

鐮胞菌的分類系統概論

黃振文

國立中興大學植物病理系

摘要

鐮胞菌(Genus *Fusarium*)分佈廣，種類多，存在於土壤、空氣、水及各種有機質中，大多數營腐生生活；惟有些是植物與動物的病原菌，可引起重要經濟作物的萎凋病、根腐病及葉枯病與動物的灰指甲及皮膚病等(Nelson et al, 1981; Huang et al, 1992)。培養鐮胞菌時，菌落的顏色及基質的色素，孢子形態與大小，甚至病原性等變異頗大，導致鐮胞菌的鑑定極為不易。自1809年Link氏創立鐮胞菌，迄今已有一千多種被鑑定命名，它屬於不完全菌，線菌目(Moniliales)，瘤菌科(Tuberculariaceae)。1935年，Wollenweber與Reinking兩氏依照小孢子的有無與形狀，大孢子的形狀、大小與隔膜數，厚膜孢子的有無，及足細胞(foot cell)的形態等特性，將一千多種鐮胞菌合併整理為16群(section)、65種(species)、55變種及22型。美國Snyder與Hansen兩氏(1940,1941,1945)認為Wollenweber與Reinking兩氏僅以鐮胞菌些微的差異作為分類的依據，極不科學，因此在1940至1945年間按鐮胞菌大孢子之大小，厚膜孢子之有無，小孢子的排列方式，小孢子之有無以及有性世代等特性，將Wollenweber與Reinking建立的16群合併為10種，且依其病原性之不同設立分化種(Forma specialis)；直到1965年他倆因未獲得*F. ciliatum*之菌株，因此將它刪除，併成9種(Snyder & Hansen, 1965)。1971年，英國Booth氏以Wollenweber及Reinking兩氏之分類法為主幹，配合分生孢子的產孢方式及瓶狀枝的長短、類型與排列方式等特徵作為分類依據，將Wollenweber及Reinking兩氏之16群減少至12群、50種。此外，加拿大Gordon(1952)，蘇俄Raillo(1950)及Bilai(1955)，以色列的Joffe(1974)，以及Gerlach與Nirenberg(1982)等多依照Wollenweber及Reinking兩氏的分類法進行修正，並各自提出大同小異的分類法(Liddell, 1991; Nelson, 1990 & 1991; Windels, 1991)。至於法國Messiaen及Cassini(1968)與日本Matuo(1972)則分別沿用Snyder與Hansen的分類法，並無獨特的創見(Nelson et al, 1981)。1983年美國Nelson、Toussoun與Marasas等氏則擷取Snyder與Hansen，Wollenweber及Reinking與Booth等氏所創之鐮胞菌分類法的優點，將鐮胞菌併為12群、30種，成為目前多數學者較能接受的分類系統之一。近年來，Peterson(1991)、Partridge(1991)及Nagy(1994)等氏利用分子生物的技术，探討鐮胞

菌的分類問題，惟均處於萌芽階段，尚未有獨特且具實用性的分類系統建立。

關鍵詞：鐮胞菌、分類系統、分化種、植物病害

緒言

由於*Fusarium*菌分佈廣泛，植物病理人員在行組織分離或由土壤分離微生物時，常有*Fusarium*出現，腐敗物中也有*Fusarium*存在，此等*Fusarium*係何種，是否具病原性，不易決定。最大困難在於*Fusarium*菌之孢子形態大同小異，而變異性大，當培養時，除出現各種色素外，孢子形態、大小、及病原性常有變異，故*Fusarium*種名之決定，問題殊多。故世人對*Fusarium*病害之研究較少，過去之定名也極混亂，筆者有鑑於此，特介紹Wollenweber-Reinking，Snyder-Hansen，Booth及Nelson-Toussoun-Marasas等氏的*Fusarium*分類系統，祈有助於研究者從事*Fusarium*的鑑定工作。

一、早期Wollenweber-Reinking分類法

*Fusarium*屬乃1809年Link氏創立，180年來約有1000餘種被命名。由於其對植物病害頗為重要，德人Wollenweber自本世紀初即開始*Fusarium*分類研究，1913年在美國的Phytopathology第三卷第一期發表其首次分類報告，吳氏(Wollenweber)為便於種間區別，將*Fusarium*屬分為六群(Sections)：

1. Elegans群—本群內之*Fusarium*菌有橢圓形、單胞、散生之小孢子(microconidia)，大小約為 $5-12 \times 3-5 \mu\text{m}$ ，鐮刀形大孢子為Elegans型(纖細優美之意)，通常三隔膜，大小 $20-40 \times 3-45 \mu\text{m}$ ，也有四至五隔膜者，大小則為 $40-50 \times 3-4.5 \mu\text{m}$ 。本群中有些種類具有孢子叢(Sporodochia)，有的則為黏膜型孢子層(pionnotes)。孢子累積成堆時呈粉紅色(salmon color)，但亦有褐白色或鮮豔之橘紅色。分生孢子梗與菌絲垂直生出，分枝成為孢子叢。厚膜孢子(chlamydospores)圓形或橢圓型，頂生或間生，單胞，大小為 $5-10 \mu\text{m}$ ，無子囊世代。本群中有下列九種：*Fusarium oxysporum*，*F. tracheiphilum*，*F. vasinfectum*，*F. vasinfectum* var. *inoderatum*，*F. niveum*，*F. lycopersici*，*F. redolens*，*F. orthoceras*，*F. conglutinans*。

2. Martiella群—大孢子形態如圖一，有厚膜孢子，無子囊世代，有下列三種：*Fusarium solani*(腐生於馬鈴薯等植物上)，*F.*

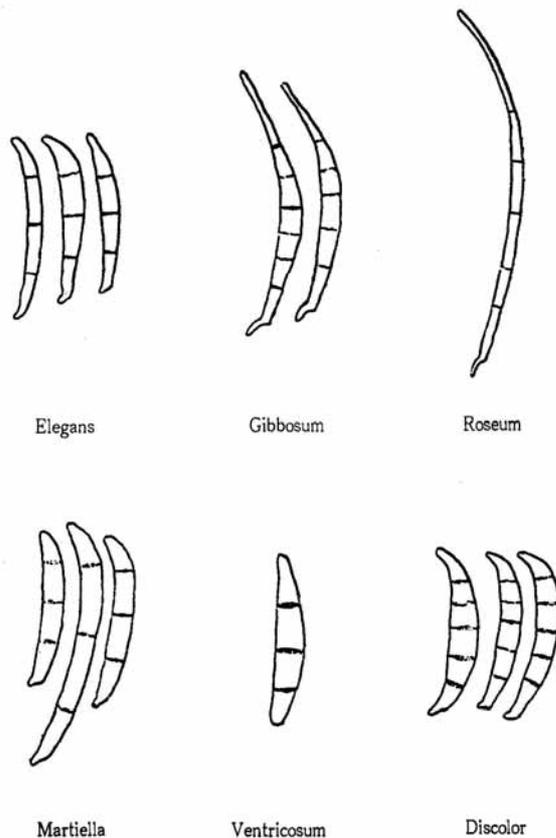
martii (腐生，如*F. solani*)，*F. coeruleum* (傷痕寄生，引起馬鈴薯塊莖之乾腐)。

3. *Discolor*群—大孢子形態如圖一，厚膜孢子間生，無子囊世代，有下列三種：*Fusarium rubiginosum* (麥類瘡痂病及根腐病)，*F. discolor* var. *sulphureum* (馬鈴薯乾腐病菌)，*F. trichothecioides* (馬鈴薯乾腐病菌)。

4. *Gibbosum*群—大孢子形態如圖一，厚膜孢子間生，無子囊世代，有下列三種：*Fusarium falcatum* (番瓜果實腐爛病菌)，*F. gibbosum* (大孢子特彎曲，馬鈴薯腐爛病菌)，*F. sclerotium* (番瓜果實腐爛病菌)。

5. *Roseum*群—大孢子形態如圖一，無厚膜孢子，但有菌核狀結構，有些菌核為藍色，多數為穀類瘡痂病菌，根腐病菌及果實腐爛病菌。如*Fusarium subulatum* (分佈全球各地，腐生於土中與水中)。

6. *Ventricosum*群—大孢子形態如圖一，無孢子叢，厚孢子間生，無子囊世代。如*Fusarium ventricosum* (無孢子叢，孢子堆呈褐白色或乳酪色。分生孢子梗分枝少而長，有厚膜孢子，其形如*Elegans*群者，引起馬鈴薯塊莖腐爛病)。



圖一、Wollenweber將*Fusarium*分為六群 (Sections)，圖中表示六群之大孢子代表形態。

1935年Wollenweber及Reinking之著作“Die Fusarien”出版，將Fusarium分為16群(sections)，把過去一千餘種Fusarium合併為142種，其16群如下：

Sections:

Elegans	Eupionnotes
Martiella	Macroconia
Discolor	Spicarioides
Roseum	Submicrocera
Lateritium	Pseudomicrocera
Liseola	Ventricosum
Sporotrichiella	Arthrosporiella
Arachnites	Gibbosum

吳氏之分類依據為：孢子大小，厚膜孢子有無及著生方式，有孢子叢(sporodochia)或是孢子成粘膜狀(pionnotes)，有無病原性等。但群間之特性互有重疊，種間之重複更多，故真菌學者及植物病理家均認為Die Fusarien是極難解讀之書。1971年Booth出版“The Genus Fusarium”其分類大致依據吳氏，只是減少為12群。但大多數人仍難利用其分類法，主要關鍵在於Fusarium菌之孢子形態不易區別，而大小重疊很多，孢子叢之有無又受環境之影響，培養時易起突變(mutation)，故分類之決定頗為困難，而原有之分類種屬，也與培養特性不一致。

二、斯乃德—韓生氏分類法 (The Snyder-Hansen's System)

美國加州大學柏克萊校區植物病理教授斯乃德博士(Dr. William C. Snyder)，自1933年即研究由Fusarium引起之豌豆萎凋病，對Fusarium發生興趣，乃遊學柏林，跟隨Wollenweber先生致力於Fusarium菌之研究，返美後自1940年至1945年與同系韓生教授(Dr. H.H. Hansen)共同發表三篇Fusarium菌分類修訂之論文(The Species Concept in Fusarium)，希望建立一套可以應用的Fusarium分類法，茲將其修訂法介紹如下。

1. Elegans群之修訂—Elegans群為吳氏分類中16群內重要之一群，包括10種，18亞種又12小種，共40種，其中許多種為害植物維管束引起萎凋病，吳氏將Elegans群又依孢子叢之有無，大孢子之寬度長度再分為三亞群(sub-sections)

Sub-section *Orthocera*—不產生孢子叢，孢子長度為27-40 μm ，寬3.2-4 μm 。

Sub-section *Constrictum*—有孢子叢，孢子寬度為3-3.7 μm ，長度為33-42 μm 。

Sub-section *Oxysporum*—有孢子叢，孢子長度為33-40 μm ，寬度為3.7-5 μm 。

斯氏分離Elegans群之*Fusarium*菌，觀察同一菌種之數百個單胞菌株，發現其變異性太大。例如西瓜蔓割病菌，吳氏之分類為：*Fusarium bulbigenum* Cke. et Mass. *niveum* v. (E.F.Sm) Wr., 屬Sub-section *Constrictum*。斯氏在一系列之單胞菌株中發現有的屬於*Orthocera*亞群，有的為*Constrictum*亞群，有的為*Oxysporum*亞群，但三者均有病原性。另一例為翠菊萎凋病菌，吳氏分類中有二種：一為*F. conglutinans* Wr. v. *callistephi*，一為*F. oxysporum* Schl. f.6 Wr.，前者屬*Orthocera*亞群，因無孢子叢，後者屬*Oxysporum*亞群，有孢子叢。斯氏分離翠菊萎凋病菌，作單胞菌株，發現同一菌中有二型，而病原性均同，顯然前人分類時將二型視為二種。同樣現象也發現於番茄萎凋病菌中(吳氏之定名為*F. bulbigenum* v. *lycopersici*)。

斯乃德氏搜集Elegans群多種*Fusarium*菌比較研究結果，認為菌株間變異甚大，各種間特性互相重疊之處太多，以致無法以此等特性作為分類依據。各種資料顯示Elegans群各*Fusarium*亞群應合併為一種，斯氏選最早命名者稱呼之：*Fusarium oxysporum* Schl., 其中含有許多生理型或分化型，例如西瓜蔓割病菌為*F. oxysporum* f. sp. *niveum*，翠菊萎凋病菌為*F. oxysporum* f. sp. *callistephi*，番茄萎凋病菌為*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*，而一切腐生則者則稱*F. oxysporum*。

基於上述理由，斯乃德及韓生將吳氏之Elegans群*Fusarium*修訂如下：

***Fusarium oxysporum* Schl.**, emended to agree with the description section *Elegans* given by Wollenweber, p.28 (1913)

Syn. *F. oxysporum* Schl. Schlectendahl (1824)

F. angustum Sherb. Wr. and Rg. (1935)

F. bosterycoides Wr. et Rg. Wr. and Rg. (1935)

F. bulbigenum Cke. et Mass. Wr. and Rg. (1935)

F. conglutinans v. *citrinum* Wr. Wr. and Rg. (1935)

F. orthoceras App. et Wr. Wr. and Rg. (1935)

- F. orthoceras* App. et Wr. v. *longius* (Sherb.) Wr. Wr. and Rg. (1935)
- F. oxysporum* Schl. emend. Wr. Wollenweber(1913), Wr. and Rg. (1935)
- F. redolens* Wr. Wr. and Rg. (1935)
- F. redolens* f. 1. Wr. Wr. and Rg. (1935)
- F. vasinfectum* Atk. f. 2. Wr. et Rg. Wr. and Rg. (1935)
- F. vasinfectum* Atk. v. *lutulatum*(Sherb.)Wr. Wr. and Rg.(1935)
- F. vasinfectum* Atk. v. *zonatum*(Sherb.)Wr. Wr. and Rg.(1935)
- F. oxysporum* f. *apii*** (Nels. et Sherb.) n. comb. (芹菜萎凋病)
Syn. *F. apii* Nels. et Sherb. Nelson et al. (1937)
- F. apii* v. *pallidum* Nels. et Sherb. Nelson et al. (1937)
- F. orthoceras* App. et Wr. v. *apii*(Nels. et Cochr.)Wr. et Rg. Wr. and Rg. (1935)
- F. orthoceras* App. et Wr. v. *apii*(Nels. et Cochr.)f. 1. Wr. et Rg. Wr. and Rg. (1935)
- F. oxysporum* f. *batatas*** (Wr.) n. comb. 甘薯蔓割病
Syn. *F. batatis* Wr. Wollenweber (1914)
- F. hyperoxysporum* Wr. Wollenweber (1914)
- F. bulbigenum* Cke. et Mass v. *batatas* Wr. Wr. and Rg. (1935)
- F. oxysporum* Schl. f. 2. Wr. Wr. and Rg.
- F. oxysporum* f. *betae*** (Stewart) n. comb. 甜菜萎凋病
Syn. *F. conglutinans* Wr. v. *betae* Stewart.
Stewart (1931) , Wr. and Rg. (1935)
- F. oxysporum* f. *callistephi*** (Beach) n. comb. 翠菊萎凋病
Syn. *F. conglutinans* Wr. v. *callistephi* Beach
Beach (1918) , Wr. and Rg. (1935)
- F. oxysporum* Schl. f. 6 Wr. Wr. and Rg.
- F. oxysporum* f. *cepa*** (Hanz) n. comb 洋葱腐敗病
Syn. *F. cepae* Hanz. Hanzawa (1914)
- F. oxysporum* Schl. f. 7. Wr. Wr. and Rg.
- F. vasinfectum* Atk. v. *zonatum* (Sherb) f. 1. (Lk. et Ball.)
Wr. Wr. and Rg. (1935)
- F. vasinfectum* Atk. v. *zonatum* (Sherb) f. 2. (Lk. et Ball.)
Wr. Wr. and Rg. (1935)
- F. oxysporum* f. *conglutinans*** (Wr.) n. comb. 甘藍葉黃病
Syn. *F. conglutinans* Wr. Wollenweber (1913) , Wr. and Rg. (1935)
- F. oxysporum* f. *cubense*** (E.F.S.) n. comb. 香蕉巴拿馬病 (香蕉黃葉病)

- Syn. *F. cubense* E.F.S. Smith (1910)
F. oxysporum Schl. v. *cubense* (E.F.S.) Wr. et Rg. Wr. and Rg.
(1935)
- F. oxysporum f. dianthi*** (Prill. et Del.) n. comb. 康乃馨萎凋病
Syn. *F. dianthi* Prill. et Del. Delacroix (1900), Wr. and Rg. (1935)
- F. oxysporum f. gladioli*** (Massey) n. comb. 唐菖蒲葉黃病
Syn. *F. oxysporum* Schl. v. *gladioli* Massey. Massey (1926), Wr. and
Rg. (1935)
- F. oxysporum f. lini*** (Bolley) n. comb. 亞麻萎凋病
Syn. *F. lini* Bolley (1901), Wr. and Rg. (1935)
- F. oxysporum f. lupini n. f.*** 魯冰萎凋病
Syn *F. oxysporum*-Form. Wr. and Rg., p. 218 (1935)
- F. oxysporum f. lycopersici*** (Sacc.) n. comb. 番茄萎凋病
Syn. *F. oxysporum* Schl. subsp. *lycopersici* Sacc. Saccardo (1886)
F. bulbigenum Cke. et Mass. v. *lycopersici* (Brushi) Wr. et Rg.
Wr. and Rg. (1935)
- F. oxysporum f. medicaginis*** (Weimer) n. comb. 苜蓿萎凋病
Syn. *F. oxysporum* Schl. v. *medicaginis* Weimer. Weimer(1928), Wr.
and Rg. (1935)
- F. oxysporum f. melonis*** (Leach et Curr.) n. f. 香瓜蔓割病
Syn. *F. bulbigenum* Cke. et Mass. v. *niveum*(E.F.S.)Wr. f. 2. Leach et
Curr. Leach and Currence (1938)
- F. oxysporum f. narcissi*** (Cke. et Mass.) n. f. 水仙莖腐病
Syn. *F. bulbigenum* Cke. et Mass. Cooke and Masee(1887), Wr. and
Rg. (1935)
- F. oxysporum f. nicotianae*** (Johns.) n. Comb. 菸草萎凋病
Syn. *F. oxysporum* Schl. v. *nicotianae* Johns. Johnson(1921), Wr. and
Rg. (1935)
- F. oxysporum f. niveum*** (E.F.S.) n. comb. 西瓜蔓割病
Syn. *F. niveum* E.F.S. Smith (1894)
F. bulbigenum Cke. et Mass. v. *niveum* (E.F.S.) Wr. Wr. and Rg.
(1935)
- F. oxysporum f. pini*** (Hartig) n. comb. 杉苗立枯病
Syn. *Fusoma pini* Harting. Hartig (1892)
Fusarium blasticola Rostrup. Rostrup (1902)
F. oxysporum Schl. v. *aurantiacum* (Lk.) Wr. Wr. and Rg.
(1935)
F. oxysporum Schl. v. *aurantiacum* (Lk.) f. 1. Wr. Wr. and Rg.
(1935)

- F. bulbigenum* Cke. et Mass. v. *blasticola*(Rostr.) Wr. Wr. and Rg. (1935)
- F. oxysporum* f. *pisi* (Lindf.) race 1 n. comb. 豌豆萎凋病
Syn. *F. orthoceras* App. et Wr. v. *pisi* Lindf. Linford (1928), Wr. and Rg. (1935)
- F. oxysporum* f. *pisi* (Sny.) race 2 n. comb. 豌豆萎凋病
Syn. *F. oxysporum* Schl. f. 8 Sny. Snyder and Walker(1935), Wr. and Rg. (1935)
- F. oxysporum* f. *spinaciae* (Sherb.) n. comb. 菠菜萎凋病
Syn. *F. spinaciae* Sherb. Hungerford (1923)
- F. oxysporum* f. *tracheiphilum* (E.F.S.) n. comb. 豇豆萎凋病
Syn. *F. tracheiphilum* E.F.S. Smith (1895)
- F. bulbigenum* Cke. et Mass. v. *tracheiphilum*(E.F.S.) Wr. Wr. and Rg. (1935)
- F. oxysporum* f. *tuberosi* (Wr.) n.f. 馬鈴薯萎凋病
Syn. *F. euoxysporum* Wr. Wollenweber (1916)
F. oxysporum Schl. f. 1. Wr. Wr. and Rg. (1935)
- F. oxysporum* f. *udum* (Butl.) n. comb. 雞豆萎凋病
Syn. *F. udum* Butl. Butler (1906)
- F. oxysporum* f. *vasinfectum* (Atk.) n. comb. 棉花萎凋病
Syn. *F. vasinfectum* Atk. Atkinson (1892), Wr. and Rg. (1935)
F. vasinfectum Atk. f. 1 Wr. Wr. and Rg. (1935)

2. Martiella群之修訂—吳氏之Martiella群,包括一些常見的*Fusarium*,有的為腐生,有的為寄生,後者常引起菜豆、豌豆及瓜類之根腐病。吳氏在Martiella群中列有三個種,七個亞種,三個生理小種均為*Fusarium*,另有完全世代屬於Hypomyces的有二種,三亞種及一個生理小種。三種*Fusarium*種間之區別甚小,吳氏之測量如下:

Species	3-隔膜大孢子	5-隔膜大孢子
<i>F. coeruleum</i>	34×4.8μm	42×5.2μm
<i>F. solani</i>	36×5.5μm	48×5.7μm
<i>F. javanicum</i>	40×4.6μm	52×4.8μm

由以上比較,可知三者間之差異極微而不切實用。斯、韓氏收集多種Martiella群之*Fusarium*,作單胞菌株培養於相同條件下,發現彼此相同之處太多,但變異也大。斯氏自不同寄主分離得下列*Fusarium*菌:

F. solani (腐生，由番茄分得)

F. solani v. *martii* f.2 (寄生，自豌豆分得)

F. javanicum (寄生，自胡瓜分得)

F. coeruleum (傷口寄生，自馬鈴薯分得)

以上四種Fusarium，菌落形態相同，均有深藍色素，完全無法區別。相同菌之其他菌株(或變種)有淡綠色孢子堆及白色菌絲，彼此間亦無法區別。

Dimonk自甘薯分得腐生異絲生殖之*Hypomyces ipomoeae*並作數百個子囊孢子及分生孢子之單胞菌株，發現菌落型變異極大，有白色之Normal型，半著色之Diffusa型及深色之Rosa型。斯氏自南瓜分得寄生性異絲生殖之*Hypomyces ipomoeae*，單胞菌株之變異極大，且有紅色及白色之子囊殼。將單分生孢子菌株混合培養，則獲得黃、褐、綠、藍、淡紫及紫色之菌落，各菌株之生長快慢不一，有的有氣生菌絲，有的無氣生菌絲，有的有孢子叢，有的則無，菌核及輪紋也不一致，但各菌株對南瓜均有病原性。

由以上比較研究，得知培養特性及孢子大小對於鑑定菌屬太不可靠且常導致錯誤，因此斯乃德及韓生乃將Fusarium之Martiella群修訂為：無性世代稱*Fusarium solani*，有性世代稱*Hypomyces solani*，其中包括下列幾種：

Fusarium solani (Mart.) App. et Wr. emend.

Syn. *Fusisporium solani* Mart. v. Martius (1842)

Fusarium javanicum Koord. Koorders (1907), Wr. and Rg. (1935)

F. javanicum Koord. v. *ensiforme* (Wr. et Rg.) Wr. Wr. and Rg. (1925), Wr. and Rg. (1935)

F. solani(Mart. pr. p.)App. et Wr. pr. p. Appel and Wollenweber (1910), Wr. and Rg. (1935)

F. solani (Mart. pr. p.) App. et Wr. v. *eumartii* (Carp.) Wr. pr. p. Carpenter (1915), Wr. and Rg. (1935)

F. solani(Mart.)v. *martii*(App. et Wr.)Wr. Wollenweber(1931), Wr. and Rg. (1935)

F. solani (Mart.) v. *martii* (App. et Wr.) f. 1. Wr. Wollenweber (1931), Wr. and Rg. (1935)

F. solani(Mart.)App. et Wr. v. *minus* Wr. Wollenweber(1917), Wr. and Rg. (1935)

F. solani(Mart.)App. et Wr. v. *striatum*(Sherb.)Wr. Sherbakoff (1915), Wr. and Rg. (1935)

F. solani f. *cucurbitae* n. f. 瓜類根(莖)腐病

Syn. *F. javanicum* Koord., pr. p. Pathogenic on *Cucurbita* spp., etc.,
Doidge and Kresfelder (1932), Snyder (1938, 1940)

F. solani* f. *eumartii (Carp.) n. comb. 馬鈴薯莖腐病

Syn. *F. eumartii* Carp. Carpenter (1915)

F. solani (Mart. pr. p.) App. et Wr. pr. p. Goss (1940)

F. solani (Mart. pr. p.) App. et Wr. v. *eumartii* (Carp.) Wr. pr.
p. Wr. and Rg. (1935)

F. solani* f. *phaseoli (Burk.) n. comb. 菜豆根腐病

Syn. *F. aduncisporum* Weim. et Hart. Weimer and Harter (1926)

F. martii phaseoli Burkholder (1919)

F. solani (Mart. pr. p.) App. et Wr. v. *aduncisporum* (Weim. et
Hart.) Wr. Wr. and Rg. (1935)

F. solani (Mart.) v. *martii* (App. et Wr.) Wr. f. 3. Sny. Wr. and
Rg. (1935)

F. solani* f. *pisii (Jones) n. comb. 豌豆根腐病

Syn. *F. coeruleum* (Lib.) Sacc. pr. p. Harter (1938)

F. martii v. *pisii* Jones Jones (1923)

F. solani (Mart.) v. *martii* (App. et Wr.) Wr. f. 2. Syn. Wr. and
Rg. (1935)

F. solani* f. *radicicola (Wr.) n. comb. 馬鈴薯塊莖乾腐病

Syn. *F. coeruleum* (Lib) Sacc. pr. p. Lindau (1909), Wr. and Rg.
(1935)

F. javanicum Koord. v. *radicicola* Wr. Wr. and Rg. (1935)

F. radcicola Wr. Wollenweber (1914)

Martiella 群之有性世代為 *Hypomyces*，吳氏列有二種：*H. haematococcus* 及 *H. ipomocae*，另有三亞種及一生理小種，斯氏以單子囊孢子菌株比較研究，發現大分生孢子產量，大小分隔及形狀均有極大變異，厚膜孢子及小分生孢子變化也甚多，此等變異超乎種間之區別，故斯—韓氏將 *Martiella* 之有性世代修訂為 *Hypomyces solani*，其異名及亞種列如下：

Hypomyces solani Rke. et Berth. emend. Stat. con. *Fusarium solani*
(Mart.) App. et Wr. emend.

Syn. *H. solani* Rke. et Berth. Reinke and Berthold (1879)

H. Haematococcus (Berk. et Br.) Wr. Berkeley and Broome (1851),
Wr. and Rg. (1935)

H. haematococcus (Berk. et Br.) v. *breviconus* Wr. Wollenweber
(1931), Wr. and Rg. (1935)

H. haematococcus (Berk. et Br.) v. *cancrici* (Rutg. Wr.) Rutgers (1913),
Wr. and Rg. (1935)

H. ipomoeae (Hals.) Wr. Halsted (1892), Wr. and Rg. (1935)

H. ipomoeae (Hals.) f. 1 Wr. Wollenweber (1931), Wr. and Rg. (1935)

H. ipomoeae (Hals.) v. *major* Wr. Wollenweber (1931), Wr. and Rg.
(1935)

H. solani f. *cucurbitae* n.f. (Stat. con. *Fusarium solani* f. *cucurbitae* n.
f.) 瓜類根 (莖) 腐病

Syn. *H. ipomoeae* (Hals.) Wr. pr. p. Snyder (1938, 1940)

3. Roseum, Arthrosporiella, Gibbosum, Discolor 群之修訂—以
前述方法，比較此四群 *Fusarium*，無論形態及病原性，幾乎無法區
別，斯乃德氏乃將此四群修訂合為一種，即 *Fusarium roseum*
(Lk.)，其能引起麥類根腐，苗枯，穗枯者則稱為 *F. roseum* f.
cerealis (Cke) 此重大修訂乃係數年觀察結果，例如吳氏分為四群
之理由如下：

Terminal chlamydospore lacking	
Intercalary chlamydospore lacking	<i>Roseum</i>
Intercalary chlamydospore present	
Sporodochia lacking	<i>Arthrosporiella</i>
Sporodochia present	<i>Gibbosum</i>
Intercalary and sometimes terminal	
Chlamydospore present	<i>Discolor</i>

此檢索表中之重點為厚膜孢子，但此特性並不穩定。例如
Roseum 群之單孢菌株中有產生厚膜孢子與 Gibbosum 群同樣多
者，而 Gibbosum 群中有的菌株不產生厚膜孢子。Discolor 群通常有
厚膜孢子，但其中有的菌株根本不生厚膜孢子。

孢子大小，彎曲度及隔膜等均不足為分類依據，例如 Discolor
群中之 *F. culmorum*，可連續產生變種，其孢子形態則屬於 Discolor
群中之 *F. sambucium*，同時也有菌株其細胞則如 *F. heterosporum* 及
F. flocciferum (均為 Discolor)。Discolor 中之 *F. graminearum* 時時
產生孢子頗似 Roseum 中之 *F. avenaceum*。因此之故，鑑定菌種常因
人而異，如最初定名為 *F. avenaceum* (屬 Roseum) 後又改為 *F. scripi*
(屬 Gibbosum)。不產生孢子叢的 Arthrosporiella 經證明多為
Roseum，Discolor 或 Gibbosum 之變種。

前人如 Bennett, Oswald 及 Sprague 等均曾報告麥類根腐病可由
Discolor, Roseum 及 Gibbosum 引起，經病原性試驗，此等菌類引起
之病徵相同。吳氏等也指出 *F. heterosporum*, *F. scripi*, *F. equiseti*, *F.*

*arthrosporioides*等均與麥類根腐病有關，故此四群之病原性也極一致。

以上四群Fusarium菌之有性世代，前人分為六種（包括亞種在內），均為Gibberella屬。其種間之分類依據為子囊殼及子囊孢子之大小，但彼此差異極微且變異很多，故依前述原則修訂為一種：*Gibberella roseum* (Lk.)。

4. Lateritium群之修訂—本群內各Fusarium與其他者有顯著不同，無厚膜孢子，無小孢子，菌落黃色，葡萄酒色或磚紅色。斯氏修訂為：*Fusarium lateritium* (Nees)，其有性世代為Gibberella，亦修訂為：*Gibberella lateritium* (Nees)。

5. Liseola群之修訂—本群包括著名病原菌*Fusarium moniliforme*及有性世代為Gibberella之其他Fusarium。此外尚有*F. lactis*及*F. neoceras*及其亞種。本群中之分類特徵為小孢子（microconidia）成鏈狀排列或成假頭狀聚集，然後再依大孢子著生為叢狀（sporodochia）或粘膜狀（pionnotes）進而分為亞種。此等性狀雖可用以鑑定*moniliforme*種，但不能用以細分其他亞種等，因該性狀也不穩定。所以斯乃德及韓生將Liseola群各Fusarium修訂為*F. moniliforme*，目前尚未有亞種或小種（formae）之分。有性世代則為：*Gibberella moniliforme*。玉米之莖枯，苗枯及穗腐病為*F. moniliforme*引起，亞洲各地之稻苗徒長病也是*F. moniliforme*引起，其他病害尚有甘蔗梢腐病（pokhak-boeng），又可侵害無花果，棉花，香蕉，蘆筍及椰子等。

6. Sporotrichiella群之修訂—吳氏分類法依孢子叢有無，孢子分隔及大小，分為若干種及亞種。本群頗似*Fusarium roseum*，但有奇異之小孢子（洋梨形），此洋梨形小孢子也不固定，培養日久即會消失，且*F. sambucinum*（Discolor群）也會產生洋形小孢子。本群中之*F. poae*常危害麥類種子，也與康乃馨芽腐有關，同時*F. avenaceum*，*F. reticulatum*及*F. tricinctum*也在上述寄主上引起同樣病害。故以上各Fusarium頗似一種Fusarium的不同變種，故斯氏修訂本群為*Fusarium tricinctum* (Cda.)，其危害康乃馨者則稱*F. tricinctum* f. *poae* (Pk.)。

7. Arachnites群之修訂—吳氏分類基礎乃按孢子大小，分隔多少及營養基種類將本群分為若干種，但各種均有極大之變異性，如*F. nivale*其單孢菌株之特性可包括本群中各種及亞種，故斯氏修訂本群為：*Fusarium nivale* (Fr.)，其有性世代為*Calonectria nivale* (Fr.)，其中能引起小麥苗腐（雪腐病Snow rot）者則為其小種：*F. nivale* f. *graminicola*，小種之有性世代為：*Calonectria nivale* f. *graminicola*。

8. Eupionnotes及Macroconia群之修訂—此二群有九種(包括亞種)，在植物病害上不重要，其有性世代為Nectria，常存在於已死之各種樹枝上，Sphaeriaceous菌之子座上，泡銹病的病班上，介殼蟲體上及腐敗的蔬菜(南瓜)上。初看之下，此等Fusarium頗似*F. aquaeductuum*，*F. sphaeria*，*F. cavisporum*，*F. dimerum*，*F. flavum*，*F. merismoides*。培養時，本群各菌生長緩慢，菌絲稀少，粘膜狀孢子堆，光亮色澤。有的變種雖有菌絲，粘膜孢子少，但生長仍慢。雖然吳氏未曾提及*F. dimerum*之子囊世代，斯乃德自腐敗南瓜上的Nectria之子囊孢子菌株獲得典型之*F. dimerum*，此菌株也產生較大的分生孢子，頗似*F. merismoides*。通常產生較小之大孢子者，有時也產生大的孢子，故孢子之大小及形狀變異性大，不足以作為分類依據。根據觀察，二群特性相同，斯氏修訂為一種：*Fusarium episphaeria* (Tode)，其有性世代為*Nectria episphaeria* (Tode)。

9. Spicarioides群之修訂—本群中只有一種：*Fusarium decemcellulare*，但迄未獲得生活之菌種供研究，故列為可疑之問題。本群修訂為：*F. rigidiusculum* (Berk. et Brme.)，此名稱乃由其有性世代*Calonectria rigidiusculum* (Berk. et Brme.) Sacc.而定。

10. Submicrocera及Pseudomicrocera群之修訂—由於菌種不易獲得，斯乃德氏未曾研究此二群之Fusarium，但據吳氏之描述，此二群極相似，故修訂為一種：*Fusarium ciliatum* (Lk.)，有性世代也合為一種：*Calonectria ciliatum* (Lk.)。

11. Ventricosum群之修訂—經研究本群中之*Fusarium argillaceum*，其性狀與*F. solani*相同，故本群合併於*F. solani*中。

根據上述理由，Elegans及Martiella群以外之十四群修訂名稱(包括亞種及小種)及異名列如下：

Fusarium episphaeria (Tode) n. comb. Species characters and limits equivalent to the combined characterizations of *Fusarium* species in sections *Eupionnotes* and *Macroconia* , as used by Wollenweber and Reinking (1935) .

Syn. *Fusarium aquaeductuum* (Radlk. et Rabh. pr. p.) Lagh. Wr. and Rg. (1935) .

F. aquaeductuum (Radlk. et Rabh. pr. p.) Lagh. v. *medium* Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. buxicola Sacc. Wr. and Rg. (1935) .

F. cavispermum Cda. Wr. and Rg. (1935) .

F. dimerum Penz. Wr. and Rg. (1935) .

F. dimerum Penz. v. *nectrioides* Wr. Wr. and Rg. (1935) .

- F. dimerum* Penz. v. *pusillum* Wr. Wr. and Rg. (1935) .
F. dimerum Penz. v. *violaceum* Wr. Wr. and Rg. (1935) .
F. expansum Schlt. Wr. and Rg. (1935) .
F. flavum (Fr.) Wr. Wr. and Rg. (1935) .
F. gigas Speg. Wr. and Rg. (1935) .
F. melanochlorum (Casp.) Sacc. Wr. and Rg. (1935) .
F. merismoides Cda. Wr. and Rg. (1935) .
F. merismoides Cda. v. *chlamydosporale* Wr. Wr. and Rg. (1935) .
F. merismoides Cda. v. *crassum* Wr. Wr. and Rg. (1935) .
F. sphaeria Fkl. Wr. and Rg. (1935) .
- Fusarium episphaeria*** (Tode) Snyder et Hansen f. ***coccophilla*** (Desm.) n. comb.
 Syn. *Microcera coccophila* Desm. Desmazicres (1848) .
Fusarium coccophilum (Desm.) Wr. et Rg. Wr. and Rg. (1935) .
- Nectria episphaeria*** (Tode) emend. Characterization equivalent to that of the combined species of *Nectria* in sections *Eupionnotes* and *Macroconia*, as used by Wollenweber and Reinking (1935) .
 Syn. *Sphaeria episphaeria* Tode. Tode (1791) .
Nectria desmazierii Becc. et DNtrs. Wr. and Rg. (1935) .
N. episphaeria (Tode) Fr. Wr. and Rg. (1935) .
N. episphaeria (Tode) Fr. v. *coronata* Wr. Wr. and Rg. (1935) .
N. flavo-viridis (Fkl.) Wr. Wr. and Rg. (1935) .
N. leptosphaeriae Niessl. Wr. and Rg. (1935) .
N. stilbosporae Tul. Wr. and Rg. (1935) .
- Nectria episphaeria*** (Tode) Snyder et Hansen f. ***coccophila*** (Desm.) n. comb.
 Syn. *N. coccophila* (Tul.) Wr. et Rg. Wr. and Rg. (1935) .
Sphaerostilbe aurantiicola (B. et Br.) Petch. Petch (1922) .
- Fusarium nivale*** (Fr.) emend. Characterization the same as that of the combined species of *Fusarium* in section *Arachnites*, as used by Wollenweber and Reinking (1935) .
 Syn. *Lanosa nivalis* Fr. pr. p. Fries (1825) .
Fusarium kuhni (Fkl.) Sacc. Wr. and Rg. (1935) .
F. larvarum Fkl. Wr. and Rg. (1935) .
F. nivale (Fr.) Ces. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
F. nivale (Fr.) Ces. v. *majus* Wr. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
- Fusarium nivale*** (Fr.) Snyder et Hansen f. ***graminicola*** (Berk. et Brme.) n. comb. 麥類苗枯病 (雪腐)

- Syn. *F. nivale* (Fr.) Ces. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
F. nivale (Fr.) Ces. v. *majus* Wr. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
- Calonectria nivale*** (Fr.) emend. Characterization the same as that of the combined species of *Calonectria* in section *Arachnites*, as given by Wollenweber and Reinking (1935) .
- Syn. *Calonectria graminicola* (Beck. et Brme.) Wr. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
C. graminicola (Berk. et Brme.) Wr. v. *neglecta* Krampe pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
- Calonectria nivale*** (Fr.) Snyder et Hansen f. ***graminicola*** (Berk. et Brme.) n. comb. 麥類苗枯病
- Syn. *Nectria graminicola* (Berk. et Brme.) Berk. and Brme. (1859) .
Calonectria graminicola (Berk. et Brme.) Wr. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
C. graminicola (Berk. et Brme.) Wr. v. *neglecta* Krampe. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
- Fusarium tricinctum*** (Cda.) emend. Characterization is the same as that of the combined *Fusarium* species in section *Sporotrichiella* as given by Wollenweber and Reinking (1935) .
- Syn. *Selenosporium tricinctum* Sda. Cda. (1837) .
F. chlamydosporum Wr. et Rg. Wr. and Rg. (1935) .
F. poae (Pk.) Wr. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
F. tricinctum (Cda.) Sacc. Wr. and Rg. (1935) .
F. sporotrichioides Sherb. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
F. sporotrichioides Sherb. v. *minus* Wr. Wr. and Rg. (1935) .
- Fusarium tricinctum*** (Cda.) Snyder et Hansen f. ***poae*** (Pk.) n. comb.
- Syn. *Sporotrichum poae* Peck. Peck (1903) .
Fusarium poae (Peck) Wr. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
F. sporotrichioides Sherb. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
- Fusarium roseum*** (Lk.) emend. Species characters and limits the sum total of those given for sections *Roseum*, *Arthrosporiella*, *Gibbosum* and *Discolor*, by Wollenweber and Reinking (1935) .
- Syn. *F. roseum* Lk. Link (1809) .
F. anguioides Sherb. Wr. and Rg. (1935) .
F. avenaceum (Fr.) Sacc. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
F. avenaceum Fr. Sacc. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
F. avenaceum (Fr.) Sacc. f. 1 Wr. et Rg. Wr. and Rg. (1935) .
F. avenaceum (Fr.) Sacc. *pallens* Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. avenaceum (Fr.) Sacc. v. *volutum* Wr. et Rg. Wr. and Rg. (1935) .

F. bactridioides Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. camptoceras Wr. et Rg. Wr. and Rg. (1935) .

F. concolor Rg. Wr. and Rg. (1935) .

F. culmorum (W. G. Sm.) Sacc. v. *cereale* (Cke.) Wr. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .

F. deToniannm Sacc. Wr. and Rg. (1935) .

F. diversisporum Sherb. Wr. and Rg. (1935) .

F. equiseti (Cda.) Sacc. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .

F. equiseti (Cda.) Sacc. v. *bullatum* (Sherb.) Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. flocciferum Cda. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .

F. graminearum Schwabe pr. p. Wr. and Rg. (1935) .

F. graminum Cda. Wr. and Rg. (1935) .

F. heterosporum Nees. Wr. and Rg. (1935) .

F. heterosporum Nees v. *congoense* Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. macroceras Wr. et Rg. Wr. and Rg. (1935) .

F. reticulatum Mont. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .

F. reticulatum Mont. f. 1 Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. reticulatum Mont. v. *negundinis* (Sherb.) Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. retusum Wellman. Wellman (1943) .

F. sambucinum Fkl. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .

F. sambucinum Fkl. f. 1 Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. sambucinum Fkl. f. 2 Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. sambucinum Fkl. f. 4 Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. sambucinum Fkl. f. 5 Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. sambucinum Fkl. f. 6 Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. sambucinum Fkl. 1. *minus* Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. scripi Lamb. et Fautr. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .

F. scripi Lamb. et Fautr. v. *acuminatum* (Ell. et Ev.) Wr. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .

F. scripi Lamb. et Fautr. v. *caudatum* Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. scripi Lamb. et Fautr. v. *compactum* Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. scripi Lamb. et Fautr. v. *filiferum* (Preuss.) Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. scripi Lamb. et Fautr. v. *longipes*(Wr. et Rg.)Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. semitectum Berk. et Rav. Wr. and Rg. (1935) .
F. semitectum Berk. et Rav. v. *majus* Wr. Wr. and Rg. (1935) .
F. sublunatum Rg. Wr. and Rg. (1935) .
F. sublunatum Rg. v. *elongatum* Rg. Wr. and Rg. (1935) .
F. trmidum Sherb. Wr. and Rg. (1935) .
F. trmidum Sherb. v. *humi* Rg. Wr. and Rg. (1935) .
F. trichothecioides Wr. Wr. and Rg. (1935) .

Fusarium roseum (Lk.) Snyder et Hansen f. *cerealis* (Cke.) n. comb.
麥類根腐、苗枯、穗枯 (瘡痂)

Syn. *Fusisporium cerealis* Cke. Cooke (1878) .

Fusarium avenaceum (Fr.) Sacc. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
F. culmorum (W. G. Sm.) Sacc. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
F. culmorum (W. G. Sm.) Sacc. v. *cereale* (Cke.) Wr. Wr. and Rg. (1935) .
F. graminearum Schwabe pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
F. equiseti (Cda.) Sacc. pr. p. Bennett (1935) .
F. flocciferum Cda. pr. p. Oswa (1912) .
F. graminearum Schwabe pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
F. reticulatum Mont. pr. p. Oswald (1942) .
F. sambucinum Fkl. pr. p. Bennett (1935) .
F. scirpi Lamb. et Fautr. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
F. scirpi Lamb. et Fautr. v. *acuminata* (Ell.) et Ev. Wr. pr. p. Gordon and Sprague (1941) .

Gibberella roseum (Lk.) n. comb. Species characters and limits represented by combined description of the *Gibberella* fungi given in sections *Gibbosum* and *Discolor* by Wollenweber and Reinking (1935) .

Syn. *G. accuminata* Wr. Wr. and Rg. (1935) .

G. cyanea (Sollm.) Wr. Wr. and Rg. (1935) .
G. intricans Wr. Wr. and Rg. (1935) .
G. pulicaris (Fr.) Sacc. Wr. and Rg. (1935) .
G. pulicaris (Fr.) Sacc. v. *minor* Wr. Wr. and Rg. (1935) .
G. saubinetii (Mont.) Sacc. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .
G. zaeae (Schw.) Petch pr. p. Petch (1936) .

Gibberella roseum (Lk.) Snyder et Hansen f. *cerelis* (Cke.) n. comb.
麥類根腐、苗枯、穗枯病

Syn. *G. saubinetii* (Mont.) Sacc. pr. p. Wr. and Rg. (1935) .

G. zaeae (Schw.) Petch pr. p. Petch (1936) .

Fusarium lateritium (Nees) emend. Characterization same as that given for all species in section *Lateritium* by Wollenweber and Reinking (1935) .

Syn. *F. lateritium* Nees. Nees (1817) , Wr. and Rg. (1935) .

F. lateritium Nees v. *longum* Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. lateritium Nees v. *majus* Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. lateritium Nees v. *minus* Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. lateritium Nees v. *mori* Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. lateritium Nees v. *uncinatum* Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. sarcochroum (Desm.) Sacc. Wr. and Rg. (1935) .

F. stilboides Wr. Wr. and Rg. (1935) .

Gibberella lateritium (Nees) n. comb. Species characters and limits represented by combined descriptions of *Gibberella* fungui in section *Lateritium* as given by Wollenweber and Reinking (1935) .

Syn. *G. baccata* (Wallr.) Sacc. Wr. and Rg. (1935) .

G. baccata (Wallr.) Sacc. v. *major* Wr. Wr. and Rg. (1935) .

G. baccata (Wallr.) Sacc v. *moricola* (DNtrs) Wr. Wr. and Rg. (1935) .

G. pseudopulicaris Wr. Wr. and Rg. (1935) .

Fusarium moniliforme (Sheld.) emend. Characterization same as that of the combined species in section *Liseola* as used by Wollenweber and Reinking (1935) . 稻苗徒長病。玉米莖枯病等

Syn. *F. moniliforme* Sheld. Sheldon (1904) , Wr. and Rg. (1935) .

F. lactis Pir. et Rib. Wr. and Rg. (1935) .

F. moniliforme Sheld. v. *anthophilum* (A. Br.) Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. moniliforme Sheld. v. *minus* Wr. Wr. and Rg. (1935) .

F. moniliforme Sheld. v. *subglutinans* Wr. et Rg. Wr. and Rg. (1935) .

F. neoceras Wr. et Rg. Wr. and Rg. (1935) .

Gibberella mniliforme (Sheld.) emend. Characterization same as combined descriptions of all *Gibberella* fungui in section *Liseola* as given by Wollenweber and Reinking (1935) . 稻苗徒長病等

Syn. *G. fujikuroi* (Saw.) Wr. Wr. and Rg. (1935) .

G. fujikuroi(Saw.)Wr. v. *subglutinans* Edw. Wr. and Rg.(1935) .

G. moniliformis (Sheld.) Wineland. Wineland (1924) , Wr. and Rg. (1935) .

Doubtful Species

Fusarium rigidiuscula (Brick) n. comb.

Syn. *F. decemcellulare* Brick. Brick (1908) , Wr. and Rg. (1935) .

Calonectria rigidiuscula (Berk. et Brme.) Sacc. Wr. and Rg. (1935) .

Fusarium ciliatum (Lk.) emend. Characterization is that of the combined species of *Fusarium* in sections *Microcera* and *Pseudomicrocera*, as given by Wollenweber and Reinking (1935) .

Syn. *Atracticum ciliatum* Lk. pr. p. Link (1816) .

Fusarium ciliatum Lk. Wr. and Rg. (1935) .

F. cerasi Roll. et Ferry. Wr. and Rg. (1935) .

F. juruanum P. Henn. Wr. and Rg. (1935) .

F. orthoconium Wr. Wr. and Rg. (1935) .

Calonectria ciliatum (Lk.) n. comb. Characters represented by the combined descriptions of *Calonectria* stages in a sections *Microcera* and *Pseudomicrocera*. as used by Wollenweber and Reinking (1935) .

Syn. *C. decora* (Wallr.) Sacc. Wr. and Rg. (1935) .

C. diploa (Berk. et Curt.) Wr. and Rg. (1935) .

斯乃德氏經若干年之研究，將吳氏之16群*Fusarium*包括142種修訂合併成10種，茲綜合列如下表。左邊為無性世代*Fusarium*，右邊為相當之有性世代，有數種之有性世代尚缺如。

Fusarium episphaeria

Nectria episphaeria

F. episphaeria f. *coccophila*

N. episphaeria f. *coccophila*

F. tricinctum

F. tricinctum f. *poae*

F. nivale

Calonectria nivale

F. nivale f. *graminicola*

C. nivale f. *graminicola*

F. roseum

Gibberella roseum

F. roseum f. *cerealis*

G. roseum f. *cerealis*

F. lateritium

G. lateritium

F. moniliforme

G. moniliforme

F. oxysporum

F. oxysporum f.

F. solani

Hypomyces solani

F. solani f.

H. solani f.

Doubtful Species

F. ciliatum

Calonectria cillatum

F. rigidiuscula

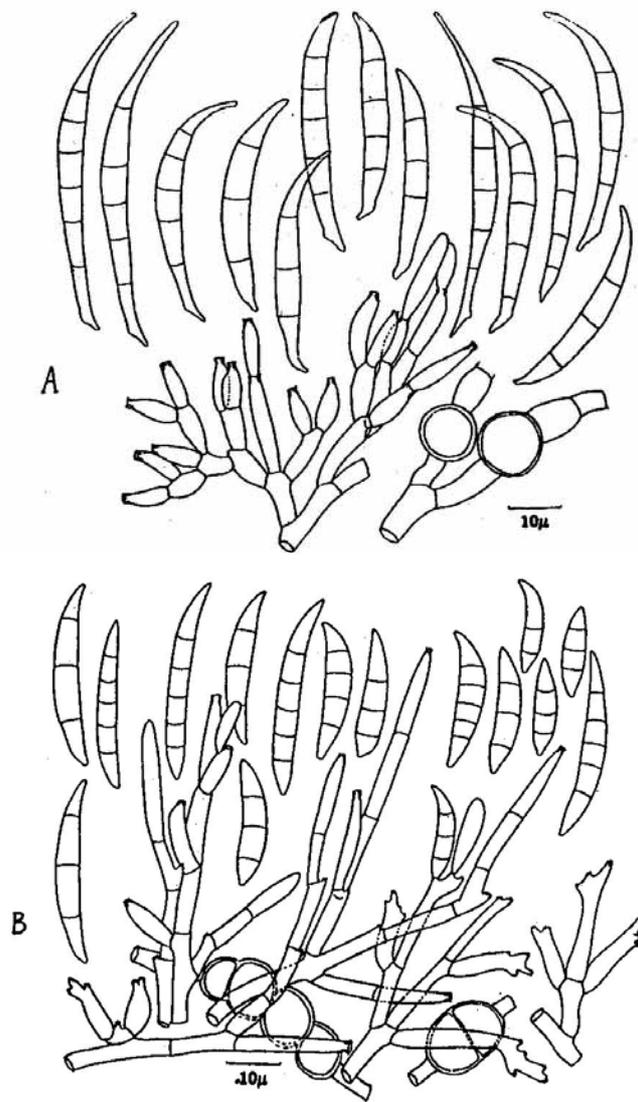
C. rigidiuscula

斯乃德氏自1935年開始，搜集各種Fusarium菌，並參照Wollenweber及Reinking之分類法，歷十餘年之研究，修訂成簡單可用的分類系統，將吳氏之16群（包括142種）合併成十種（Species），連亞種在內共16種（如上表）。1965年，斯氏又改為九種，因其中*Fusarium ciliatum*極少見（斯氏亦未獲得），故刪而不列。斯乃德氏之分類觀念，簡化而便於鑑定，病理學者極為讚同，但分類學者極力反對，因為許多Fusarium種無法包括在內。只有*Fusarium oxysporum*及*F. solani*下再加分化型（forma specialis）之分類法為各家讚同。

三、Booth及Nelson-Toussoun-Marasas與其他各家的鐮胞菌分類系統比較

加拿大Gordon（1954）及英國Booth（1971）也提出鐮胞菌之分類法，原則上均依據Wollenweber-Reinking氏法，部分採用Snyder-Hansen法。一般認為Snyder之*F. oxysporum*，*F. solani*，*F. moniliforme*之分類法尚屬合理而被真菌學者接受，而反對將Wollenweber-Reinking之*Arthrosporiella*，*Discolor*，*Gibbosum*，*Roseum*四群合併為一種，稱曰*F. roseum*。因此四群內已有許多被認為是獨立之種，且為重要之病原菌，如*F. avenaceum*，*F. culmorum*，*F. graminearum*，*F. sambucinum*等。Booth另外以分生孢子梗為Monophialide或Polyphialide（圖二）為分類依據，也合理可靠而獲專家支持的分類系統（表一）。

蘇聯Raillo（1950）及Bilai（1955）、以色列Joffe（1974）也提出分類法，但大多依Wollenweber-Reinking法而略作不重要之修正。法國Messiaen及Cassini（1968）及日本Mutuo（1972）也提出鐮胞菌分類法，均係介紹Snyder-Hansen分類系統。1982年美國賓州大學Paul E. Nelson，T.A. Toussoun及南非W.F.O. Marasas合著*Fusarium species: An Illustrated Manual for Identification*一書，提出最近分類系統，該分類法融合Wollenweber，Snyder，Booth各家之優點，將鐮胞菌分為12群30種（表二），並附正確之孢子形態及分生孢子梗之圖片，為實用而完備之鐮胞菌分類參考書。為便於研究者認識各鐮胞菌分類系統的相關來源依據與彼此間的比較，茲分別歸納成圖三及表三於後。



A. *Fusarium equiseti* (*Gibberella intricans*).
Conidia, conidiophores and chlamydospores
(monophialide單瓶狀枝)

B. *Fusarium semitectum*. Conidia,
conidiophores and chlamydospores
(polyphialide複瓶狀枝)

圖二、鐮胞菌之分生孢子梗

表二、Booth氏的鐮胞菌分類法

Section	Species
Arachnites	<i>F. stover</i> , <i>F. tabacinum</i> , <i>F. dimerum</i> , <i>F. nivale</i>
Martiella	<i>F. solani</i> , <i>F. illudens</i> , <i>F. solani</i> var. <i>coeruleum</i> , <i>F. ventricosum</i> , <i>F. tumidum</i>
Episphaeria	<i>F. aquaeductuum</i> , <i>F. aquaeductuum</i> var. <i>medium</i> , <i>F. buxicola</i> , <i>F. epistromum</i> , <i>F. melanochlorum</i> , <i>F. merismoides</i> , <i>F. sphaeriae</i> <i>F. gigas</i>
Sporotrichiella	<i>F. tricinctum</i> , <i>F. poae</i>
Spicarioides	<i>F. decemcellulare</i>
Arthrosporiella	<i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. fusarioides</i> , <i>F. avenaceum</i> , <i>F. camptoceras</i> , <i>F. semitectum</i> , <i>F. semitectum</i> var. <i>majus</i>
Coccophilum	<i>F. larvarum</i> , <i>F. coccophilum</i> , <i>F. juruanum</i>
Lateritium	<i>F. lateritium</i> , <i>F. lateririum</i> var. <i>buxi</i> , <i>F. udum</i> , <i>F. stilboides</i> , <i>F. xylarioides</i>
Liseola	<i>F. moniliforme</i> , <i>F. moniliforme</i> var. <i>subglutinans</i>
Elegans	<i>F. oxysporum</i> , <i>F. oxysporum</i> var. <i>redolens</i>
Gibbosum	<i>F. concolor</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. arthrosporioides</i> , <i>F. acuminatum</i>
Discolor	<i>F. trichothecioides</i> , <i>F. buharicum</i> , <i>F. sambucinum</i> , <i>F. sambucinum</i> var. <i>coeruleum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. heterosporum</i> , <i>F. flocciferum</i> , <i>F. sulphureum</i> , <i>F. graminearum</i>

表三、Nelson, Toussoun & Marasas 鐮胞菌分類法

Section Eupiomotes

1. *F. aquaeductum*, 2. *F. merismoides*, 3. *F. dimerum*

Section Spicarioides

4. *F. decemsellulare*

Section Arachnites

5. *F. nivale*

Section Sporotrichiella

6. *F. poae*, 7. *F. Tricinatum*, 8. *F. sporotrichioides*,
9. *F. chlamydosporum*

Section Roseum

10. *F. graminum*, 11. *F. avenaceum*

Section Arthrosporiella

12. *F. semitectum*, 13. *F. camptoceras*

Section Gibbosum

14. *F. equiseti*, 15. *F. scirpi*, 16. *F. acuminatum*, 17. *F. longipes*

Section Discolor

18. *F. heterosporum*, 19. *F. reticulatum*, 20. *F. sambucinum*,
21. *F. culmorum*, 22. *F. graminearum*, 23. *F. crookwellense*

Section Lateritium

24. *F. lateritium*

Section Liseola

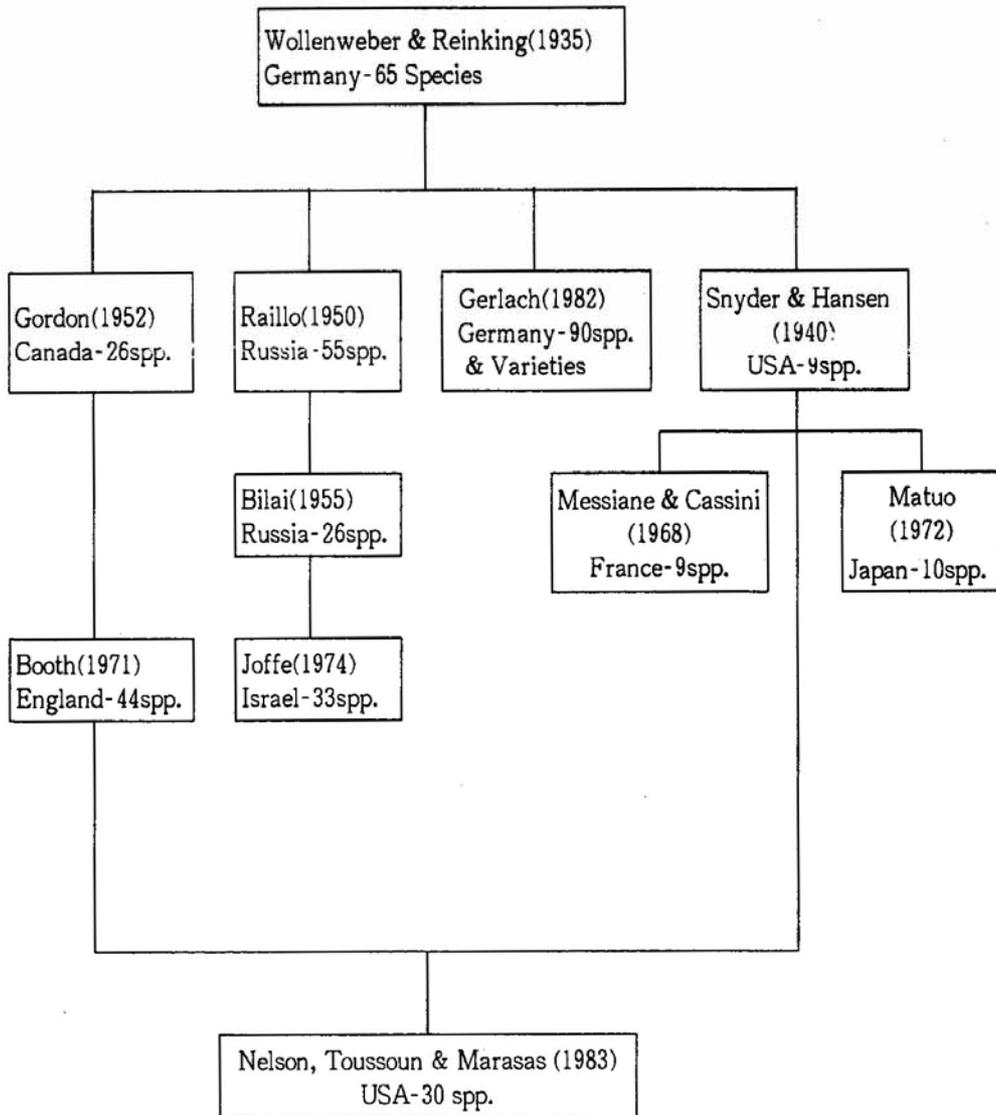
25. *F. moniliforme*, 26. *F. proliferatum*, 27. *F. subglutinans*,
28. *F. anthophilum*

Section Elegans

29. *F. oxysporum*

Section Martiella & Ventricosum

30. *F. solani*



圖三、各家鏝胞菌分類系統

表四、Wollenweber, Nelson, Snyder三家分類比較

Wollenweber & Reinking	Nelson & Toussoun	Snyder & Hansen
Eupionnotes	Eupionnotes	
Macroconia		episphaeria
Spicarioides	Spicarioides	rigidiuscula
Submicrocera		
Pseudomicrocera		
Arachnites	Archnites	nivale
Sporotrichiella	Sporotrichiella	tricinatum
Roseum	Roseum	roseum
Gibbosum	Gibbosum	
Discolor	Discolor	
Lateritium	Lateritium	lateritium
Liseola	Liseola	moniliforme
Elegans	Elegans	oxysporum
Martiella	Martiella & Ventric	solani
Ventricosum		
	Arthrosporiella	

四、鐮胞菌鑑定指引

鐮胞菌種名的鑑定不易，因此特地將鐮胞菌各群與種的特徵整理於后。

Section Elegans

1. 生長快速。
2. 氣生菌絲由少至多不等, 白色至淺紫色; 孢子堆散生, 顏色有桔色, 黃色至黃褐色等; 在培養基底部常有藍色的菌核。
3. 培養基背面常為無色, 有者呈灰白, 桔色, 黃褐色, 褐色, 淡紫色或暗藍色, 暗紫色等。
4. 小分生孢子量多, 壁薄, 短而瘦, 卵圓形, 橢圓形, 腎形至紡錘形, 假頭狀排列。
5. 大分生孢子鐮刀形, 纖細, 壁薄, 有些菌株的孢子為不對稱彎曲, 有明顯的背腹面, 有些則較挺直, 其背腹面不明顯。
6. 頂細胞色淡而纖細, 有明顯的足形基細胞。
7. 單瓶狀枝較短, 可產生大或小分生孢子。
8. 厚膜孢子產量多, 單生或對生。



F. oxysporum

Section Liseola

1. 在 PDA 的生長極似 *Fusarium oxysporum*。
2. 小分生孢子產量豐富,單胞,橢圓至棍棒形。
3. 大分生孢子鐮刀形,壁薄,細長,有足細胞。
4. 氣生菌絲,生長快速,白色,經常轉變成粉紅紫色。
5. 有或無孢子堆,顏色由淡褐色至桔色。
6. 偶而產生暗藍色的菌核;不具有厚膜孢子。

分生孢子梗具有或無分叉的單瓶狀枝;在單瓶狀枝產生鏈生排列及假頭狀聚集的小分生孢子;大分生孢子產量較少。



F. moniliforme

分生孢子梗具有或無分叉的複瓶狀枝及單瓶狀枝;在單或複瓶狀枝產生鏈生排列及假頭狀聚集的小分生孢子;大分生孢子產量豐富。



F. proliferatum

分生孢子梗具有或無分叉的複瓶狀枝及單瓶狀枝;在單或複瓶狀枝僅產生假頭狀聚集的小分生孢子(不具鏈生排列者),小分生孢子產量豐富,卵圓形,單胞,偶有1至3隔膜者,大分生孢子產量豐富。



F. subglutinans

Section Martiella

1. 生長速率中等，四天後之菌落直徑大於 2.5 公分。
2. 氣生菌絲有時很少，呈黏膜型。
3. 培養基背面呈灰白色，乳酪色，灰黃色，或黃綠色。
4. 有些菌株的生長易受光照影響，致易形成明顯的輪紋。
5. 小分生孢子在簡單瓶狀枝上為假頭狀排列。
6. 大分生孢子兩側平行，呈長圓筒形。
7. 完全世代屬 *Nectria*。

1. 小分生孢子量稀少。
2. 小分生孢子可在小分生孢子梗及大分生孢子梗上產生，有時大小分生孢子無明顯差別。
3. 大分生孢子具有寬或楔形的基細胞。

1. 小分生孢子稀少或很多。
2. 小分生孢子在發育良好的小分生孢子梗上形成。
3. 大分生孢子具足形的基細胞。

1. 分生孢子呈楔形有 3 隔膜，大小 24-48 x 6 μ m。
 2. 有性世代 *Nectria ventricosum*，子囊孢子有粗糙外壁，大小 14-17 x 7-10 μ m。
- ↓
- F. ventricosum*

分生孢子彎曲，呈倒卵形。
32-48 x 7-10 μ m

↓

F. tumidum

1. 小分生孢子量很多。
 2. 厚膜孢子量多，間生或頂生。
 3. 有藍至藍褐色或酒紅褐色之色素。
 4. 有性世代為 *Nectria haematococca*，子囊孢子外壁有直條紋痕，11-18 x 4-7 μ m
- ↓
- F. solani*

1. 小分生孢子量稀少。
 2. 厚膜孢子量少。
 3. 無色素或有灰白至灰黃色之色素。
 4. 孢子堆為乳酪色至灰黃色。
 5. 種類稀少，分佈在紐西蘭島及南半球。
 6. 有性世代為 *Nectria illudens*，子囊孢子有直條紋痕之外壁。大小 20-25 x 8-13 μ m
- ↓
- F. illudens*

1. 小分生孢子量稀少。
 2. 厚膜孢子量少，只發現在大分生孢子上形成。
 3. 有深藍紫色色素。
 4. 菌絲稀少，孢子堆為黏膜型，乳酪色。
- ↓
- F. solani* var. *coeruleum*

Section Lateritium

1. 在PDA上,生長緩慢,氣生菌絲稀少,孢子堆產量豐富,常呈桔色。
培養不同菌株時,在培養基表面出現深紅色或白色至粉紅色,惟在培養基底部則為無色至淡桔色或黃褐色。
2. 小分生孢子無或稀少,但亦有產量豐富者,橢圓形,紡錘形或棍棒形有0至3個隔膜。
3. 大分生孢子產量豐富,長圓筒形,腹背面相互平行,亦有略微彎曲者,頂細胞呈鳥喙狀或鉤狀,具明顯足狀基細胞。
4. 具有不分叉與分叉的單瓶狀枝。
5. 厚膜孢子單生或串生,亦有產量稀少者。
6. 有性世代為 *Gibberella baccata*



F. lateritium

Section Sporotrichiella

1. 在 PDA 上，生長速率快，氣生菌絲多，培養基背面呈深紅色或帶有褐色。
2. 小分生孢子量非常多，假頭狀，有 0 至 1 個隔膜（本群重要鑑定依據之一）。
3. 大分生孢子彎曲，有明顯的背腹面，除 *F. sporotrichioides* 外均具有足形基細胞。

1. 氣生菌絲白色或粉紅色。
2. 培養基背面深紅色。
3. 單瓶狀枝。
4. 具有厚膜孢子。

1. 氣生菌絲白色，粉紅色或褐色。
2. 培養基背面深紅色至黃褐色。
3. 單或複瓶狀枝。
4. 厚膜孢子量豐富。

1. 無孢子堆。
2. 大分生孢子量較少。
3. 小分生孢子球形。
4. 分佈很廣。

↓
F. poae

1. 孢子堆散生。
2. 大分生孢子量較多。
3. 小分生孢子呈檸檬至洋梨形或紡錘形。
4. 分佈在溫帶。
5. 有性世代 *Gibberella tricineta*。

↓
F. tricineta

1. 孢子堆散生。
2. 大分生孢子量較多。
3. 小分生孢子卵至洋梨形或紡錘形。
4. 分佈在寒帶。

↓
F. sporotrichioides

1. 無孢子堆。
2. 大分生孢子量較少。
3. 小分生孢子紡錘形。
4. 分佈在熱帶及亞熱帶。

↓
F. chlamydosporum

Section Roseum

1. 小分生孢子量稀少或無。
2. 大分生孢子細長, 壁薄, 鐮刀形或針線形(本群重要依據之一)。
3. 大分生孢子具有足狀基細胞。
4. 單瓶狀枝。
5. 不形成厚膜孢子(本群重要依據之一)。
6. 分佈很廣。

1. 大分生孢子細長, 隔膜大多在3個以上。
 2. 氣生菌絲白色至黃褐色, 培養基背面為深紅色至黃褐色。
 3. 孢子堆集中在菌落中央, 橘色或紅棕色。
 4. 有性世代為 *Gibberella avenacea*。
- ↓
- F. avenaceum*

1. 大分生孢子細長, 但較 *F. avenaceum* 短, 隔膜大多有3個, 但亦有5個者。
 2. 氣生菌絲白色至粉紅色, 背面為黃褐色。
 3. 孢子堆集中在菌落中央, 呈橘色。
- ↓
- F. graminum*

Section *Arthrosporiella*

1. 在 PDA 上，氣生菌絲白色至黃褐色，培養基背面亦呈黃褐色。
2. 小分生孢子量稀少。
3. 大分生孢子為紡錘形，基細胞呈乳頭狀，可由單或複瓶狀枝產生（本群重要鑑定依據之一）。
4. 具有厚膜孢子。
5. 分佈很廣。

1. 大分生孢子紡錘形，寬度較寬，且彎曲。
 2. 無孢子堆。
- ↓
- F. camptoceras*

1. 大分生孢子有兩型，一為鐮刀形，有足狀基細胞，可自孢子堆上產生，另一為紡錘形，有乳頭狀基細胞，自氣生菌絲上產生。
 2. 有時具有散生，桔色的孢子堆。
- ↓
- F. semitectum*

Section Gibbosum

1. 小分生孢子量大多稀少。
2. 大分生孢子強烈彎曲，頂細胞呈圓錐狀，細長或鞭狀（本群重要鑑定依據之一）而基細胞呈足形。
3. 有厚膜孢子，但數量多寡及形成快慢各有差別。

1. 氣生菌絲白至黃褐色。
2. 培養基背面多為黃褐色，只有 *F. equiseti* var. *compactum* 為紅色。
3. 孢子堆散生，橘色。
4. 有或可能有小分生孢子。
5. 單或複瓶狀枝。

1. 氣生菌絲白色。
2. 培養基背面為深紅色，黃褐色。
3. 孢子堆散生，橘色或紅棕色。
4. 小分生孢子稀少。
5. 單瓶狀枝。

1. 有小分生孢子，卵形，長橢圓形，有氣生菌絲產生。
 2. 單瓶狀枝。
 3. 厚膜孢子在有些菌系產生很多。
 4. 分佈為世界性。
 5. 有性世代為 *Gibberella intricans*。
- ↓
- F. equiseti*

1. 小分生孢子很多，長橢圓形至棍棒形，0至3個隔膜，由複瓶狀枝上產生。
 2. 大分生孢子中央的隔膜較兩側為緻密。
 3. 只發現在溫暖，半乾燥區。
- ↓
- F. scirpi*

1. 大分生孢子纖瘦自基細胞起1至3個隔膜處較寬。
 2. 世界性分佈。
 3. 有性世代為 *Gibberella acuminata*。
- ↓
- F. acuminatum*

1. 大分生孢子非常長，頂細胞呈鞭狀。
 2. 分佈在潮濕的熱帶或亞熱帶。
- ↓
- F. longipes*

Section Eupionnotes

1. 在PDA上,生長極緩慢,形成酵母菌般的溼潤菌落,氣生菌絲稀少。(鑑定本群的重要依據之一)。
2. 菌落顏色變化大,由白色至橘色。
3. 培養基底面的顏色與菌落表面相同。
4. 具有不分叉與分叉的單瓶狀枝
5. 無小分生孢子。
6. 大分生孢子產量豐富。

1. 大分生孢子纖細,壁薄,新月形,頂端微尖,基細胞有或無足狀構造。
2. 無厚膜孢子。
3. 有性世代為
Nectria episphaeria
↓
F. aquaeductuum

1. 大分生孢子微彎,較*F. aquaeductuum*堅實,頂細胞微鈍,有時成鉤狀,基細胞無足狀構造。
2. 具有厚膜孢子,有時成串生。
3. 有性世代未知。
↓
F. merismoides

1. 大分生孢子產量豐富,短小,有1至2個隔膜,頗似*F. nivale*之大分生孢子,頂細胞呈鉤狀,基細胞鈍形或微尖。
2. 有厚膜孢子,但極稀少。
3. 有性世代未知。
↓
F. dimerum

Section Spicarioides

1. 在PDA上,氣生菌絲白色,迅速產生乳酪色至黃色的孢子堆,在孢子堆上常出現許多小滴狀的分泌物。
2. 培養基底部呈深紅色。
3. 小分生孢子產量豐富,卵形,0至1個隔膜,呈假頭狀與長鏈狀排列。
4. 大分生孢子極大,壁厚,約有9個隔膜,背腹面等長,略微彎曲,頂細胞與基細胞形態相仿,惟有時基細胞的足狀構造較為清晰。
5. 具有不分叉與分叉的單瓶狀枝。
6. 無厚膜孢子。
7. 有性世代為 *Calonectria rigidiuscula*

↓
F. decemcellulare

引用文獻

- Bilai, V. I. 1955. The Fusaria (Biology and Systematics.) Kiev: Akad, Nauk, Ukr. SSR. 320 pp.
- Booth, C. 1971. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England. 237p.
- Gerlach, W., and Nirenberg, H.. 1982. The genus *Fusarium*-A Pictorial Atlas. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. Berl-Dahlem 209:1-406.
- Gordon, W. L. 1952. The occurrence of *Fusarium* species in Canada. II. Prevalence and taxonomy of *Fusarium* species in cereal seed. Can. J. Bot. 30: 209-251.
- Huang, J. W., Sun, S. K., and Maa, H. Y. 1992. Studies of the genus *Fusarium* of Taiwan. (I). Trans. Mycol. Soc. R.O.C. 7(1/2): 1-22.
- Huang, J. W., Sun, S. K., and Maa, H. Y. 1992. Studies of the genus *Fusarium* of Taiwan. (II). Trans. Mycol. Soc. R.O.C. 7(1/2): 23-26.
- Huang, J. W., Sun, S. K., Maa, H. Y., and Chen, J. H. 1992. Studies of the genus *Fusarium* of Taiwan. (III). Trans. Mycol. Soc. R.O.C. 7(3/4): 1-17.
- Joff, A. Z. 1974. A modern system of *Fusarium* taxonomy. Mycopathol. Mycol. Appl. 53: 201-288.
- Liddell, C. M. 1991. Introduction: Recent advances in *Fusarium* systematics. Phytopathology 81: 1044-1045.
- Matuo, T. 1972. Taxonomic studies of phytopathogenic Fusaria in Japan. Rev. Plant Prot. Res. 5: 34-45.
- Messiaen, C. M., and Cassini, R. 1968. Recherches Sur les fusarioses. IV. La systématique des *Fusarium*. Ann. Epiphyt. 19: 387-454.

- Nagy, R., and Hornok, L. 1994. Electrophoretic Karyotype differences between two subspecies of *Fusarium acuminatum*. *Mycologia* 86: 203-208.
- Nelson, P. E. 1991. History of *Fusarium* systematics. *Phytopathology* 81: 1045-1048.
- Nelson, P. E., Toussoun, T. A., and Marasas, W. F. O. 1983. *Fusarium* Species: An Illustrated Manual for Identification. The Pennsylvania University Press, University Park and London.
- Partridge, J. E. 1991. Specific gene products of *Fusarium*: Analysis of ribosomeal protein. *Phytopathology* 81: 1055-1058.
- Peterson, St. W. 1991. Phylogenetic analysis of *Fusarium* speices using ribosomal RNA sequence comparisons. *Phytopathology* 81: 1051-1054.
- Raillo, A. 1950. *Gariiby Roda Fuzarium*. State Publ. Moskava: Gos. Izd-vo selk-hoz. lit-ry. 415 pp.
- Snyder, W.C., and Hansen, H.N. 1940. The species concept in *Fusarium*. *Amer. J. Bot.* 27:64-67.
- Snyder, W.C., and Hansen, H.N. 1941. The species in *Fusarium* with reference to section Martiella. *Amer. J. Bot.* 28:738-742.
- Snyder, W.C., and Hansen, H.N. 1945. The species concept in *Fusarium* with reference to section Discolor and other sections. *Amer.J. Bot.* 32:657-666.
- Windels, C. E. 1991. Current Status of *Fusarium* taxonomy. *Phytopathology* 81: 1048-1051.
- Wollenweber, H.W., 1913. Studies on the *Fusarium* problem. *Phytopathology* 3:24-50.
- Wollenweber, H.W., and Reinking, O.A. 1935. *Die Fusarien*. Paul Parey, Berlin. 335p.