

Fusarium oxysporum 및 分化型의 염색체에 관한 연구(II)

閔丙禮

상명여자대학교 생물학과

Chromosomal Studies of *Fusarium oxysporum* and its formae speciales (II)

Byung-Re Min

Department of Biology, Sangmyung Women's University, Seoul 110-743, Korea.

ABSTRACT: The mitotic nuclear divisions in hyphae and chromosome number in 10 strains of *Fusarium oxysporum* were studied with the aid of Giemsa-HCl techniques. The chromosome number of fungi was ranged from 4 to 8. Of the 10 strains (*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *F. oxysporum* Kangnung D2) are $n=4$; two (*F. oxysporum* Sachun3, *F. oxysporum* S Kohung D2) $n=5$; five (*F. oxysporum* S Kohung 3, *F. oxysporum* CS Hongchun D16, *F. oxysporum* S Bosung 5, *F. oxysporum* S Sunchun 4 and *F. oxysporum* S Haenam 4) $n=7$ and one (*F. oxysporum* from the Australia) are $n=8$. These results along with my previous papers indicate that the basic chromosome number of the *F. oxysporum* may be $n=4$ and may have been evolutionary modification within this fungal group through diploidy and aneuploidy. As additional strains are studied, the chromosome number should help to reveal steps possible phylogenetic relationship within the group as well as more clearly defining taxonomic group and variation factors.

KEYWORDS: *Fusarium oxysporum*, Giemsa-HCl techniques, Chromosome number.

중요한 식물병원균 중의 하나인 *Fusarium* 속은, 최근에는 동물과 사람에게도 질병을 일으키는 mycotoxin을 생성하는 균으로서도 알려져 있다 (Nelsen 등, 1983). *Fusarium* 속 중에서도 특히 *Fusarium oxysporum*은 많은 수의 formae speciales과 races가 있는 것으로 알려져 있다 (Gordon, 1965; Armstrong, 1968; Gerlach, 1982). 이렇게 다양한 변이가 나타나는 균종이지만 이들에 대한 세포학적인 연구는 매우 미비한 편이다. 본인은 앞서 *Fusarium oxysporum*의 8분화형과 2균주를 재료로 균사내에서의 영양핵의 분열상을 관찰하고 그들의 염색체 수를 보고한 바 있다 (Min, 1988). 본 연구에서는 그밖에 1분화형과 9균주에 대한 연구를 추가하여 보고하는 바이다.

材料 및 方法

실험재료는 동국대학교, 농촌진흥청, 서울대 농과대학, Australia의 Sydney대학 등으로부터 구입한 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *F. oxysporum* Kangnung D2, *F. oxysporum* S Sachun 3, *F. oxysporum* S Kohung 3, *F. oxysporum* S Kohung 2, *F. oxysporum* CS Hongchun D16, *F. oxysporum* S Bosung 5, *F. oxysporum* S Sunchun 4, *F. oxysporum* S Haenam 4와 Australia의 *F. oxysporum* 1439 등의 10균주에 대하여 연구하였다.

균주의 배양방법, 실험방법, 관찰 및 현미경 사진촬영 방법 등은 앞서의 방법과 동일하다 (Min,

본 논문은 1987년도 문교부 학술연구조성비의 지원에 의하여 연구되었음.

1982).

結果 및 考察

Fusarium oxysporum 9균주와 *F. oxysporum f. sp. lycopersici*를 포함한 10균주에 대한 균사 내의 핵분열을 관찰하고 염색체의 수를 관찰한 결과는 Table I과 같다.

실험한 모든 재료에서, 다른 균류에서와 마찬가지로 정상적인 핵분열과 dot(點) 모양의 염색체를 관찰할 수가 있었다. 한 세포내에서 여러개의 핵이 거의 동시에 분열한다는 다른 학자들의 보문(Koenig 등, 1962; Aist 등, 1967b; Bilai 등, 1972)과 일치하였으며, 핵분열이 일어나는 시간이 매우 짧으며(Aist 등, 1972) 관찰된 염색체의 크기가 매우 작은 점(Howson 등, 1963) 등도 동일하였다. 본 실험에서 관찰한 10균주들의 핵분열상과 염색체는 Plate 1과 같다.

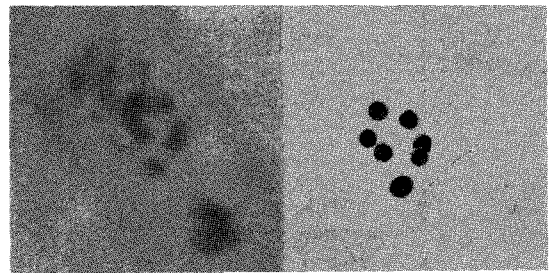
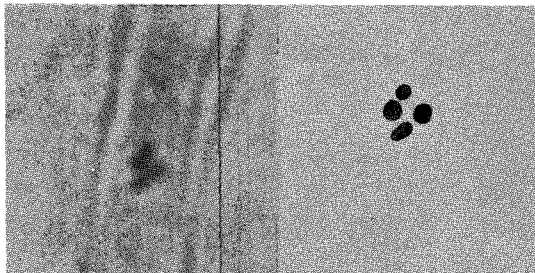
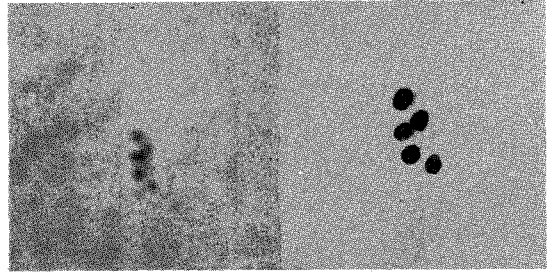
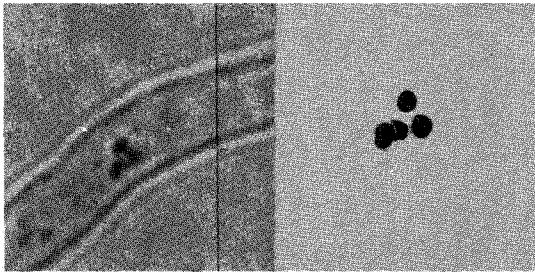
본인이 앞서 보고하였던(Min, 1988) *F. oxysporum* 2균주와 분화형 8균주 등의 10균주에 대한 결과와 본 연구에서 관찰된 *F. oxysporum* 9균주와 분화형 1균주 등에서 관찰된 염색체 수를 비교하여 보면 전체적으로 반수체 염색체의 수는

Table I. The chromosome number of *Fusarium oxysporum*.

<i>Fusarium oxysporum</i>	Chromosome number (n)
<i>F. oxysporum f. sp. lycopersici</i>	4
<i>F. oxysporum</i> Kangnung D2	4
<i>F. oxysporum</i> S Sachun 3	5
<i>F. oxysporum</i> S Kohung 2	5
<i>F. oxysporum</i> S Kochun 3	7
<i>F. oxysporum</i> CS Hongchun D16	7
<i>F. oxysporum</i> S Bosung 5	7
<i>F. oxysporum</i> S Sunchun 4	7
<i>F. oxysporum</i> S Haenam 4	7
<i>F. oxysporum</i> 1439 (from Australia)	8

4-8개 사이에 있었다. 이는 현재까지 밝혀진 균류의 대부분이 4-8개의 염색체를 가지고 있다는 보고(Olive, 1965; Fuller 1976; Min, 1981) 등을 볼 때, *Fusarium oxysporum*도 동일한 범주에 속하는 것을 알 수 있었다(Table II).

연구된 *Fusarium oxysporum*의 20균주 중에서 n=7개가 가장 많은 수의 8균주에서 관찰되었고, Australia로부터 분양받은 *F. oxysporum* 1439



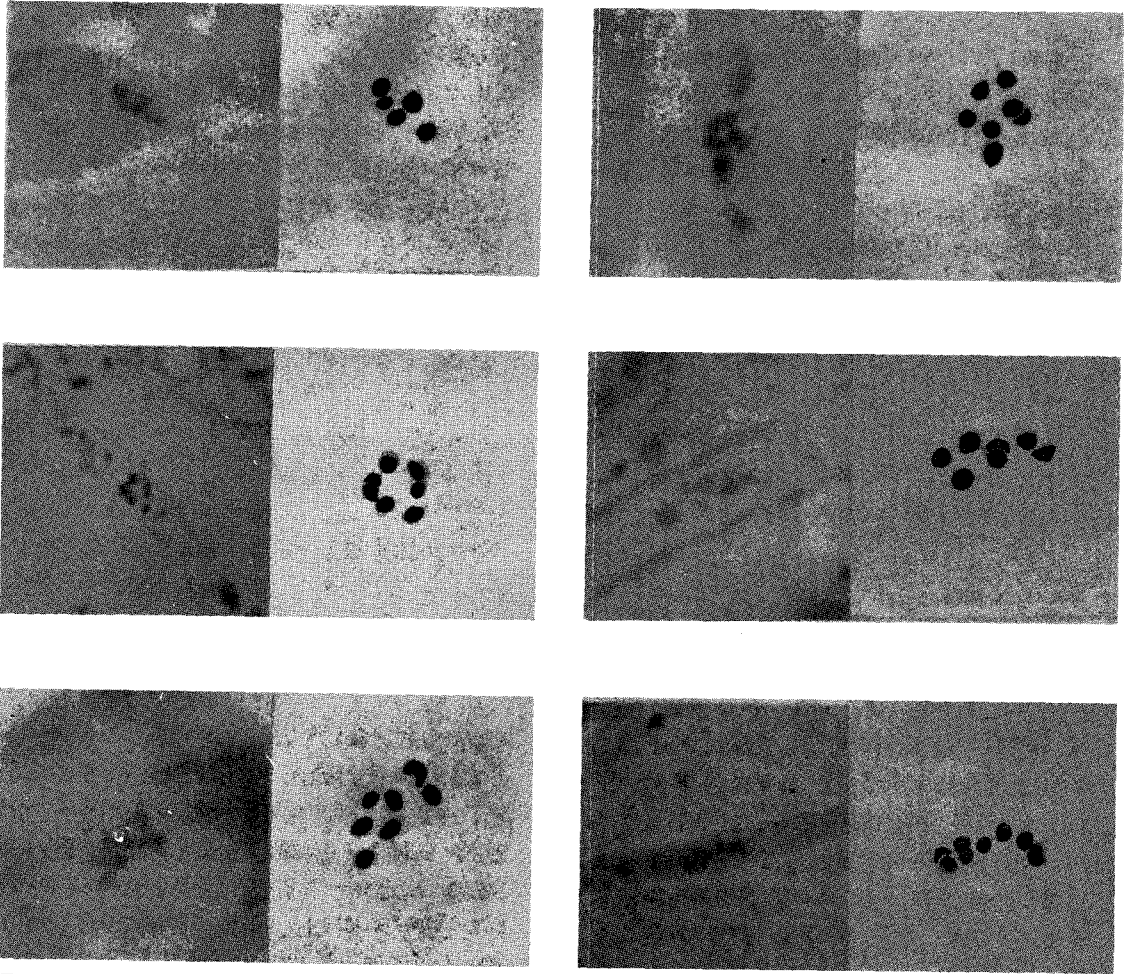


Plate 1: The Chromosome of *Fusarium oxysporum*

- 1) *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*
- 2) *F. oxysporum* Kangnung D2
- 3) *F. oxysporum* S Sachun 3
- 4) *F. oxysporum* S Kohung 3
- 5) *F. oxysporum* S kohung 2
- 6) *F. oxysporum* CS Hongchun D16
- 7) *F. oxysporum* S Bosung 5
- 8) *F. oxysporum* S Sunchun 4
- 9) *F. oxysporum* S Haenam 4
- 10) *F. oxysporum* 1439 (from Australia)

Table II. The chromosome number and the number of strains

Chromosome number	Number of strains
4	4
5	5
6	2
7	8
8	1
Total	20

의 한 균주만이 $n=8$ 개를 관찰되었다. 이러한 본인의 연구 결과는 Punithalingan (1975)과 Booth (1977)가 *F. oxysporum*의 염색체는 $n=12$ 개로 보고한 바와 차이가 있었다. *F. oxysporum*의 다른 분화형이나 균주 등에서의 보고는 아직 없다.

F. oxysporum 한 종안에서의 여러 균주들에 따라 염색체 수가 차이가 나며, 다른 학자들의 보고와도 다른 점에 대하여 여러가지 면에서 검토되어 질 수 있다.

본인이 연구한 재료 중에서 *F. oxysporum*

Kohung 3과 *F. oxysporum* Kohung 2는 $n=7$ 개와 $n=5$ 개로 차이가 있었고, *F. oxysporum* C S Hongchun D16과 *F. oxysporum* S Hongchun D2에서도 $n=7$ 개와 $n=4$ 개로 염색체 수가 다른 것을 볼 수 있었다. 이는 Joffe(Joffe 등, 1974) 등이 Israel 토양에서 분리 동정한 *Fusarium oxysporum*의 경우에 땅의 깊이에 따라 포자의 격막 수에 차이가 있었고 또한 토양의 비옥도에 따라서 포자의 크기가 달라졌다고 하는 보고를 고려할 때 동일한 지방의 토양이라 하더라도 변이가 있을 수 있음을 알 수가 있다.

또한 *Fusarium oxysporum* 내에서의 formae speciales의 구별은 host-specific인 것으로 설명되어 지고 있는데, 연구된 9균주들의 분화형 사이에 4-7개로 염색체 수의 차이가 있음을 볼 때 기생숙주에 따라서 염색체 수에도 변이가 있음을 추정할 수가 있다.

특히 *Fusarium* 속 중에서도 *F. solani*(Matuo 등, 1973)와 *F. moniliforme*(Kuhlman, 1982) 등에서도 숙주에 따라 single morphospecies 내에서도 생식적으로 격리된 sub-groups으로 나누어 짐을 보고하였다.

그 외에도 *F. oxysporum*은 parasexual process가 일어나는 종으로 알려져 있으며(Caten, 1981), 특히 Buxton(1956)은 *F. oxysporum*의 unrelated strains 사이에 somatic diploids 형성되어 짐을 보고한 바 있다.

또 다른 *F. oxysporum* 내에서의 분화종들을 구별하는 방법으로는 Serological Methods(Tempel, 1957)에 의한 구별, Isoenzyme pattern의 차이(Meyer, 1964; Reddy, 1972), sterols와 fatty acids의 차이(Starratt, 1967) 등이 있다는 보고와 함께, 때로는 배양 중에도 돌연변이가 일어나고 있다는(Nelson 등, 1983) 사실도 보고되어 있다.

과거에도 균류에서는 동일한 종내에서도 염색체 수가 차이가 있을 수 있다는(El-Ani, 1959) 보고가 있었으며, 특히 polyploidy와 aneuploidy가 균류에서는 일반적인 것으로 보고되어 있는 점(Sansome, 1987) 등도 동일 종내에서 염색체 수의 변이가 가능함을 뒷받침하여 주고 있으며, 실

제로 Myxomycetes에 속하는 *Didymium iridis*(Collins, 1978)에서는 염색체 수가 계속 변화하고 있음이 보고되어 있다.

한편 균류의 이러한 polyploidy는 계통학적 분화과정으로 볼 수 있으며(Zmerson 등, 1954; McGinnis, 1956), 배수체가 중요한 진화의 기작이 되고 있다(Lu, 1964)는 보고와, 염색체 수가 기본염색체 수보다 많거나 또는 이배체인 개체가 염색체 수가 적은 종보다 좀 더 진화한 것(Singh, 1972)으로 설명되어 지고 있다.

이상의 여러 연구보고들과 본인의 연구결과들을 종합 검토하여 볼 때 *F. oxysporum* 내에서도 균주들에 따라 염색체 수가 다양하게 달라질 수 있음을 추정할 수 있으며 *F. oxysporum*의 기본염색체 수는 $n=4$ 개로 추정된다. 여기에서 diploidy aneuploidy 등의 변이가 있었을 것으로 사료된다.

摘 要

*Fusarium oxysporum*은 하나의 종내에 많은 formae speciales(분화종)과 races 등이 분화되어 있다. 그 중에서 10균주에 대하여 균사 내에서의 영양핵의 분열상을 찾아 Giemsa staining 용액으로 염색하여 그들의 염색체 수를 비교 관찰하였다. 균주에 따라 염색체 수에 차이가 있었으며 2균주(*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *F. oxysporum* Kangnung D2)는 $n=4$, 2균주(*F. oxysporum* S Sachun 3, *F. oxysporum* S Kohung 2)는 $n=5$, 5균주(*F. oxysporum* S Kohung 3, *F. oxysporum* CS Hongchun D16, *F. oxysporum* S Bosung 5, *F. oxysporum* S Sunchun 4, *F. oxysporum* S Haenam 4)는 $n=7$ 개를 관찰할 수 있었고 Australia의 Sydney 대학에서 분양받은 *F. oxysporum* 14-39는 $n=8$ 개로 전체로 보아 4-8개의 염색체를 관찰할 수 있었다.

본인의 앞서 보문의 결과와 종합하여 고찰할 때 *F. oxysporum*의 기본염색체 수는 반수체가 4개로 추론되며 여기에서부터 여러가지 요인으로 인하여 diploidy, aneuploidy가 되어 다양한 염색체 수를 가진 것으로 사료된다.

參考文獻

- Aist, J.R. and C.S. Wilson (1976): Chromosome behavior during vegetative nuclear division in *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology* **57**: 801 (Abstr.)
- Aist, J.R. and Williams, P.H. (1972): Ultrastructure and time course of mitosis in the fungus *Fusarium oxysporum*. *J. Cell Biol.* **55**: 368-389.
- Armstrong, G.M. and J.K. Armstrong (1968): Formae speciales and races of *Fusarium oxysporum* causing a tracheomycosis in the syndrome of disease. *Phytopathology* **58**: 1242-1246.
- Bilal, V.I. and Gorbik, L.T. (1972): A cytological study of nuclei in conidium and hyphal cells of *Mykrobiol. ZH.* **34**(4) 441-443.
- Booth, C. (1977): *Fusarium* laboratory guide to the major species. *Common. Mycol. Inst. Kew.* P. 58.
- Buxton, E.W. (1956): Heterokaryosis and parasexual recombination in pathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. *J. Gen. Microbiol.* **15**: 133-139.
- Caten, C.E. (1981) Parasexual processes in fungi. In the Fungal Nucleus. *British Mycological Society* p. 191-124.
- Collin, O.R., Therrin, C.D. and Balterley, D.A. (1978): Genetical and cytological evidence for chromosomal elimination in true slime mole, *Didymiun iridis*. *Am. J. Bot.* **65**: 660-670.
- El-Ani, A.S. (1959): Chromosome numbers in the Hypocreales I. Nuclear division in the ascus *Nectria peziza*. *Amer. J. Bot.* **46**: 412-417.
- Emerson, R. and C.M. Wilson (1954): Interspecific hybrid and the cytogenetic and cytotaxonomy of *Allomyces*. *Mycologia* **46**: 393-494.
- Fuller, M.S. (1976): Mitosis in Fungi, *Int. Rev. Cytol.* **45**: 113-153.
- Gerlach, W. and Nirenberg, H. (1982): the Genus *Fusarium*-a Pictorial Atlas. Paul Parey, Berlin.
- Gordon, W.S. (1956): Pathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. *Can. J. Bot.* **43**: 1309-1318.
- Joffe, A.Z., J. Palti and R. Arbel-Sherman (1974): *Fusarium oxysporum* Schlecht in Israel. *Pytoparasitica* **2**(2): 91-107.
- Howson, W.T., McGinnis, R.G. and Gordon W.L. (1963): Cytological studies on the perfect stages of some species of *Fusarium*. *Can. J. Genet. Cytol.* **5**: 60-64.
- Koenig, R. and Howard, F.L. (1962): Nuclear division and septum formation in hyphal tips of *Fusarium oxysporum*. *Amer. J. Bot.* **49**: 666.
- Kuhlman, E.G. (1982): Varieties of *Gibberella fujikuroi* with anamorphism *Fusarium* section *Liseola*. *Mycologia*, **74**: 759-768.
- Lu, B.C. (1964): Polyploidy in the Basidiomycete, *Cyathus stercoreus*. *Amer. J. Bot.* **51**: 343-347.
- Matuo, T. and Synder, A. (1973): Use of morphology and mating population in the identification of formae speciales in *Fusarium solani*. *Phytopathology*, **6**: 562-565.
- McGinnis, R.C. (1956): Cytological studies rust fungi III. The relationships of chromosome number to sexuality in *Puccinia*. *J. Heredity* **47**: 255-259.
- Meyer, J.A., Garber, E.D. and Shaeffer, S.G. (1964): Genetics of phyto-pathogenic fungi, 12. Detection of esterases and phosphatases in culture filtrates of *Fusarium oxysporum* and *F. xylarioides* by Starch-gel zone electrophoresis. *Bot. gaz.* **125**: 2298-300.
- Min, B.R. and Choi, Y.K. (1981): The chromosome number of fungi (I). *Kor. J. Microbiol.* **19**: 78-100.
- Min, B.R., Lee, T.J. and Choi, Y.K. (1982): Chromosomal studies on the genus *Rhizopus*. I. Chromosomal studies on 7 species of the genus *Rhizopus*. *Kor. J. Microbiol.* **20**: 134-146.
- Min, B.R. (1988): Chromosomal studies on the varieties and formae speciales of *Fusarium oxysporum* (I). *Kor. J. Mycol.* **16**(3): 157-161.
- Nelson, P.E., T.A. Toussoun and W.F.O. Maras (1983): *Fusarium* species 142-145. The Pennsylvania State Univ. Press.
- Olive, L.S. (1965): Nuclear behavior during mitosis. In "The Fungi I" *Academic Press* 143-161.
- Punithalingam, E. (1975): Cytology of some *Fusarium* species. *Nova Hedwigia* **26**: 275-304.
- Reddy, M.M. and Stahman, M.A. (1972): Isoenzyme patterns of *Fusarium* species and their significance in taxonomy. *Pytopath. Z.* **74**: 115-125.
- Sansome, E. (1987): Fungal chromosomes as observed with the light microscope. In *evolutionary biology of the fungi*. Cambridge Univ. Press. 97-113.

Singh, U.P. (1972): Morphology of chromosome in *Ravenellia* sp. *Mycologia* **64**: 205-207.

Starratt, A.N. and Madhosingh, C. (1967): Sterol and fatty acid component of mycelium of *Fusar-*

ium. *Can. J. Microbiol.* **15**: 1351-1355.

Tampel, A. (1957): Serological studies on *Fusarium oxysporum*. *Nature*. Lond. **180**: 1483.

Accepted for Publication 15 June 1989