

Fusarium 속의 염색체 분석

민 병 레

상명여자대학교 자연과학대학 생물학과

Chromosomal Studies on the Genus *Fusarium*

Min, Byung-Re

Department of Biology, College of Natural Sciences, Sang Myung Women's University,
Seoul 110-743, Korea

ABSTRACT: By use of HCl-Giemsa technique and light microscope, dividing vegetative nuclei in hyphae of *Fusarium* species were observed and the results are summarized. The chromosome number of these fungi was ranged 4 to 8. Of the 20 strains, the highest haploid chromosome number is 8 in *F. solani* S Hongchun D4, *F. moniliforme* (from banana) and *F. raphani* (from radish). The lowest is 4 in *F. sporotrichioides* NRRL 3510 and *F. equiseti* KFCC 11843 IFO 30198. *F. solani* 7468 (from Sydney), *F. solani* 7475 (from Sydney), *F. oxysporum* (from tomato), *F. roseum* (from rice), *F. sporotrichioides* C Jngsun 1, *F. equiseti* C Kosung 6 and *F. avenaceum* 46039 are $n=7$. *F. moniliforme* (from rice) *F. graminearum*, *F. proliferatum* 6787 (from Sydney), *F. proliferatum* 7459 (from Synder) and *F. anguioides* ATCC 20351 are $n=6$. *F. moniliforme* NRRL 2284, *F. poae* NRRL 3287 and *F. trincinctum* NRRL 3299 are $n=5$.

From these results, it may be concluded that the basic haploid chromosome number of the genus *Fusarium* is 4 and may have been evolutionary variation of chromosome number through aneuploidy and polyploidy.

KEY WORDS □ genus *Fusarium*, basic chromosome number, aneuploidy, polyploidy.

Fusarium 속은 식물의 병, 음식물 부패, 균독소 생성, 사람과 가축의 질병 등으로 인간과 매우 밀접한 관계를 가지고 있고 경제적으로 중요한 균종 중의 하나로 알려져 왔다. 그러나 이들에 대한 연구는 주로 식물 병리학에서 이루어져 왔으며 근래에는 의학, 수의학, 산업미생물, 생물공학에 이르기 까지 여러 분야에서 연구가 이루어지고 있다. 따라서 과거의 이들에 대한 형태학적인 분류만으로는 미흡하여 다른 방법을 통한 좀 더 명확한 분류체계를 필요로 하고 있으며 이를 위한 기초자료의 하나로서 세포학적인 연구가 요구되고 있다 (Brayford, 1989).

그러나 다른 균류에서와 마찬가지로 *Fusarium* 속도 이들의 염색체에 관한 연구가 매우 어렵기 때

문에 (Heath, 1978) 보고된 것이 몇 종에 불과하다. 본인은 이에 *Fusarium* 속 중에서 3종의 염색체 수를 보고한 바 있고 (Min, 1986) 또한 *Fusarium* 속 중에서도 가장 변이가 많은 종의 하나인 *F. oxysporum* 과 그의 분화종에 대한 연구도 발표한 바 있어 (Min, 1988, 1989) 동일종 내에서도 염색체 수에 차이가 있음을 보고한 바 있다. 본 연구에서는 *Fusarium* 속 내에서의 종간의 염색체 수를 관찰, 비교 검토하고자 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료는 ATCC, KFCC, NRRL, Aus-

본 연구는 1986-1988년도 한국과학재단의 연구비에 의하여 수행되었음

tralia 의 Sydney 대학, 동국대학교, 농촌진흥청, 서울농대 등에서 분양받은 13종, 20균주를 대상으로 하였다. 일반적으로 *Fusarium* 속은 host-specific 이고 환경에 따라 매우 빠른 변이를 하는 무리로 알려져 있으므로 동일종이라 하더라도 지역적으로 다르거나 숙주가 다른 경우 세포화적인 차이도 있는지의 여부를 비교 검토하기 위하여 재료가 선택하였다.

균주의 배양은 PDA (Potato Dextrose Agar) 배지에서 25~26°C 를 유지하면서 배양하였고 실험 재료는 접종 후 5~6일된 균사를 택하여 균사내에서의 핵분열상을 관찰하고 염색체 수를 세었다.

염색은 Giemsa Staining Sol. (Merck) 을 사용하여 앞서 발표한 방법 (Min, 1982) 을 그대로 이용하였다.

현미경 검경은 Nikon Biophot Light-Microscopy 를 사용하였고 매회 oil immersion 을 이용하여 1,500배의 배율로 관찰하였다.

매 종마다 100개 이상의 핵분열을 관찰하여 염색체 수를 세었으며, 가장 명확한 상을 사진촬영한 후 확대하여 다시 확인하고 기록을 남겼다.

결과 및 고찰

Fusarium 속의 핵분열 관찰은 접종 후 3~5일 간 배양한 aerial mycelium 에서 가장 관찰이 잘 되었다 (Plate 1). 이는 older cell 내에서는 핵분열을 관찰하는데 방해가 되는 cell organelle 수가 적으며, 또한 핵분열이 일어나는 시간이 좀 더 오래 걸린다고 하는 (Aist, 1969) 사실 외에도 배양 중의 media 에 의한 염색의 방해도 적기 때문이다.

본 연구에서 확인한 13종 20균주들에 대한 염색체 수는 Table 1과 같다.

전체적인 핵분열상은 다른 *Fusarium* 종과 (Min, 1986, 1988, 1989) 유사하였고 염색체의 수는 4-8 개로서 최근에 보고된 Brayford (1989) 의 지적과 일치되고 있다.

F. solani 는 *Fusarium* 속 중에서 여러 학자들에 의하여 분류상 여러 다른 종으로 분류되었던 종 중의 하나이다 (Gerlach, 1982). 또한 15이상의 formae specialis 이 보고되어 있고, 제한된 숙주 식물에 기생하며 토양 중에도 넓게 분포되어 있는 종으로 염색체에 대한 연구도 여러 학자들에 의하여 *Fusarium* 속 중에서는 가장 많이 연구대상이 된 종 중의 하나이다. 즉 *Fusarium solani* 의

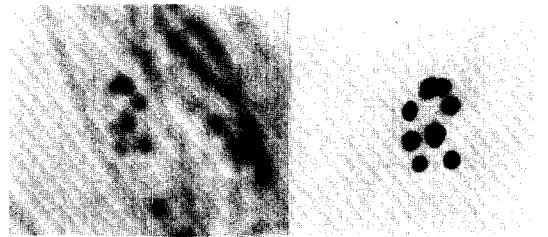
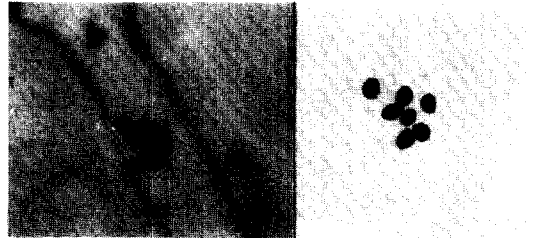
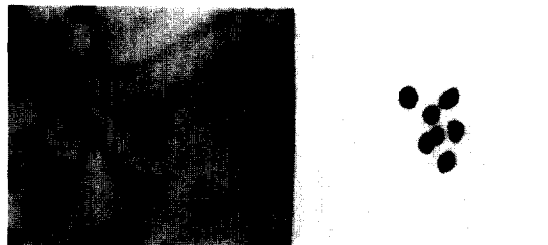


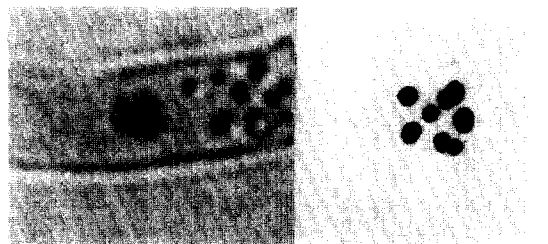
Plate 1. 1. *Fusarium solani* S Hongchun D4



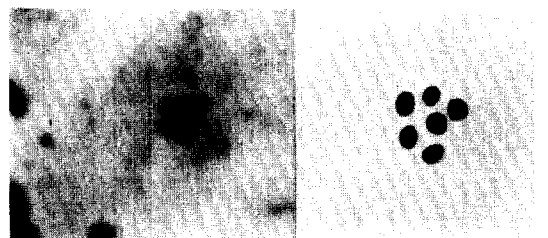
2. *Fusarium solani* 7468 (from Sydney)



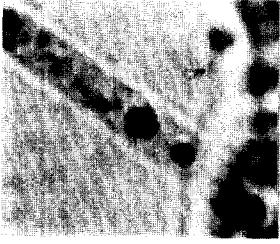
3. *Fusarium solani* 7475 (from Sydney)



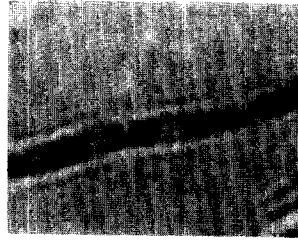
4. *Fusarium moniliforme* (from banana)



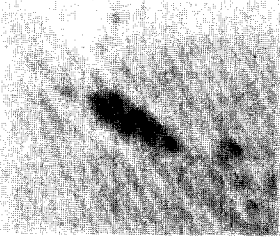
5. *Fusarium moniliforme* (from rice)



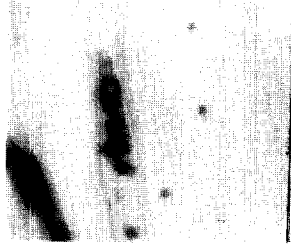
6. *Fusarium moniliforme* NRRL 2284



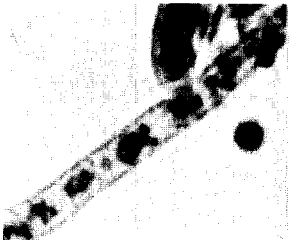
11. *Fusarium equiseti* C Kosung 6



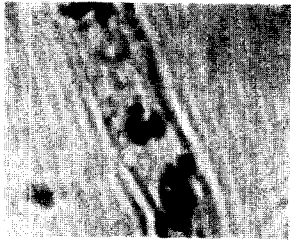
7. *Fusarium raphani* (from radish)



12. *Fusarium avenaceum* 46039



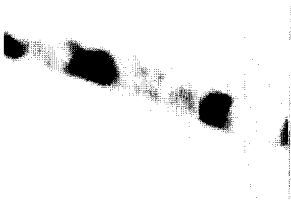
8. *Fusarium oxysporum* (from tomato)



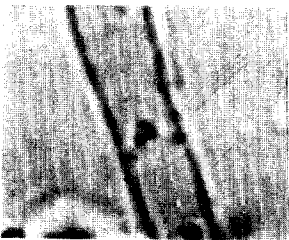
13. *Fusarium sporotrichioides* C jungsun 1



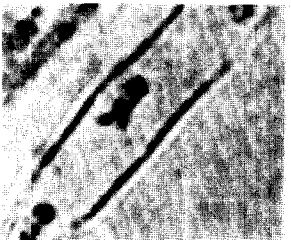
9. *Fusarium roseum* (from rice)



14. *Fusarium sporotrichioides* NRRL 3510



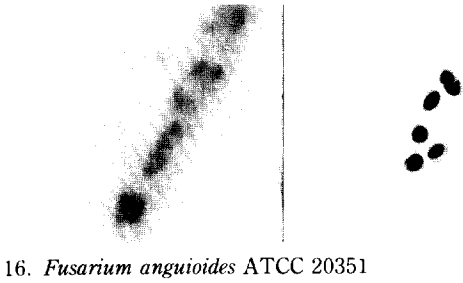
10. *Fusarium equiseti* KFCC 11843, IFO 30198



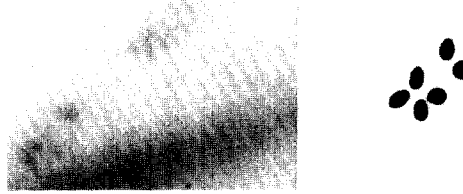
15. *Fusarium graminearum*

Table 1. The Model chromosome number of *Fusarium* species

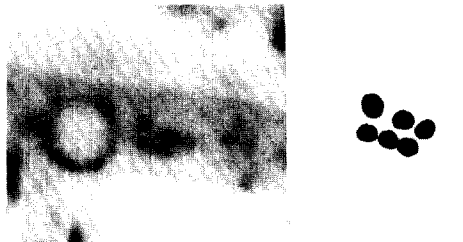
species name	chromosome number(n)
<i>Fusarium solani</i> S Hongchun D4	8
<i>F. solani</i> 7468 (from Sydney)	7
<i>F. solani</i> 7475 (from Sydney)	7
<i>F. moniliforme</i> (from banana)	8
<i>F. moniliforme</i> (from rice)	6
<i>F. moniliforme</i> NRRL 2284	5
<i>F. raphani</i> (from radish)	8
<i>F. oxysporum</i> (from tomato)	7
<i>F. roseum</i> (from rice)	7
<i>F. equiseti</i> KFCC 11843, IFO 30198	4
<i>F. equiseti</i> C Kosung 6	7
<i>F. avenaceum</i> 46039	7
<i>F. sporotrichioides</i> C Jungsun 1	7
<i>F. sporotrichioides</i> NRRL 3510	4
<i>F. graninearum</i>	6
<i>F. anguioides</i> ATCC 20351	6
<i>F. proliferum</i> 6787 (from Sydney)	6
<i>F. proliferum</i> 7459 (from Sydney)	5
<i>F. poae</i> NRRL 3287	6
<i>F. trincinctum</i> NRRL 3299	5



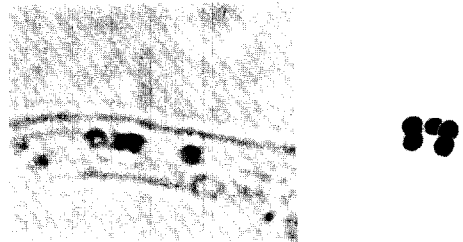
16. *Fusarium anguioides* ATCC 20351



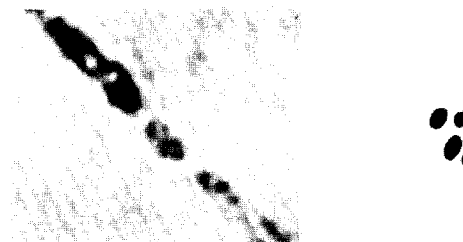
17. *Fusarium proliferatum* 6787 (from Sydney)



18. *Fusarium proliferatum* 7459 (from Sydney)



19. *Fusarium poae* NRRL 3287



20. *Fusarium trincinctum* NRRL 3299

perfect state 로 알려진 *Nectria haematococca* Berk & Br. 의 연구에서 homothallic 인 경우는 반수체 염색체 수를 Hirsh(1949)는 6개로, El-Ani(1959)와 Howson(1963)은 5개로 보고한 바 있다. 한편 Imperfect state 에서의 염색체 수에 대한 보고는 Batikyian(1968)은 $n=4-5$ 개로 Punithaligan(1975)는 $n=8$ 개로 보고한 바 있어 학자에 따라 4-8개로 서로 다르게 보고되어 있는 흥미있는 종으로 알려져 있다. 본 연구에서도 이를 확인하고자 토양이 다른 균주를 재료로 택하였다. 동국대에서 분양받은 *F. solani* 는 앞서 발표 (Min, 1986)한 바와 같이 $n=8$ 개이고, 농촌진흥청에서 분양받은 *F. solani* S Hongchun D4에서도 $n=8$ 을 가지고 있어 Punithaligan(1975)과 일치하고 있다. 그러나 Australia 의 Sydney 대학으로부터 분양받은 *F. solani* 7475는 $n=7$ 개로 서 동일종이라 하더라도 지역에 따라 염색체 수가 차이가 있는 것으로 추정되며 앞으로 수주에 따른 차이도 있는지를 비교 검토하면 좀 더 흥미있는 결

과를 얻을 수 있을 것을 사료된다.

*F. moniliforme*는 perfect state인 *Gibberella fujikuroi* (Saw.) Wr.를 재료로 하여 Howson (1963)은 n=4개로 보고하였고, Punithaligan (1975)와 Booth(1977)은 *F. moniliforme*의 염색체 수는 n=7개로 보고한 바 있고 Puhalla (1981)은 n=4개로 보고하였다.

본 연구에서는 숙주식물이 각각 다른 2균주와 우리나라에서 분양받은 균주와 NRRL 균주를 비교하였다. 우리나라에서 분양받은 균주에서는 n=8개였고 (Min, 1986) *F. moniliforme* NRRL 2284는 n=5개로 차이가 있었고 또한 벼에서 분리 동정한 균주는 n=6개를 바나나에서 분리한 균주에서는 n=8개로 균주에 따라 n=5-8개로 균주에 따라 차이를 보여주고 있다. 따라서 *F. moniliforme*의 경우 기생숙주와 분포지역에 따라 변이가 있는 것으로 추정된다.

*F. raphani*는 다른 학자들에 의하여 아직 보고된 바 없으며 부우로부터 분리 동정한 균주로부터 관찰한 결과는 n=8개이다.

*F. oxysporum*은 *Fusarium*속 중에서 가장 많은 formae specials과 race를 가지고 있는 종으로 알려져 있으며 (Gerlach, 1982) 이들의 염색체에 대한 보고는 Punithaligan (1975)과 Booth (1972)는 n=12개로 보고하였고, Naiki (1986)는 n=4개로 보고한 바 있다. 본인은 *Fusarium oxysporum*과 그의 formae specials 등 20균주에서 염색체를 관찰하였던 바 (Min, 1988, 1989) 반수체의 염색체 수가 4-8개 사이에 있었고 그 중에서 가장 많은 수에서 n=7개로 관찰되었으나 여러 가지로 고찰하여 볼 때 *F. oxysporum*의 기본염색체 수는 n=4개로 추론하였다 (Min, 1989). 본 실험에서 재료로 한 *F. oxysporum*은 tomato로부터 분리 동정한 균주로 n=7개의 염색체를 가지고 있음을 볼 수가 있었다.

*F. roseum*의 경우 Booth (1977)는 n=8개로 보고한 바 있으나 벼로부터 분리 동정한 본 실험의 균주에서는 n=7개를 관찰할 수가 있었다.

*F. equiseti*는 우리나라 고성에서 분리 동정한 종에서는 n=6개이고 *F. equiseti* KFCC 11843, IFO 30198에서는 n=4개로서 서로 다른 염색체 수

를 보여주고 있다.

F. avenaceum ATCC 46039는 다른 학자들에 의한 보고는 없어 비교할 수 없었으나 본 실험의 결과는 n=7개였다.

*F. sporotrichioides*는 우리나라 정선에서 동정 분리한 균주에서는 n=7개를 미국의 NRRL로부터 분양받은 균주는 n=4개로서 염색체 수에 차이를 보이며 이는 앞서의 *F. solani*, *F. moniliforme* 등에서 연구 검토된 바와 같이 분포지역에 따라 염색체 수가 다른 경우를 보여주고 있으며 다른 학자들의 보고는 아직 없었다.

*F. graminearum*은 perfect state인 *Gibberella zeae*에서 Gordon (1953)과 Howson (1963)은 n=4개로 보고한 바 있으며 Puhalla (1981)는 *F. graminearum*에서 n=4개로 보고하였고 본인은 n=6개로 관찰되었으며 그 차이점이 어디에 연유된 것인지는 좀 더 연구를 해야 할 점으로 남아 있다.

F. anguoides ATCC 20351은 다른 학자의 보고는 없으며 본인의 연구결과는 n=6개이었다.

*F. proliferatum*은 Australia의 Sydney 대학으로부터 분양받은 *F. proliferatum* 6787과 7459 모두에서 n=6개로 관찰되었다.

*F. poae*는 Booth (1977)가 n=6개로 보고한 바 있었으나 본인의 결과는 n=5개로 관찰되었고 *F. trincinctum* NRRL 3299는 다른 학자들의 보고는 아직 없으며 본 연구에서 확인한 염색체 수는 n=5개였다.

균류에서는 종 형성과정 중 polyploidy와 aneuploidy가 일반적인 것으로 보고되어 있으며 (Sansome, 1987), 또한 *Fusarium oxysporum*에서는 unrelated strains 사이에서 somatic diploidy가 형성됨이 보고된 바 있다 (Buxton, 1956). 그 외에도 *Fusarium solani* (Matau and Synder, 1973)과 *F. moniliforme* (Kuhlman, 1982) 등에서는 하나의 종이 기생숙주에 따라 생식적으로 격리된 sub-group으로 분리된다는 보고 등을 종합하여 고찰할 때 *Fusarium*속의 기본염색체 수는 n=4개 이고, 이들의 종 형성과정 중에 염색체 수에 변이가 있었을 것으로 추정된다.

적 요

*Fusarium*속의 20균주를 PDA 배지에서 배양하고, HCl-Giemsa 염색법을 이용하여 균사 내에서의 영양태의 핵분열을 관찰하였고, 염색체 수를 세었다. 관찰한 모든 *Fusarium*속의 균주들의 염색체 수는 4-8개 사이에 있었다. 그 중에서 3균주인 *F. solani* S Hongchun D4, *F. moniliforme* (from banana), *F. raphani* (from radish)는 n=8개이고, *F. solani*

7468(from Sydney), *F. solani* 7475(from Sydney), *F. oxysporum* (from tomato), *F. oxysporum* (from tomato), *F. roseum* (from rice), *F. sporotrichioides* C Jungsun 1, *F. equiseti* C Kosung 6, *F. avenaceum* 46039 등의 7균주에서는 n=7개였다. *F. moniliforme* (from rice), *F. graminearum*, *F. proliferatum* 6787(from Sydney), *F. anguoides* ATCC 20351의 5균주는 n=6개, *F. moniliforme* NRRL 2284, *F. poae* NRRL 3287, *F. trincinctum* NRRL 3299의 3균주는 n=5개였고 가장 적은 수의 n=4개인 균주로는 *F. sporotrichioides* NRRL 3510과 *F. equiseti* KFCC 11843 IFO 030198의 3균주였다.

이상의 균주들의 염색체 수를 비교 고찰할 때 *Fusarium* 속의 기본 염색체 수는 배수체가 4개이며 종 분화과정에서 이수체와 배수체가 되었을 것으로 추론된다.

REFERENCES

1. Aist, J.R., 1969. The mitotic apparatus in fungi: *Ceratocystis fagacearum* and *Fusarium oxysporum*. *J. Cell Biol.* **40**, 120-135.
2. Batikyan, S.G., 1968. Some specific cytological features of *Fusarium* fungi and an evaluation of their significance for taxonomy, *Biol. ZH. Armen.* **21**, 45-52.
3. Booth, C., 1977. *Fusarium* laboratory guide to the identification of the major species. *Common. Mycol. Inst. Kew.* p.58.
4. Brayford, D., 1989. Progress in the study of *Fusarium* and some related genera. *J. Appl. Bact. Symposium Supplement.* 47s-60s.
5. Buxton, E.W., 1956. Heterokaryosis and parasexual recombination in pathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. *J. Gen. Microbiol.* **15**, 133-139.
6. El-Ani, S.A., 1959. Chromosome number in the Hypocreales. I. Nuclear division in the ascus of *Nectria reziza*. *Am. J. Bot.* **43**, 769-778.
7. Gerlach, W. and H. Nirenberg, 1982. The genus *Fusarium* -a Pictorial atlas. *Pual Parey. Berlin.*
8. Gordon, W.L., 1953. In Annual Report of the Director of Science Service, Canada. *Department of Agriculture, Ottawa, for the year ended March.* **31**, 1953. p.30.
9. Heath, I.B., 1978. Mitosis in the fungi. In Nuclear Division in the Fungi. *N.Y. Academic Press.* 89-176.
10. Hirsh, H.E., Williams C. Synder and H.N. Hansen, 1949. Chromosome number in the Hypocreaceae. *Mycologia.* **41**, 411-415.
11. Howson, W.T. McGinnis, R.G. and W.L. Grodon, 1963. Cytological studies on the perfect stages of some species of *Fusarium*. *Can. J. Genet. Cytol.* **5**, 60-64.
12. Kuhlman, E.G., 1982. Varieties of *Gibberella fujikuro* with anamorphs in *Fusarium* section *Liseola*. *Mycologia.* **74**, 759-768.
13. Mauto, T. and Synder, A., 1973. Use of morphology and mating populations in the identification of formae speciales in *Fusarium solani* *Phytopathology.* **6**, 562-565.
14. Min, B.R., T.J. Lee and Y.K. Choi, 1982. Chromosomal studies on the genus of *Rhizopus* I. Chromosomal studies on 7 species of the genus *Rhizopus*. *Kor. J. Microbiol.* **20**, 134-146.
15. Min, B.R., 1986. Chromosomal Studies on the Genus *Fusarium* (I) *Kor. J. Mycol.* **14**(4), 253-256.
16. Min, B.R., 1988. Chromosomal Studies on the varieties and Formae speciales of *Fusarium oxysporum* (I). *Kor. J. Mycol.* **16**(3), 157-161.
17. Min, B.R., 1989. chromosomal Studies of *Fusarium oxysporum* and its formae speciales (II). *Kor. J. Mycol.* **17**(2), 76-81.
18. Naiki, T., 1986. Quantitative comparison of nuclear DNA content among formae speciales of *Fusarium oxysporum* and *Fusarium solani*. *Research Bulletin of the Faculty of Agriculture Gifu University.* **51**, 29-33.
19. Puhalla, J.E., 1981. Genetic considerations of the genus *Fusarium*-disease, biology and taxonomy. ed. Nelson, P.E., Toussoun, T.A. and Cook, R.J. *Univ. Park and London: Pennsylvania State Univ. Press.* 291-305.
20. Punithalingan, E., 1975. Cytology of some *Fusarium* species. *Nova. Hedwigia.* **26**, 275-304.
21. Sansome, E., 1987. Fungal Chromosomes observed with the light microscope in Evolutionary Biology of the Fungi. *Cambridge Univ. Press.* 97-113.

(Received November 29, 1989)