

양파 根端 細胞의 有絲分裂에 미치는 담배연기 水溶液의 影響

羅海允·蘇雄永*
全北大學校 自然科學大學 生物學科

담배연기 水溶性 物質 및 그 抽出成分인 니코틴과 카테콜이 植物의 근단세포에 미치는 影響을 究明하기 위하여 양파(*Allium cepa* L.)의 근단에 처리한 결과 植物細胞에 유독한 影響을 미쳤으며 농도가 높을 수록 染色體 이상을 증가하는 반면 分열지수는 점점 감소하는 경향을 보여주었다. 染色體 이상은 중기에서 polyploid, c-mitosis, stickness, 후기나 말기에 laggard나 bridge, 중간기에 micronucleus나 abnormal nucleus 등이 나타났다. 이러한 成分들을 각각 24시간 처리하였을 때 담배연기 수용액은 29.7%, 니코틴 15.8%, 카테콜 13.0%으로 染色體 異常을 유발시켰다.

주요어: 담배연기 수용액, 카테콜, 니코틴, 유사분열 이상, 양파뿌리 세포

植物體는 汚染된 廢水나 空氣 등의 環境의 요인에 의해, 또는 多様な 植物 生長 調節物質 處理에 의한 影響을 받으며 자라게 되는 경우가 있다. 때로는 農村에서 畝담배 收穫 후 잔여물을 저지압일 때 야외에서 燒却시키면 논물에 연기가 녹아 들어가 물빛까지 변할 정도의 濃度가 되어 植物 生長에 상당한 影響을 주게 되는 경우도 있다.

이와 같은 담배 연기는 動·植物의 細胞에 다양한 變化를 일으킨다고(Nakanishi *et al.*, 1959; Izard *et al.*, 1970; Izard and Moree-Testa, 1971; Izard, 1972) 알려져 있다. 즉 細胞의 機能 抑制(Wynder *et al.*, 1953; Anderson and Sowers, 1970; Leuchtenberger and Leuchtenberger, 1970), 細胞 分裂指數 異常은(Izard *et al.*, 1970; Izard and Moree-Testa, 1971; Izard, 1972) 물론 染色體 異常 등(Awa *et al.*, 1961; Mizutani, 1962; Thayer and Kensler, 1964; Bhalla *et al.*, 1972, 1973, 1974, 1976)을 誘發시킨다. 過去 많은 연구에서 가스상태에서의 담배연기 凝縮物이나 그것의 抽出物을 動物에 處理하여(Nakanish *et al.*, 1959; Bouchard and May, 1960; Awa *et al.*, 1961; Thayer and Kensler, 1964) 染色體 異常이 觀察되었으며, 그것들이 癌의 發生 원인이 된다는 사실도 밝혀진 바 있다(Wynder *et al.*, 1953). 또한 가스상태에서의 담배연기를 양파에 人工的으로 처리하여 染色體 異常 및 分裂指數 異常에 관하여 연구 報告된 사실도 있다. 수천여종의 담배 연기 성분 중 1-Naphtonitrile,

2-Naphtonitrile, 9-Fluorenone 등과 같은 담배 煙氣成分을 양파根端到 처리하였을 때, binucleus 및 trinucleus 현상이 관찰된다는 사실의 연구도 있다(Kochhar *et al.*, 1971; Bhalla *et al.*, 1972, 1973, 1974, 1976; Panday *et al.*, 1977). 이렇게 染色體 異常을 誘發시키는 연구가 이뤄진 반면 그 原因 分析에 대한 연구는 아직까지 별로 찾아볼 수 없다.

自然狀態에서의 담배 연기 성분 중 수용성 물질, 담배연기 성분 중의 하나인 니트로소아민 계통의 니코틴 및 조기발암성 물질로 알려져 있는 카테콜과 같은 물질들이 植物의 有絲分裂相에 어떠한 影響을 미치는지에 대한 연구는 아직까지 시도된 바가 없다. 따라서 여러 가지 성분으로 되어 있는 담배 연기 수용액과 그 성분 중의 하나인 니코틴 및 카테콜이 근단 細胞에 처리되었을 경우에 細胞分裂 및 染色體에 미치는 影響을 구명하기 위하여 본 연구를 시도하였다.

材料 및 方法

材料植物

양파(*Allium cepa* L.) 인경의 아랫쪽 끝부분이 30 mL의 蒸溜水가 담긴 비이커에 잠기게 하여 25±1°C 어두운 곳에서 12시간 간격으로 물을 갈아주면서 약 36-48시간 培養하여 뿌리의 길이가 2cm쯤 되었을 때 根端을 材料로 취하였다.

*교신저자: Fax (0652) 70-3315

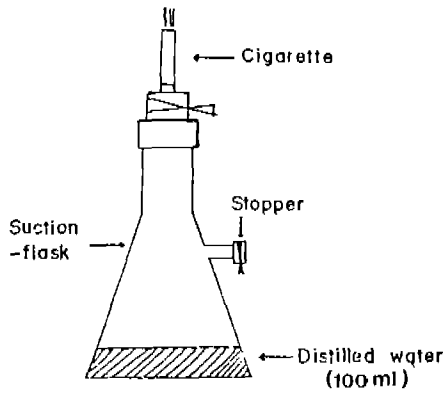


Fig. 1. Erlenmeyer suction flask containing 100 mL of distilled water.

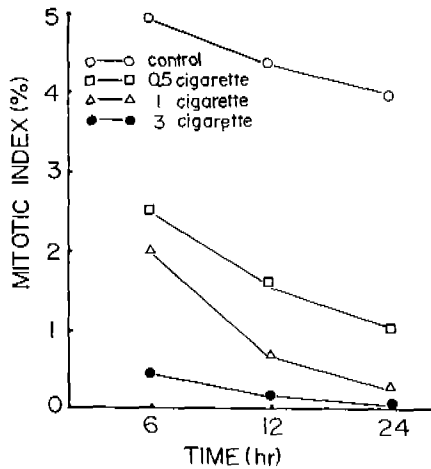


Fig. 2. Mitotic index of *Allium cepa* L. root tip cells treated with various concentrations of tobacco smoke solution for 6, 12 and 24 h.

담배연기 凝縮物 및 담배연기 成分 處理

니코틴과 타르함량이 비교적 많은 청자담배를 구입하여 Fig. 1과 같이 suction flask내를 眞空狀態로 만든 후 각각 0.5, 1, 3개피씩 태워 100 mL 2차 蒸溜수에 완전히 녹였다. 이때 연기가 증류수에 잘 녹게 하기 위하여 flask 주위를 열음으로 채운 후 잘 흔들어 주었고 이와 같은 방법으로 해서 얻어낸 담배연기 수용액 그리고 니코틴 및 카테콜은 각각 농도구배에 의한 처리군에 양파의 근단세포를 각각 6, 12 및 24시간씩 25±1°C의 어두운 곳에서 처리한 후 2차 증류수에 다시 12시간 배양시켰다.

染色體 異常의 확인

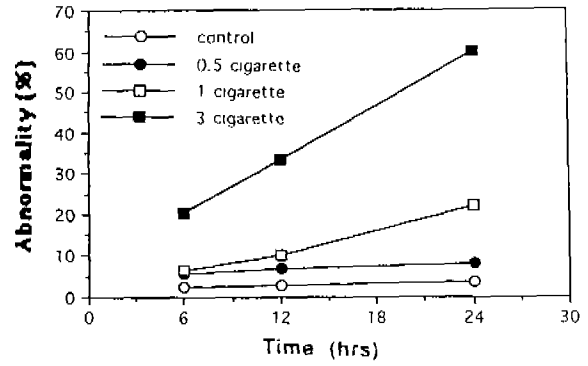


Fig. 3. Abnormality of *Allium cepa* L. root tip cells treated with various concentrations of tobacco smoke solution for 6, 12 and 24 h.

담배연기 수용액, 니코틴 및 카테콜이 處理된 뿌리를 2cm로 잘라 0.05% colchicine에 浸漬시켜 감압처리를 5분간 시킨 후 室溫에서 약 3시간 前處理하였다. 단 構造的異常을 觀察할 때는 前處理 過程을 거치지 않았다. 前處理 過程이 끝난 양파뿌리를 蒸溜수에 2-3회 씻은 후 1:3의 acetic acid: alcohol에 넣어 4°C에서 약 2시간 固定시켜 70% 에탄올에 넣어 4°C에서 貯藏하였다.

染色體 觀察을 하기 위하여 固定된 材料를 60°C 1N HCl에서 약 10-15분간 가수분해시킨 후 45% acetic acid에 약 5분간 浸漬시킨 다음, carbol fuchsin 染色液에 약 1시간 정도 染色하여 보라색으로 染色된 根端 部分만을 squashing한 후 光學顯微鏡 아래서 無作為로 약 5000개의 細胞를 관찰하였다.

結 果

담배연기 水溶液의 影響

담배의 0.5, 1 및 3개피 수용액에서 根端部를 배양하다가 각각 蒸溜수에 12시간 배양하였을 때 1 또는 3개피의 담배연기 水溶液에 처리한 뿌리는 거의 伸長生長이 이루어지지 않은 반면 0.5개피의 수용액에 처리된 뿌리는 伸長生長이 이루어지지만 對照區보다는 저조한 것을 觀察할 수가 있었다.

分裂指數 및 染色體 異常을 觀察해 본 結果 수용액의 濃도가 높아질 수록 그리고 水溶液 處理時間이 6, 12 및 24시간으로 길어질 수록 分裂指數는 점점 減少하는 傾向을 보였다(Fig. 2). 이와는 반대로 染色體異常 頻度는 水溶液의 濃도가 높아질 수록 그리고 처리시간이 길어짐에 따라서 높은 빈도의 染色體異常이 觀察되었다(Fig. 3). 즉 0.5개피 녹인 水溶液에 6시간 처리한 것의 異常 染色體頻度는 5.5%인데 3개피의 수용액에 12 및 24시간 처리한 것은 각각 33.3% 및 60.0%로 훨씬 높게

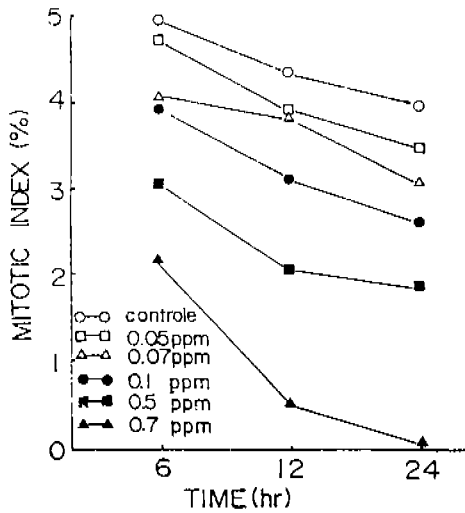


Fig. 4. Mitotic index of *Allium cepa* L. root tip cells treated with various concentrations of nicotine for 6, 12 and 24 h.

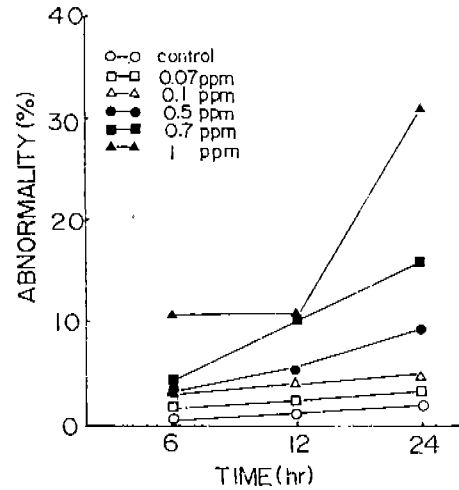


Fig. 5. Chromosomal abnormality of *Allium cepa* L. root tip cells treated with various concentrations of nicotine for 6, 12 and 24 h.

Table 1. Chromosomal abnormality of *Allium cepa* L. root tip cells treated with tobacco smoke solution, nicotine, and catechol

Treatments	Abnormal chromosome (%) of						
	c-Mitosis	Bridge	Laggard	Micronucleus	Abnormal nucleus	Polyploid	Stickness
Tobacco smoke Solution	36.4± 5.2 ^a	27.3± 2.7	20.5± 1.7	9.1± 2.1	6.7± 2.1		
Nicotine	29.3± 5.2	51.0± 4.3	12.3± 1.2	7.3± 1.1	1.2± 0.1	0.1± 0.1	0.9± 0.4
Catechol	26.8± 5.2	41.0± 4.8	11.3± 1.7	5.0± 0.5	2.3± 0.6	10.3± 0.5	2.0± 0.3

^aAverage values± standard deviation from three experiments with duplicates.

관찰되었다.

또한 染色體異常에는 c-mitosis가 36.4%로 가장 높으며, bridge가 약 27.3%, laggard 20.5%, micronucleus 9.1%, 그리고 abnormal nucleus가 6.7%의 순으로 낮은 頻度를 나타내었다(Table 1). 이러한 경향은 니코틴과 카테콜 처리시에도 비슷하게 관찰되었다(Figs. 8, 1-6). 染色體의 수적 이상은 아주 드물게 나타났으나 2n(=16)보다 수가 적은 hypoploid, 染色體 수가 24개인 triploid 및 32개인 tetraploid 등이 觀察되었다(Fig. 9).

니코틴의 影響

담배연기 성분들 중의 하나이며, 發癌性 物質로 알려져 있는 니코틴 0.05, 0.07, 0.1, 0.5 및 0.7 ppm을 각각 양파의 根端에 6, 12 및 24시간 처리한 결과 再生段階에서 0.5 ppm과 0.7 ppm에서는 거의 뿌리의 신장생장이 일어나지 않았다. 반면에 0.07 ppm과 0.1 ppm 濃度에서는 伸長生長이 일어났으나 對照區보다는 저조한 것을 觀察할 수 있었으며, 0.05 ppm에서는 對照區와 거의 類似한 生長을 볼 수가 있었다. 分裂指數는 높은

濃度에서 니코틴의 강한 毒性으로 인하여 거의 모든 細胞가 分裂을 멈춘 中間기 상태의 세포 뿐으로 약 5000개의 세포당 2-3개의 分裂細胞만을 觀察할 수 있었다. 즉 0.7 ppm을 12 및 24시간 처리할 경우에는 약 0.6% 및 0.2%의 아주 낮은 分裂指數를 나타낸 반면, 0.05 ppm에서는 對照區와 거의 유사한 약 4.7%의 分裂頻度를 나타내었다(Fig. 4).

染色體 異常頻度는 0.05, 0.07, 0.1, 0.5 및 0.7 ppm을 24시간 처리하였을 때 각각 5.8, 6.3, 6.9, 10.2 및 50.0%의 傾向을 보였다(Fig. 5). 染色體異常은 c-mitosis, single bridge, double bridge, abnormal nucleus, micronucleus, polyploid, laggard 및 stickness 등이 나타났으며(Figs. 8, 9; 6-8), 담배연기 水溶液 처리시와는 달리 bridge가 51.0%, c-mitosis 29.3% 그리고 stickness가 0.9%의 頻度로 觀察되었다(Table 1).

카테콜의 影響

담배연기 성분들 중 早發癌性 物質로 알려져 있는 카테콜을 0.07, 0.1, 0.5, 0.7 및 1 ppm의 濃度로 처리하였을 때 再生段

考 察

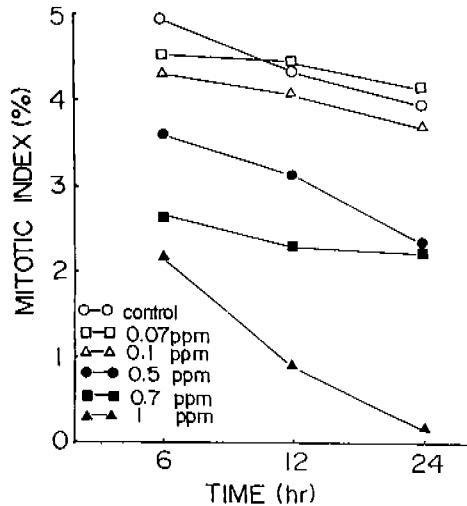


Fig. 6. Mitotic index of *Allium cepa* L. root tip cells treated with various concentrations of catechol for 6, 12 and 24 h.

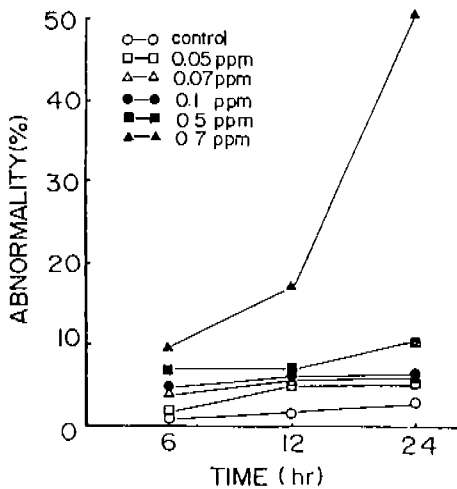


Fig. 7. Chromosomal abnormality of *Allium cepa* L. root tip cells treated with various concentrations of catechol for 6, 12 and 24 h.

階에서 1 ppm을 제외한 다른 濃度에서는 뿌리의 伸長生長이 일어났다.

分裂頻度는 0.07 ppm에서는 對照區와 거의 유사하게 나타났으며, 1 ppm을 24시간 처리했을 때 0.2%로 아주 낮은 頻度를 觀察할 수 있었다(Fig. 6). 染色體異常 頻度는 각 濃度를 24시간 處理했을 때 각각 27.3, 16.7, 9.2, 6.3 및 5.5%로 나타났다(Fig. 7). 異常染色體 역시 bridge, c-mitosis, micronucleus, laggard, abnormal nucleus, polyploid 및 stickness 등 다양하게 觀察되었으며(Figs. 8, 9; 6-8) bridge가 41.0%, c-mitosis의 빈도가 26.8%로 높았고, stickness 2.0%로 낮게 나타났다(Table 1).

담배연기 수용액, 니코틴 및 카테콜의 농도와 처리시간이 증가되어짐에 따라 염색체 이상빈도는 점점 증가하였으나 세포 분열지수는 감소하는 것으로 관찰되었다. 이러한 결과는 지금까지 보고된 연구에서(Izard *et al.*, 1970; Izard and Moree-Testa, 1971; Izard, 1972; Bhalla *et al.*, 1972, 1973, 1974, 1976; Pandey *et al.*, 1977) 가스상태의 담배연기와 抽出成分들을 植物細胞에 처리하였을 때, 또한 동물세포를 재료로 하였을 때 (Awa *et al.*, 1961; Mizutani, 1962; Thayer and Kensler, 1964; Porter *et al.*, 1969) 染色體 異常頻度와 細胞分裂指數에 상당한 영향을 준다는 보고와 유사한 경향을 보여주고 있다. 이와 같이 담배연기 수용액 및 그 추출성분인 니코틴과 카테콜은 식물 세포에서도 細胞分裂 및 染色體에 異常을 유발시켜 植物生長에 커다란 영향을 미친다는 것을 보여주었다.

또한 이와 같은 결과로 볼 때 染色體 異常은 담배연기의 가스상태에서 보다 수용액 상태의 처리에서 더욱 다양한 樣相으로 나타났다(Figs. 4, 7, 10). 이러한 현상에는 중간기의 binucleus, micronucleus, abnormal nucleus, 유사분열 중기 때 stickness, c-mitosis, polyploid, 후기나 말기의 bridge(single, double, multiple), laggard가 관찰되었다. 특히 중간기에 형성되는 핵 異常 중의 하나인 binucleus는 細胞壁 形成이 이루어지지 않아 생기는 異常현상으로서, 담배연기 타르로부터 抽出된 담배연기 성분인 1-naphthonitrile, 2-naphthonitrile, 9-fluorenone을 100 ppm에서 20시간 처리했을 때 약 5-10%의 binucleus와 trinucleus가 관찰되어졌다고 보고된 바가 있다 (Sudharsan and Ramanatha 1972; Bhalla *et al.*, 1974). 정상 핵보다 아주 작은 형태로 형성되어지는 micronucleus는 이수체나 lagging chromosome이 첫 細胞分裂 終了 후, 다시 두번째 세포분열 중 말기 때 형성되어지는 異常 핵으로서(Sudharsan and Ramanatha, 1972) 특히 培養細胞에서 처리된 藥品이나 生長調節物質을 처리했을 때 많이 나타나는 이상현상으로 알려져 있다(Seo *et al.* 1988). 또한 정상핵보다 더 크거나 긴 모양의 핵을 가진 abnormal-nucleus는 배수체의 染色體가 중간기 상태로 들어갔을 때 형성되는 이상현상으로 추정되며, 植物生長調節物質을 첨가한 培地에서 정상핵보다 훨씬 크고 긴 비정상적인 핵을 관찰하여 보고한 바가 있다(Seo *et al.*, 1988).

유사분열 중기에 형성되어지는 stickness는 X-ray나 화학약품 등의 영향으로 일어나는 현상으로서 감수분열 제 1분열기의 마지막 시기에 많이 형성되며(Amer and Ali, 1968), 특히 Pandey 등(1977)은 가스상태에서의 담배연기 성분을 양파근단에 처리할 때 연기에 오래 노출된 뿌리일 수록 stickness의 形成

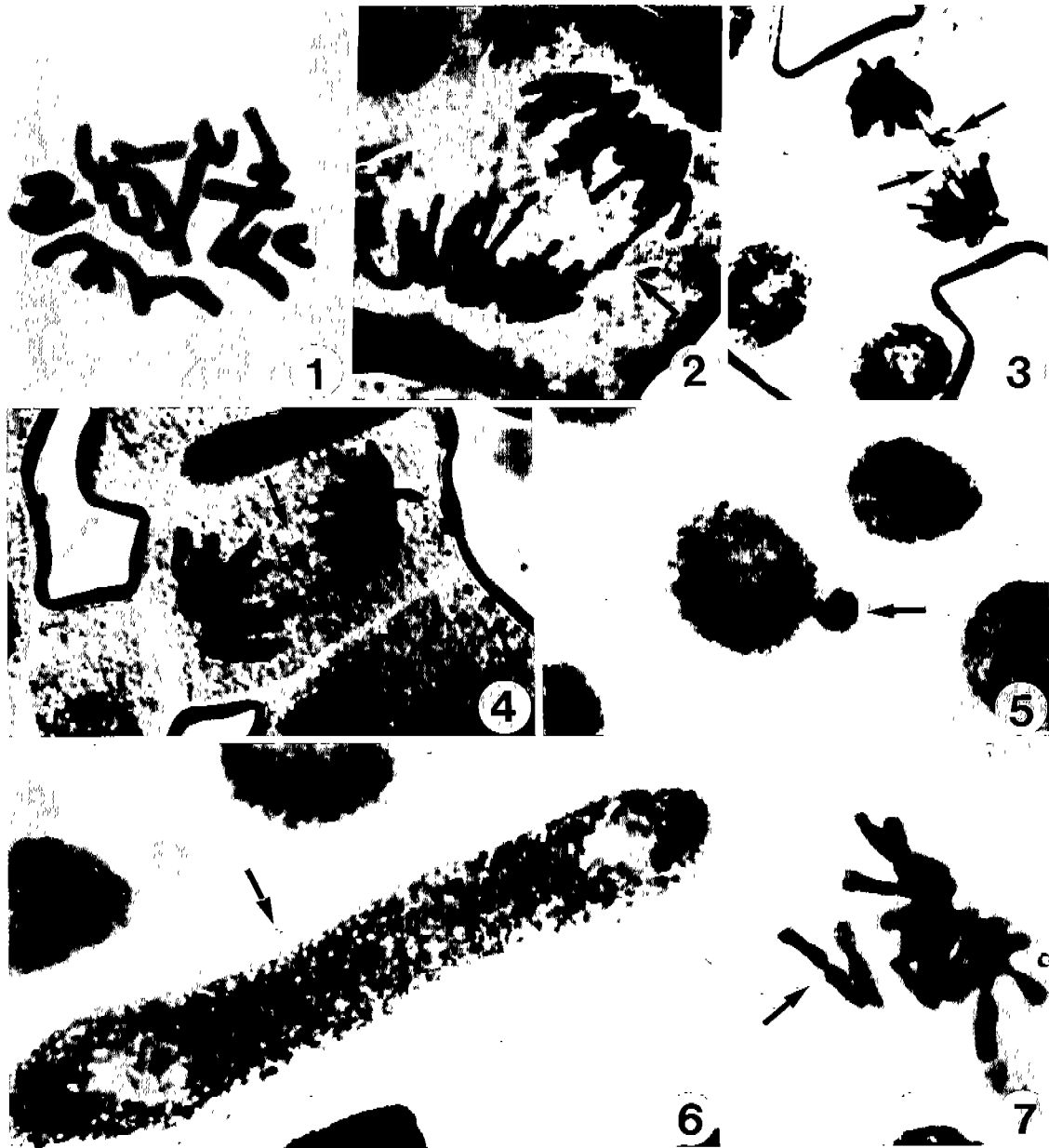


Fig. 8. Abnormality in chromosome structure of *Allium cepa* L. root tip cells treated with various concentrations of tobacco smoke solution, nicotine and catechol for 6, 12 and 24 hours. 1, C-mitosis; 2, Single stranded bridge; 3, Double stranded bridge; 4, Lagging chromosome; 5, Micronucleus at interphase; 6, Abnormal nucleus at interphase; 7, Stickiness at metaphase.

頻度は 높다고 보고한 바 있다. 본 실험에서는 담배연기 수용액 성분인 니코틴 0.7 ppm 및 카테콜 1 ppm을 24시간 처리할 때 약 2%로 觀察되었다. 細胞内に 넓게 흩어져서 X자 형태로 형성되는 c-mitosis는 방추사의 기능억제 즉 microtubule과 연관되어져 나타난다고 보고되어 있다(Prakash and Raina, 1975).

倍數性 染色體(2n=32)는 콜히친과 같은 알칼로이드 계통의

화합물에 의하여 형성되는 현상으로서(Blakesless, 1937), 가스 상태에서의 담배연기를 植物細胞에 처리했을 때 배수체가 형성된다는 보고가 있다(Pandey *et al.*, 1973). 후기나 말기에 형성되는 bridge는 propio lactone을 처리한 실험에서 처음 報告되었으며(Smith and Lofty, 1954), 이러한 bridge의 형성 요인으로서 첫째 stickiness에서 기인되고 둘째 breakage의 再結合에 의하여 dicentric chromosome의 형성에서 基因된다고

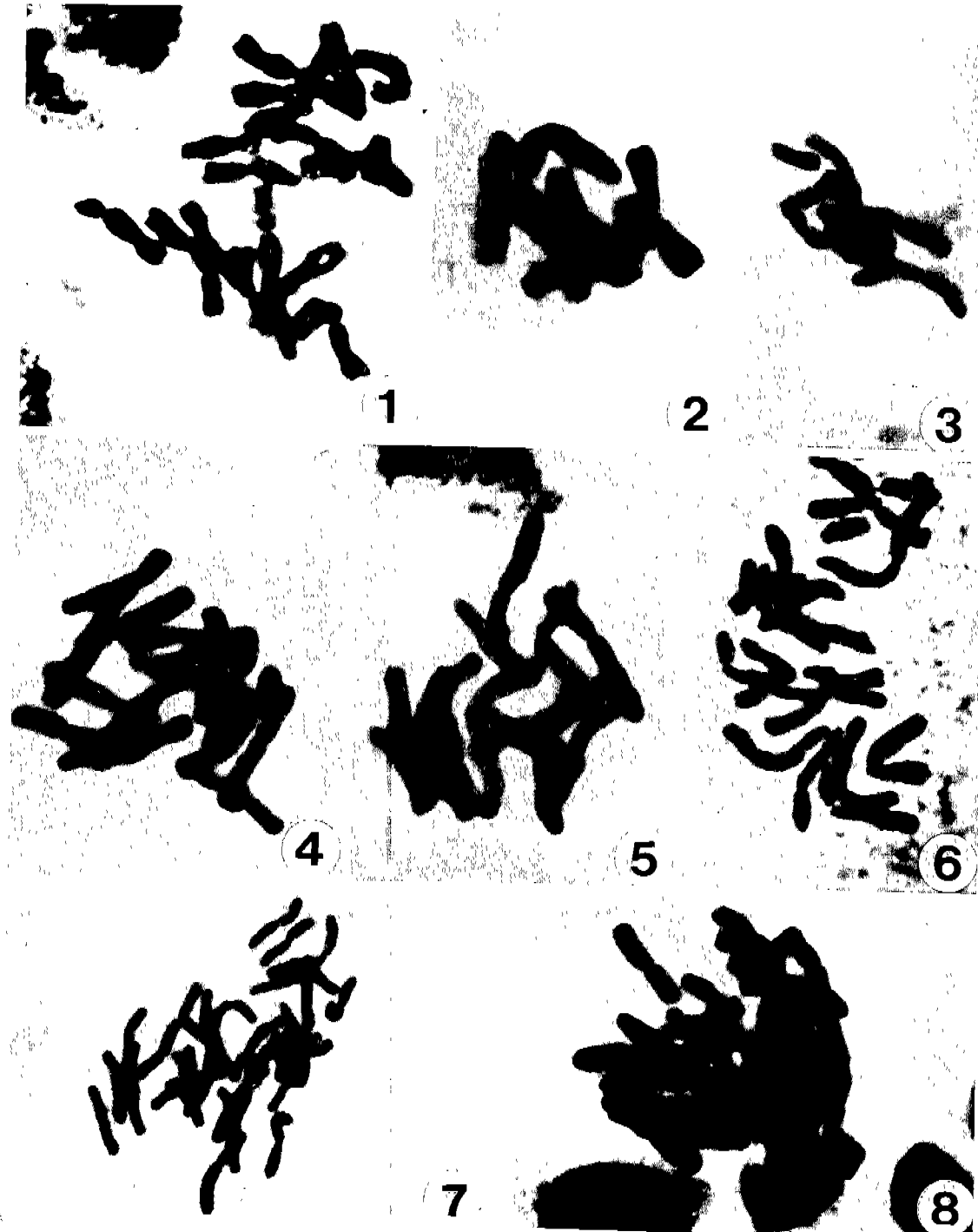


Fig. 9. Abnormality in chromosome number of *Allium cepa* L. root tip cells treated with various concentrations of tobacco smoke solution, nicotine and catechol for 6, 12 and 24 hours. 1, A diploid cell with 16 chromosomes; 2, 3, 4, 5, A hypodiploid cell with chromosome of various number; 6, 7, A triploid cell with 24 chromosomes; 8, A tetraploid cell with 32 chromosomes

報告되었다(Sudharsan and Ramanatha, 1972). 본 實驗에서의 bridge 출현빈도는 아주 높게 관찰되었다. 兩極으로 끌려가지 못하고 赤道板에 머물러 있는 lagging chromosome은 방추사

기능 억제로 형성되는 異常 染色體로써 중간기 때 micronucleus를 이룬다(Sudharsan and Ramanatha, 1972). 이와 같이 알칼로이드 계통의 담배연기 수용액, 니코틴 및 카테콜은 특히

방추사에 커다란 영향을 미쳐서 다양한 핵이나 染色體의 이상을 유발시킨 것으로 보이며, 여러 가지 담배연기 성분들의 染色體 異常 유발의 원인을 분석하기 위하여 이들 성분과 방추사와의 관계가 뚜렷이 밝혀져야 할 것으로 사료된다.

인 용 문 헌

- Amer, S.N. and N. Ali. 1968. Cytological effects of pesticides II. Meiotic effects of some phenols. *Cytologia* 32: 153-155.
- Anderson, R.A. and J. Sowers. 1970. Tumor induction in *Nicotiana glauca* X *Nicotiana langsdorffii* by tobacco smoke condensate fraction. *Fed. Proc.* 29: 2.
- Awa, A., Y.W. Ohmuki and C.M. Pomerat. 1961. Some comparative effects of smoked paper, tobacco and cigarette on chromosomes *in vitro*. *Texas Rept. Biol. Med.* 19: 518-528.
- Bhalla, P.R., R.C. Arnold and P.S. Sabharwal. 1974. Cytological investigations on onion root-tip cells treated with some cigarette smoke. *Constituents. J. Hered.* 65: 311-313.
- Bhalla, P.R., T.S. Kochhar and P.S. Sabharwal. 1973. Induction of mitotic abnormalities in onion root-tips by tobacco smoke condensate. *Cytologia* 38: 707-712.
- Bhalla, P.R., R.C. Arnold and P.S. Sabharwal. 1974. Cytological investigations on onion root-tip cells treated with some cigarette smoke. *Constituents. J. Hered.* 65: 311-313.
- Bhalla, P.R., R.C. Arnold and P.S. Sabharwal. 1976. Cytological responses of root-tip cells of *Allium sativum* to smoke Puffs from various types of cigarettes. *Cytologia* 41: 543-551.
- Blakesless, A.F. 1937. Doublement du nombre de chromosomes chez les plantes par traitement chimique. *C. R. Acad. Socis* 205: 476-479.
- Bouchard, J. and R.M. May. 1960. L'effect des goudrons de tabac sur les griffes sous-capsulaires de pownon chez la souris. *Arch. Anat. Microscop. Morphol. Exptl.* 49: 307-332.
- Izard, C.M., D. Valadud and P. Moree-Testa. 1970. Sur l'activite chromatoclasique et mitoclasique de certaines fractions de goudrons de fumée de cigarette. *C. R. Acad. SC. Paris.* 270: 2457-2459.
- Izard, C.M. and P. Moree-Testa. 1971. Activite mitoclasique et aberrations chromosomiques induites par les aberrations indentifiées dans une fraction de goudron de fumée de cigarette. *C. R. Acad. SC. Paris.* 272: 2581-2583.
- Izard, C.M. 1972. Action de la *N*-methy-*N*-nitrosoguanidine et β -propiolactone sur la division cellulaire de *Vicia faba* en presence d'hydroquinone. *C. R. Acad. S. C. Paris.* 274: 1660-1662.
- Kochhar, T.S., P.R. Bhalla and P.S. Sabharwal. 1971. Effect of tobacco smoke components on organogenesis in plant tissue. *Plant and Cell Physiol.* 12: 603-608.
- Leuchtenberger, C. and R. Leuchtenberger. 1970. Differential cytological and cytochemical response of various culture from mouse tissue to repeated exposures from the gasphase of charcoal-filtered fresh cigarette smoke. *Exp. Cell Res.* 62: 161-172.
- Mizutani, M. 1962. A preliminary study of the effect of cigarette smoke and air pollution upon cells in culture. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido-univ. Ser. VI. Zool* 15: 18-21.
- Nakanish, Y.H., M. Mizutani and C.M. Pomerat. 1959. Smoke condensates on lung cells in tissue culture with special reference to chromosomal changes. *Texas Rept. Biol. Med.* 17: 542-590.
- Pandey, K.N., J.F. Benner and P.S. Sabharwal. 1977. Cytogenetic effects of the gaseous-phase of cigarette smoke on root-tip cells of *Allium sativum* L. *Envir. and Exper. Bot.* 18: 67-75.
- Porter, I.H., W.H. Benedict, C.D. Brown and B. Paul. 1969. Recent advances in molecular pathology: A review, some aspects of chromosome changes in cancer. *Exper. Mole. Path.* 11: 340-367.
- Prakash, N. and S.N. Raina. 1975. Cytological assay of c-mitotic potency colchicine obtained from *Glorisa superba* L. *Cytologia* 40: 751-757.
- Seo, B.B., H.H. Kim and C.H. Yoo. 1988. Karyological variation of the callus in shallot *Allium wakegi*. *Korean J. Genetics* 10-3: 184-190.
- Smith, H.H. and T.A. Lofty. 1954. Comparative effects of betapropiolactone and cetylpyridinium chloride on chromosomes of *Vicia* and *Allium*. *Genetics* 39: 994.
- Sudharsan R.A. and V. Ramanatha. 1972. Cytological studies in *Vicia faba* L. treated with lathrogens. *Cytologia* 37: 245-256.
- Thayer, P.S. and C.J. Kensler. 1964. Cigarette Smoke: charcoal-filters reduce components that inhibit growth of cultured human cells. *Science* 146: 642-644.
- Wynder, E.L., E.A. Graham and A.B. Croninger. 1953. Experimental production of carcinoma with cigarette tar. *Cancer Res.* 13: 885-864.

(1993. 11. 24 接受)

Effect of Tobacco Smoke Solution on Mitotic Abnormalities in
Root Tip Cells of *Allium cepa* L.

Na, Hae Yun and Woong Young Soh*
Department of Biology, Chonbuk National University, Chonju

ABSTRACT

The present work was conducted to examine the effect of tobacco smoke solution, and its components such as nicotine and catechol treated separately on the root tip cells of *Allium cepa* L. The mitotic abnormalities in root tip cells treated with those three components were increased linearly, while the mitotic index was decreased following concentrations of the components. Chromosomal abnormalities showed 29.7%, 15.8% and 13.0% in the treatment of tobacco smoke solution, nicotine, and catechol, respectively. The abnormalities were included polyploid, c-mitosis, stickness at metaphase, laggard, bridge formation at anaphase or telophase, and micronucleus, abnormal nucleus at interphase, after the treatment of the components for 24 hours.

Key words: Tobacco smoke solution, catechol, nicotine, mitotic abnormality, *Allium root cell*

*Corresponding author: Fax 82-652-70-3315