することを報告した⁴⁾。その抑制物質としてフェノール物質である 2, 4-dichlorobenzoic acid (以下、DCLBA) が同定され、培養液に DCLBA を添加すると収穫果実数の減少が引き起こされることを明

らかにした⁵⁾。しかし、その原因が DCLBA による根での養分吸収阻害か、植物体に吸収された DCLBA による子房肥大阻害なのか明らかではなかった。

一方、Lyu・Blum⁶⁾ はスプリット・ルート法を用い、フェノール物質によるキュウリ苗の根からの養分吸収の影響について検討した。その結果、フェノール物質に接触する根の割合が増加するにつれ、養分吸収が低下し、フェノール物質に接触していない根による吸収の補償はみられなかったと報告した。また、Shann・Blum⁷⁾ がフェノール物質のキュウリ苗植物体内への吸収を明らかにした。しかし、彼らの報告では、果実発育への影響については調べていない。

そこで、本研究では、DCLBA による収穫果実数の減少が根での養分吸収阻害か、子房肥大阻害なのかをスプ

2000 年 8 月 29 日受付

2000 年 11 月 22 日受理

リット・ルート法で検討した。

材料および方法

供試したキュウリ (*Cucumis sativus* L.) 品種は、‘聖護院青長節成’を用いた。

栽培は、島根大学生物資源科学部附属生物資源教育研究センター内の約 100 m² のガラス室で行った。播種は 1999 年 7 月 2 日に行い、本葉 1 葉時の 7 月 9 日に断根し、胚軸を 2 分割した。新根が形成された後、株をガラス室内で水耕した。培養液は園試処方 75% 標準液 (EC 2.0 dS・m⁻¹) とし、連続通気を行った。本葉 6 葉時の 8 月 6 日、培養液を 12 liter ずつ入れた 2 つのポット (ポット I および II) に根量が同様になるように定植し、エアープンプ (1.9 liter・min⁻¹) で連続通気した。培養液は 1 週毎に全量交換した。

処理区は、ポット I-II の両方に DCLBA を 0, 2 および 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$ 添加し、それぞれのポット II に DCLBA を培養液から除くために活性炭 (武田薬品 (株), GH₂C, 4-8) を添加する区を設けた。各処理区とも 5 反復を行った。活性炭は、1 ポット当たり 150 g 添加し、1

週毎に交換した。主枝は 15 節、1 次および 2 次側枝はそれぞれ 1 節で摘心した。実験中の日平均気温は 22.4 ~ 30.4°C、日平均水温は 24.5 ~ 31.0°C で推移し、この条件下で開花後 10 ~ 14 日目には、果実は約 20 cm の収穫果に達した。調査項目としては、雄花および雌花の開花日、開花雌花数、収穫果実数、実験終了時の主枝長、側枝長および乾物重 (主枝、1 葉重、側枝および根) とした。また、培養液交換後、新たに加えられた培養液からの NO₃⁻、H₂PO₄⁻ および K⁺ の減少量から各処理区の養分吸収量を計算した。DCLBA による根表面の影響をみるために、収穫終了時に 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$ DCLBA 区の根を FAA 溶液 (70% エタノール : ホルマリン : 酢酸 = 90 : 5 : 5) で固定し、クールステージ付走査型電子顕微鏡 (JSM-5310 LV, 日本電子 (株)) で観察した。

結果および考察

実験終了時の主枝長について、処理区による有意な差がみられなかった (表 1)。前報⁴⁾と同様に、いずれの処理区でもかなり強度の摘心を行ったことにより主枝長に差が現れにくかったと考えられる。側枝長は、2 $\mu\text{mol}\cdot$

Table 1 Effects of 2, 4-dichlorobenzoic acid on the vegetative and fruit growth of cucumber plants.

2, 4-dichlorobenzoic acid ($\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$)		Activated charcoal supplement	Plant length (cm)	Length of primary lateral branch (cm)	
Pot I	Pot II	Pot II			
0	0	—	156.8		38.2a
0	0	+	158.3		42.7a
2	2	—	156.3		42.9a
2	2	+	161.5		41.5a
10	10	—	148.0		20.9b
10	10	+	146.5		38.6a
			NS ^y		
Dry weight (g)					Harvested fruit number per plant
Main stem	Leaf weight of main stem per leaf	Primary lateral branch per plant ^z	Root		
			Pot I	Pot II	
11.7ab	4.62a	78.1a	15.9a	13.0ab	15.5a
14.1a	4.83a	69.5a	16.0a	15.8a	15.5a
11.1ab	3.71ab	65.6ab	10.4ab	11.4ab	15.3a
14.9a	5.18a	91.8a	13.7ab	15.5a	15.0a
7.2b	1.67b	23.1bc	5.1b	6.0b	5.0c
14.6a	5.03a	100.5a	9.0b	23.5a	7.5b

^zStem and leaf.

^yMean difference within columns by Tukey test at 5% level.

liter⁻¹ DCLBA 区では対照区である 0 $\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$ DCLBA 区と有意な差は認められなかったが, 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$ DCLBA 区では有意に抑制された. 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$ DCLBA 区の方のポットに活性炭を添加すると, 側枝長は回復し, 対照区と同様になった. また, 主枝, 1 葉重および側枝の乾物重も活性炭添加した 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$ DCLBA 区では回復した. 根の乾物重については, 2 $\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$ DCLBA 区では対照区と有意な差がみられなかったが, 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$ DCLBA 区では有意に抑制された. 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$ DCLBA 区の方のポットに活性炭を添加すると, 根の乾物重は十分回復したが, 添加しない方のポットでは回復しなかった.

雄花および雌花の開花開始日, 開花雌花数は, 処理区による差が認められなかった(データ略). 収穫果実数は, 2 $\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$ DCLBA 区で対照区と有意な差はみられなかったが, 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$ DCLBA 区では有意に抑制された. しかし, 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$ DCLBA 区の方のポットに活性炭を添加すると, 対照区の半分ぐらいまで回復した.

水耕 7 日間の養分吸収をみると, 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$

DCLBA 区で NO_3^- , H_2PO_4^- および K^+ のいずれにおいても抑制された(表 2). 一方のポットに活性炭を添加すると, 活性炭を添加しない方のポットでは抑制されたままであったが, 添加した方のポットでは養分吸収量がいずれも増加した. なお, 走査電顕での根表面の観察から, DCLBA は根の表皮組織を壊し, 養分吸収を妨げていると考えられた(図 1). 本実験では, 活性炭を添加することにより, 添加された方のポットにおける養分吸収が増加し, ポット I とポット II を合わせた 1 株当たりの養分吸収量は対照区と同様もしくはやや多くなった. このようにして活性炭を添加することにより, DCLBA が培養液から除かれ, 根での養分吸収が回復したと考えられる.

また, 収穫果実数は, 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$ DCLBA 区に活性炭を添加しても対照区の半分しか回復しなかった. 根での養分吸収が回復しても DCLBA が Shann・Blum⁷⁾ が報告したように植物体に吸収され, その後, 雌花の子房肥大を阻害したと考えられた. また, Rice⁸⁾ は, フェノール物質が植物体の内生ホルモンのバランスを崩すことを明らかにしている. 本実験でも, DCLBA が雌花開花後, 子房内のホルモンバランスを崩し, 子房

Fig. 1 Root of cucumber in nutrient solution supplemented with 0(left) and 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$ (right) 2, 4-dichlorobenzoic acid. DCLBA in the nutrient solution severely damaged the root by disrupting the integrity of epidermal tissue. (Photographed by scanning electron microscope).

Table 2 Nutrient uptake by cucumber plant for 7 days.

2, 4-dichlorobenzoic acid ($\mu\text{mol}\cdot\text{liter}^{-1}$)		Activated charcoal supplement	$\text{NO}_3\text{-N}$ ($\text{me}\cdot\text{plant}^{-1}$)		$\text{PO}_4\text{-P}$ ($\text{me}\cdot\text{plant}^{-1}$)		K ($\text{me}\cdot\text{plant}^{-1}$)	
Pot I	Pot II	Pot II	Pot I	Pot II	Pot I	Pot II	Pot I	Pot II
0	0	—	1.97b ^z	2.04b	1.98b	1.97b	0.55b	0.53b
0	0	+	1.89b	2.13b	1.96b	2.01b	0.60b	0.63b
10	10	—	0.40c	0.40c	1.26c	1.25c	0.20c	0.20c
10	10	+	0.90bc	5.28a	1.14c	2.79a	0.30c	1.26a

^zMean difference within columns by Tukey test at 5% level.

肥大を阻害した可能性が考えられる。

以上より、DCLBA による収穫果実数の減少は、根での養分吸収阻害だけではなく、植物体に吸収された DCLBA が子房肥大を阻害した可能性が考えられた。

引用文献

- 1) Blum, U. and Dalton, B. R.: Effects of ferulic acid, an allelopathic compound, on leaf expansion of cucumber seedlings grown in nutrient culture, *J. Chem. Ecol.*, 11: 279-301 (1985a)
- 2) Blum, U., Dalton, B. R. and Shann, J. R.: Effects of ferulic and *p*-coumaric acids in nutrient culture on cucumber leaf expansion as influenced by pH, *J. Chem. Ecol.*, 11: 1567-1582 (1985b)
- 3) Holappa, L. D. and Blum, U.: Effects of exogenously applied ferulic acid, a potential allelopathic compound, on leaf growth, water utilization and endogenous abscissic acid levels of tomato, cucumber and bean, *J. Chem. Ecol.*, 17: 865-885 (1991)
- 4) 浅尾俊樹, 梅山元正, 太田勝巳, 細木高志, 伊藤憲弘, 植田尚文: 水耕キュウリの培養液非交換による収量の減少と活性炭添加による回復, *園学雑*, 67: 99-105 (1998)
- 5) 浅尾俊樹, M. H. R. Pramanik, 富田浩平, 大場友美子, 太田勝巳, 細木高志, 松井佳久: 水耕キュウリの培養液から分離したフェノール物質が果実収量に及ぼす影響, *園学雑*, 68: 847-853 (1999)
- 6) Lyu, S. W. and Blum, U.: Effects of ferulic acid, an allelopathic compound, on net P, K, and water uptake by cucumber seedlings in a split-root system, *J. Chem. Ecol.*, 16: 2429-2439 (1990)
- 7) Shann, J. R. and Blum, U.: The uptake of ferulic and *p*-hydroxybenzoic acids by cucumis sativus, *Phytochemistry*, 26: 2959-2964 (1987)
- 8) Rice, E. L.: Allelopathy. Academic Press, Orlando, Florida., pp. 422 (1984)