

S421.1

植物病原學講義

上 冊

張 際 中 編

東 北 農 學 院

1951.

植物病原學講義目錄

緒 言

一、植物病害的原因	1
二、植物病原學	2

第一章 真菌

第一節 真菌之概念	3
第二節 真菌之細胞構造	3
第三節 營養體之構造	5
第四節 生殖器官之構造及生殖法	6
第一項 無性生殖器官	6
第二項 有性生殖器官	8
第三項 生殖法	10
第四項 真菌之生活法	12
第五節 真菌之分類	14
第六節 藻菌綱	14
一、古生菌亞綱	
I. 瓶狀菌目	16
II. 連鎖菌目	21
二、卵菌亞綱	22
III. 單毛菌目	23
IV. 水生菌目	23
V. 露菌目	25
三、接合菌亞綱	29
VI. 毛黴菌目	29
VII. 蟲生藻菌目	35
第七節 子囊菌綱	36
一、原子囊菌亞綱	37
I. 原子囊菌目	37
II. 酵母菌目	38
二、眞子囊菌亞綱	40
III. 原盤菌目	40
IV. 繡笠草目	42
V. 茶碗菌目	44
VI. 黑脂菌目	50
VII. 黑癬菌目	53

VIII. 塊菌目	56
IX. 麴菌目	57
X. 被子囊菌目	60
XI. 肉座菌目	65
XII. 腫狀菌目	68
XIII. 球殼菌目	70
XIII. 虫生子囊菌目	77
第八節 原菌綱	77
✓ 第九節 担子菌綱	78
一、半担子菌亞綱	79
I. 黑穗菌目	80
II. 銹菌目	83
二、原担子菌亞綱	93
I. 木耳菌目	93
II. 膠菌目	95
三、真担子菌亞綱	96
I. 淚菌目	96
II. 餅菌目	96
III. 帽蕈目	97
IV. 髓蕈目	112
V. 麥蕈目	113
VI. 埃蕈目	113
VII. 巢蕈目	114
VIII. 硬皮蕈目	114
✓ 第十節 不完全菌類	115
I. 類球殼菌目	116
II. 黑粉菌目	124
III. 綫菌目	127
IV. 菌絲菌目	142

緒 言

一、植物病害的原因

植物的病害不是一種靜止停頓不變的狀態，而是病原的發展得病植物為維持其生育與它們周圍的生活條件，三者間矛盾鬥爭的發展過程。所以植物病害的發生本有其直接病原侵害的決定原因，和得病植物具有容易被病原侵害的性質外，而且病原與得病植物各自均為聯繫着的統一整體，並不是孤立存在着的，與其生活條件有着密切聯繫而不可分離的關係；有關病原和得病植物的各種生活條件同時或個別直接或間接，有的助長病原的侵害加強病勢，有的制約病原的發展而幫助植物健全生育，凡此諸種條件和得病植物的性質與病原侵害的決定原因不能同日而語，但亦不能完全忽視，就其使病害發生原因的價值大小，可將其別為主因 main Cause 誘因 inducing Cause 和素因 Constitution 三種。

對於病害之發生具有密切關係，病害若無其存在則不能發生，為致病中價值之最大者，稱主因，助長主因之進展加強病勢之周圍生活條件，如氣溫濕氣植物之營養狀態創傷等為病原發展的有利條件誘導植物易於得病者，稱誘因。如在歷史上 1846 年歐洲各地所發生的馬鈴薯晚疫病 late blight of potato，以英國愛爾蘭地方最為劇烈，引起空前的大饑饉。當年愛爾蘭地方的氣溫低於往年，且七、八兩月概全籠罩着濕氣，病原菌繁殖甚速，致全島所栽培的馬鈴薯在兩週內慘遭毀滅，塊薯無收。緣愛爾蘭地方本以馬鈴薯為主食，因而有四百餘萬的災民，竟陷於絕食，以致死亡遍地。此病原菌為 *Phytophthora infestans* 寄生而起。其分生孢子在空氣濕潤時，最易發芽侵害馬鈴薯葉，倘若七、八兩月的天氣，無異往年，誘不致遭此大害。故馬鈴薯晚疫病的主因為前記病原菌的寄生，其誘因則為多濕低溫的天氣。而且植物病害的發生常與植物體的固有性質有關，雖主因與誘因均在，植物物種間或個體間其得病之程度往往不同，此有於植物體內足能促進病害發生的固有性質，謂之素因。素因又有種族素因 Disposition 與個體素因 Predisposition 之別。植物上一物種或一品種之全系統具有易於感染某種病害的固有性質者，稱種族素因。同物種或同品種中 X 之個體亦有易於得病或難以感染的個體，具有易於得病的體質者，是為個體素因，此種族素因與個體素因雖均為遺傳性質，但周圍的生活條件，如光線、氣溫、濕氣、營養等亦可促其發生變化。

總之：一傳染病害的發生，該植物具有感染性 Susceptible 的素因，且周圍的生活條件又適為該病發生的誘因，再加上主因的病原前來襲擊時，則病害遂自發生。

由上可知，誘因與素因都是植物得病的必要原因之一，而且當然影響病害的發展，可是它們的影響不是決定的原因，是處於次要的地位。因為若沒有主因，雖然誘因和素因俱在，病害不會發生的。所以一般所謂植物的病原，概指主因而言。植物病害的主因種類繁多，茲將其主要的列舉如下：

I. 傳染性病害

1. 病原動物 (1) 原生動物 (2) 線虫類 (3) 昆蟲類 (4) 壁蝨類
2. 病原植物 (1) 細菌 (2) 黏菌 (3) 藻類 (4) 真菌 (5) 種子植物
3. 傳染質 Virus

II. 非傳染性病害

1. 營養關係 (1) 土壤 (2) 肥料 (3) 水分
2. 天候關係 (1) 氣溫 (2) 濕氣 (3) 陽光 (4) 風 (5) 雨雪 (6) 雷電等

3. 工業關係 (1) 煤烟 (2) 水泥粉 (3) 工廠流水 (4) 礦毒等
4. 防治藥害
5. 傷痕 (1) 大動物的食害 (2) 人爲的傷害

以上所舉植物病害的各種主因，其中屬於傳染性的，概皆單獨能引起植物病害構成主因，但非傳染性的，固然亦能直接主動發生病害但常X協力主因，爲植物病害的重要誘因。

二、植物病原學 Phytopathogeny

植物病原學是研究足能引起植物病害主因的一切知識，認識病原的外部形態，內部構造和它們的生活史，並根據它們的進化系統，類緣的親疏遠近關係，彙同辨異而將它們分門別的科學。學習植物病原學的目的，是在認識植物病害的病原，掌握它們的生活史，控制它們脆弱的一環，我們可以用主觀的努力，創造不利於它們的生活條件，使植物生育健全，而阻碍或預防它們的發展，保證我們所栽培的植物向着我們所願望的一定方向發展。

植物病原的種類繁多，如上所述。以致植物病原學的範疇亦較爲廣汎。按照病原的種類，可分成下列四分科：

1. 植物病原真菌學 Phytopathogenic Euxmycology 研究引起植物病害的真菌類
2. 植物病原細菌學 Phytopathogenic Bacteriology 專研植物病原的細菌。
3. 植物病原傳染質學 Phytopathogenic Virology 研究引起植物病害的傳染質
4. 植物病原動物學 Phytopathogenic Zoology 研究引起植物病害的線虫和壁蝨等動物類。

第一章 真 菌

第一節 真菌之概念

真菌按 Engler 氏之分類系統，在植物界中列為第十二門真菌植物門 Eumycetes，其中包括有藻菌綱 Phycomycetes 子囊菌綱 Ascomycetes 原菌綱 Protomycetes，担子菌綱 Basidiomycetes 及不完全菌類 Fungi imperfecti 四綱及一類，其形態千態萬狀，大小不一而足，或為形態極其微小，肉眼所難辨認顯微鏡下之單細胞植物；但大多數由細長的菌絲 Hypha 組成的菌絲體 mycelium 發育為高大的草體，竟有達一尺以上者。真菌的大部分有營養體 Vegetative body 與生殖器官 Reproductive Organ 之別。營養體無運動性，頗似高等植物，能頂端生長 apical growth，生殖器官有無性有有性兩種，有性生殖器官有雌雄性之分化。菌體中不含有葉綠素，以致離營光合作用，不能自製有機物質，與細菌相同為營養植物 Heterotrophic Plant，營寄生生活。真菌之分佈甚廣，無論水中陸上或動植物體中均見有其滋生繁殖，與人類關係最為密切。其中可供人類食用的如竹筴，黃蘗木耳、銀耳、猴頭等，推進農工業上生產者亦不在少數。如麴菌，酵母菌等，可供藥用的有麥角茯苓，雷丸等，但其大部分寄生於植物體使植物致病危害人類的生產！其中一小部分亦能致人類或家畜的疾病。

第二節 真菌之細胞構造

第一項細胞壁：——真菌之細胞壁外觀亦與高等植物略同，初為無色之薄膜，其後逐漸加厚或滲入各種色素；如褐黃，橙，紫，暗黑等色，其形態亦起變化，胞壁之增厚生長可分兩種；一為向心法 Centripetal-method；胞壁內側向中心增厚此為普通常見極端者其胞壁特形增厚，胞內殆全為胞壁所佔，僅留細孔數處，形成孔道，以與鄰接細胞聯繫，二是細胞壁向外側增厚之遠心法；Contrifugal-method 此常見於產生在囊狀細胞內之細胞，然其增厚恒有厚薄之不均，遂常現出種種斑紋或突起小疣等。此兩法若相併而行則胞壁能見有兩層之別。

胞壁之主要成分，藻菌中的水生菌及霉菌為纖維素所構成，其他真菌概由基丁質 Chitin 亦有由半纖維素，樹膠糖 Pect-ose，塞飯糖 Callose 及類以炭水化物組成，而且或滲入其他物質，如担子菌中之多孔菌科常見有木栓化或木質化，細胞壁之表面往往附有沉積之草酸鈣碳酸鈣鹽類之結晶。

第二項—原生質：——真菌細胞之原生質，係為均質透明半流動狀之膠體，其基本物質中常存有多數之顆粒體 Chromdriosome，此顆粒體常視為與細胞之生長有關，以致菌絲之生長點，分枝部，或孢子之生成部特形顯明，對於碘液或苯胺染劑易於染色。原生質之運動亦常見於真菌之細胞中，其流轉運動多見於藻菌中之水生菌科或生成孢子之細胞中，但無細胞壁裸體之游走孢子，多行變形之運動。幼小之細胞雖全充滿原生質，但隨細胞之增長體積，漸生空胞，空胞之大小及其數量概不一致，但成熟之孢子不見有空胞，當孢子發芽之際則逐漸生出空胞內藏有胞液亦與其他植物同。

第三項——胞含物：——原生質中常有儲存物質或代謝作用之生產物，無機物質中以草酸鈣為常見，多呈方形，針狀或顆粒狀之結晶，有機物質則以蛋白質，油球炭水化物，色素等為多。

(1) 蛋白質之在藻菌之菌絲中多為三角狀或六角之梭狀結晶，此特稱之毛黴素 mucorin。振轉菌素亦廣含有於細胞中，無色呈略球形，光線折射力強。

(2) 油球：除含在菌絲中外，孢子中亦常發見，其形態一般較小，時或連合為大球形，孢子中油球之形狀及大小，去隨其種類而有一定，故常作為分類上之標誌。尤以子囊菌為甚，油球通常無

色，因其光線之折射力甚強，故易於察見，但担子菌中銹菌之油球多呈黃色或褐色。油球易溶於乙醚，酒精，氯仿等溶液中用 alkamin 或 Sudan III 等脂肪染料染成赤色

(3) 炭水化物——藻菌綱中水生菌科之節水生菌屬 *Leptomit* 往往含有纖維精體 Cellulin body 其成分為炭水化物之一種，無色球形或全心輪狀，節水生菌屬之特徵，乃在其菌絲間具有細節處，或其鄰接細胞部分，若遭破損時原生質則向該處流轉，且纖維精體亦隨原生質之運動，得向該處移動而填塞傷口，恰如可移動之活塞，由此可知纖維精體尚具有司理癒傷或保護細胞體之機能。子囊菌綱中白粉病菌科之分生孢子中含有纖維體(Fibrosic body, Fibrosin)此為一種儲存物質，其體小形狀不一，當分生孢子發芽之際，恒溶解消失，其他肝糖，甘露糖，蘭密糖 (Trehalose) 等炭水化物亦發見於原生質中。

(4) 色素：——真菌之細胞中雖無葉綠素及花青素，但常含有其他各種色素，含有紅色色素者有髓孢菌 *Polyporus sanguinens*、朱草 *Polystictus cinnabarius* 栗幹枯病菌 *Endothia Parasitica* 等，黃色或橙色者有黃黴 *monilia Sitophila* 李葉腫病菌 *Polystigma rubrum*，闊葉樹癌腫病菌 *Nectria cinnabarine* 等，綠色者有綠黴 *Penicillium glaucum* 綠麴菌 *Aspergillus glaucus* 等，藍色或紫色者有藍麴菌 *Aspergillus fumigatus* 紫黴 *Penicillium purpurogenum* 麥角之菌核等，褐色或黑色者有茄苗猝倒病菌 *Rhizoctonia Solani* 黑黴 *Aspergillus niger* 稻胡麻葉枯病菌 *Helminthosporium oryzae* 等，其成分同種而異，前記朱草之紅色色素為 Xanthotrametin 可形成為結晶狀，李葉腫病菌，闊葉樹癌腫病菌之黃色色素據 Zopf 氏之研究為羅蔔素，栗幹枯病菌之色素，據 Pantauelli 氏認為 *Lipochroma*，Anderson 氏則認為 *Aurin* (C₁₉H₁₄O₃)。

(5) 樹脂類——多發見於樹木寄生菌之多孔菌科之細胞中褐色。

第四項 胞核：——真菌之胞核最初發見者為 Schmitz 氏 (1879) 後經 Strasburzer (1884) 就多數真菌用特殊染色法加以研究，更明確證實胞核之存在。胞核概為球形，外被以核壁 nuclear Wall 內藏核仁 nucleolus，用核染色劑易於染色核絲 linin 顯然可見，核之數目隨菌種及細胞之種類而異，一般孢子中及子囊菌之菌絲細胞中，概有一個細胞核，但担子菌之菌絲細胞及銹菌之夏孢子，銹孢子，等具有二核，藻菌之菌絲細胞核常在兩個以上。

胞核之分裂與高等植物相同有直接與間接分裂之別，但真菌之胞核分裂時與其他植物不全有中心體 Centrosome 之出現，由此中心體放出輪射狀星線，具有二核之菌絲當孢子生成時，其胞核常互相結合為一複相核，隨其生成孢子之數目更行減數分裂，每個孢子常含有一個胞核。染色體之形狀與高等植物者大同小異，其數目因種而異，迄今已有六十多種之真菌已研究其染色體之數目，其主要者列舉如下：

菌 名	染色體數單相核 (n)
煙草 <i>Lycoperdon piriforme</i>	2
羊肚菌 <i>Morchella esculenta</i>	4
小麥黑桿誘病菌 <i>Puccinia minis</i>	2
甜菜銹病菌 <i>Uromyces betae</i>	2
蛇麻白粉病菌 <i>Sphaerotheca humuli</i>	4
花臉菌 <i>Armillaria mellea</i>	
馬鈴薯癌腫病菌 <i>Synchytrium endobioticum</i>	5
美洲虫生菌 <i>Entomophthora americana</i>	8

第三節 營養體之構造

真菌之營養體依其功用之不同，可別為二種：司代謝作用者謂之營養體 Vegetative body 生殖機能者則為生殖器官 Reproductive organ。真菌之營養體依其演進之程度各不相同頗形異趣。

第一項 原生體 Protoplast 及菌絲 Hypha

藻菌中之原始的種類，其營養體概為裸體的單細胞無細胞壁，頗似精菌之變形體 Plasmodium 外被以極薄之原生質膜，亦可行變形虫運動，特稱原生體。其營養概由原生體表面藉滲透作用吸取同較為高等的種類則由細長絲狀分枝或不分枝之菌絲組成，然一般真菌之營養體，大多由多數菌絲綜錯分枝，集結為菌絲體。

第三項 菌絲體 mycelium

菌絲體發生之始，亦不過為一個孢子，經其發芽，生出發芽管 germ tube，發芽管能頂端生長，更分枝發育，遂形成菌絲，其中胞壁漸次分裂或不發生出隔膜，septa 分成多數細胞，此稱絲稱為有隔菌絲，Septate hypha 或者其中胞壁雖漸次增多，但不生出隔膜，宛如單細胞之構造但具有多細胞的本質，此稱為無隔菌絲，aseptate hypha 菌絲之分枝有兩種方式；一是互生分枝之側枝與主幹均能繼續生長，形成單軸狀分枝 monopodium，二為僅側枝不斷生長，主幹多停止生長形成假軸狀分枝，Sympodium 分枝菌絲更互相纏絡接合則形成為菌絲體。

菌絲體多發育於寄主體或營養基之表面而稱焉氣生菌絲 aerial mycelium，潛入其內部，蔓延發育者是為潛生菌絲 Submerged mycelium。營養概由菌絲直接吸收或由菌絲之一部特生營養吸收器官，插入寄主體內，吸取營養，此器官之形狀種種不一，或為球狀或為系狀不正形稱為吸器 Haustorium，菌絲體亦具有繁殖力，如高等植物之插條，若將其一部切斷而使其在良好條件下發育即可生長為新菌絲體。菌絲體之發育普遍概由一處點狀發育形成略圓形之菌落叢，肉眼可以察見，但菌叢之菌絲體時或不連續一直生長，週期發育形成同心環狀，此謂之妖魔環 Fair's ring 或稱 Liessegangs ring，此概由於菌絲之發育疏密不同，或菌絲與生殖器官交互生長而致，此種現象不僅見於在培養基上所發育之菌絲體，多年生長於地上之帽蕈類其子實體之生成亦常見之。

第三項 芽生菌絲體 Sporing mycelium

子囊菌中酵母菌，概不生絲狀菌絲體，其營養體是為單細胞或在其細胞外之一處或數處發生小芽，此小芽漸次長大，迨至發育與其母細胞同大時，脫落或竟不脫離母細胞長久附着其上小芽復生小芽，互相連結，而形成芽生菌絲體，此更發育為肉眼所能察見之芽生菌落 Sporing Colony

第四項 菌絲組織 Plectenchyma

菌絲體之特形發育常互相纏絡結合形成一種組織，但此組織與高等植物之組織，其發生過程不同，特稱為菌絲組織。此菌絲組織之內部構造與形態有種種之別可述如下：

(1) 索狀菌絲組織 Strangeplectenchyma 此組織係由多數排列的束狀菌絲集合分枝而成常見於根狀菌絲束 Rhizomorphs

(2) 擬柔膜組織 Pseudoparenchyma 菌絲緊密集結形成堅硬組織各細胞之大小相同，頗與高等植物之柔膜組織類以，故特稱擬柔膜組織，子囊菌之子囊盤，担子菌中帽傘類之菌傘，菌柄菌褶中均見有此種組織，尤以菌核麥角菌核中更為明瞭，此擬柔膜組織中，若生有子實體時特稱子座 Stroma

(3) 長形菌絲組織 Prosoplectenchyma 較前者之菌絲結合稍為疏鬆，由較長形之細胞組成含有如肝糖之營養物質，此組織多見於菌傘菌核菌柄菌褶等內。

(4) 分泌組織 Secretory plectenchyma，此係由於擬柔膜組織或長形菌絲組織中之長形乳管

構成，內含多量乳汁，隨組織之破壞，乳液則分泌於外部，多見於青頭菌類之子實體中其色多為白色，黃色，赤色，等其成分為蛋白質和類似樹膠之 Mycetid, Ehodat und Chuit 兩氏由 *Lactariusx Piperatus* 中分離 *Laktar Saure* $C_{15}H_{30}O_2$

第五項 根狀菌絲束

此為多數之索狀菌絲組織數層並行緊密排列而成，宛如高等植物之根狀構造能頂端生長其構造有內外兩部之分；外部，緻密間無空隙，呈褐色，功能保護內部，防禦外界損害，特稱皮層 *Corteo* 內部疏鬆，其色白具有輸導養分之機能，謂之髓部 *Pith* 担子菌中帽頭類的子實體由其菌部基部所生的根狀菌絲即係此種根狀菌絲束。

第六項 菌核 *Sclerotium*

擬薄膜組織之特形分化形成堅硬之瘤狀者謂之菌核，其形大小不一，概為赤褐色係一種耐久體 *Permanent body*，內貯養分經休眠後始生子實體。

第四節 生殖器官之構造及生殖法

營養體之發育達一定程度或轉變其營養狀態時則見有生殖器官之產生，生殖器官之特形發達的稱為子實體 *fruit body* (*fructification*)然藻菌中之瓶狀菌 *Chytridiales* 或子囊菌中之酵母菌，其營養體之生殖器官無細胞之分化，其營養作用和生殖機能，均以同一細胞全部統理之，此謂之全實體 *Homocarpic*。但大多數之真菌，其菌體常起組織之分化，由營養體生出形狀特異之生殖器官，專司生殖機能，是為眞實性 *Eucarpic*。真菌之生殖器官之本質是為孢子 *Spore*，孢子之生成簡單者，由營養菌絲之細胞直接變形而成，但大多數是由菌絲特別分化的担子體 *Sporophore* 產生。是以真菌之生殖器官，尤其子實體，概由孢子及担子體構成。惟孢子是生殖器官之絕對構成部分，但担子體並非絕對部分，孢子若單獨由菌絲直接生成之担子體生出無性細胞 *Sex Cell* 之別，不經受精現象，亦不見有細胞核之互和結合現象，是為無性生殖 *Asexual reproduction*。但必須有雌雄器官接合經授精現象或菌絲中胞核之結合而產生之孢子，是為有性生殖 *Sexual Reproduction*，孢子及担子體之形態，及其生成方法，有多種之別，茲就其有性與無性兩種分別畧述如下：

第一項 無性生殖器官 *Asexual Reproduction* 此種生殖器官依其生成方法可別為下列數種：

(1) 游走孢子 *Zoospore* 及游走孢子囊 *Zoosporangium* 游走孢子為真菌孢子中之最原始的，祇見於藻菌中之下等種類，游走孢子具有纖毛 *Cilium* 或不生，有纖毛者其數為一或二，其生一根之纖毛者，較之二根者，游泳程度為低，游走孢子能游動於水液中，亦能兼行變形虫運動，無纖毛之游走孢子祇行變形虫運動，具有變形虫性 *amoeboid*，游走孢子為單細胞，極其微小，多為球形或卵形長經 $5-10\mu$ ，無細胞壁，為一薄生質體，外被以極薄之原生質膜，具纖毛之游走孢子經一定時間游動後，消失其纖毛，變成變形虫樣，此特稱粘液變形虫 *Myxamoeba*，但大多數之游走孢子失其纖毛而靜止不動，外生細胞壁，自成球形，謂之被囊孢子 *Cystospore*，或包囊 *Cyst*。游走孢子非由營養體直接生成，乃產生於袋狀的母細胞之內後從母細胞中游動而出是以游走孢子為一種內生孢子產生游走孢子之細胞，特稱為游走孢子囊 *Zoosporangium*，游走孢子囊之形狀及大小因種而異多為球形，圓筒形，乃至棍棒狀，游走孢子囊之球形者，或單稱孢子 *Spore*。又球形，卵形，橢圓形者，常稱分生孢子 *Conidium*。游走孢子囊時或多數集團形成層狀，此謂之游走孢子囊堆 *Zoosporangial Sorus* 或簡稱囊堆 *Sporangial Sorus*

(2) 孢子囊孢子 *Sporangiospore* 及孢子囊 *Sporangium*

此與前者相同，亦為內生孢子，但不生纖毛，特稱孢子囊孢子，其產生此孢子囊孢子之母細胞稱為孢子囊。孢子囊生於由菌絲體生出氣生菌絲之頂端，此菌絲特稱孢子囊梗 *Sporangiophore*。

4aticiferous tubes 孢子囊梗與孢子囊間生有隔膜，此梗深入囊內的膨大部分特稱囊軸（小柱）Columella。孢子囊中原含有多量之原生質，後分割為多數之孢子囊孢子，但囊內的原生質仍有少許殘存，此少量之原生質，當孢子囊成熟之際吸收水分增高膨壓，破裂囊壁，孢子囊孢子即可散出，孢子之形狀概為球形或圓形。

(3) 厚壁孢子 Chlamydospore

厚壁孢子球形，其生成不特生出担子體由於菌絲之頂端或其中間，凝集原生質，儲存養分，逐漸增厚胞壁而後時或胞絲分生多數隔膜將全部細胞變成厚壁孢子，其特性能抵抗外界條件，菌絲雖遭死滅，但厚壁孢子仍然生存，遇適合生活條件，始而發芽生長為菌絲體，此足和厚壁孢子之形態與孢子相似，其作用為一種耐久細胞，和菌核或根狀菌絲束有共同之點。

(4) 菌芽 Gemma；菌芽之生成與厚壁膜孢子略同，亦於菌絲之一部，生多數隔膜縱分割為卵形或圓形之菌芽，但其胞壁稍薄，耐久力亦不似厚壁孢子之強，生成後或能立即發芽，如柑榴槳病菌之菌絲可見有此種菌芽之生成，菌芽之定義隨學者而異，或者將厚壁孢子廣義解釋菌芽亦包括其中。

(5) 分生孢子 Conidia, Conidiospore 及分生孢子梗 Conidiophore

菌絲體發育達到一定階段時其一部停止生長，生出分生孢子梗，外部着生孢子，此孢子稱為分生孢子，是一種外生孢子 Exospore，此分生孢子多生於陸生真菌，易於分散傳播，其形狀和大小，隨種而異，普通單細胞者，多為球形，橢圓形或細長絲狀；多細胞者或橫堅生隔膜，其形狀種種色有或無，亦不一樣，分生孢子按其生成順序，可別為三種方式；

(1) 向心生成法 Basipetal formation 分生孢子梗生長達一定階段時，在其近於頂端處先生一細細部分逐漸向入生膜形成孢子，其後分生孢子梗更形伸細生成第二孢子，如是生成孢子互相連接成為念珠狀，分生孢子梗上長度始終不變，位於最頂端者為最初生成之孢子如白銹病菌屬 *Aldugo* 青黴屬 *Penicillium* 蕈菌屬 *Aspergillus* 等分生孢子之生成，概以此法。

(2) 遠心生成法 Basifugal formation

分生孢子梗所生之孢子，成熟後，由此孢子生芽再生第二孢子，如是孢子復生孢子，分生孢子梗概不伸長，最上端之孢子係最新生者，如不完全菌類之 *Alternaria* 屬 *Chladosporium* 屬之分生孢子即依此法而生。

(3) 分割生成法 Divisive formation

此法與前兩者頗形異趣，分生孢子梗停止生長，漸次向下生成隔膜，而分割為孢子，是以分生孢子梗與時俱短，不完全菌類之 *Oidium* 和自粉病菌之分生孢子，均根據此法而生。

分生孢子梗有單胞與多胞，有色或無色，孤生或羣生之別，孤生者常分歧形成樹枝狀或直立為線狀。羣生者數個或多數密集成束狀者，稱為分生孢子梗束 *Coremium* 如 *Phaeoisariopsis* 屬菌為其適例。分生孢子梗，若短小多數密集叢生形成塊狀或半球形之褥狀者是為分生孢子梗褥 *Sporodochium*，如見於新月菌屬 *Fusarium*，生出分生孢子梗之菌絲細胞，聚結甚密形成盤狀或層狀，分生孢子梗亦短，密集排列於其上者，是為分生孢子梗層 *Acervulus* 如無剛毛炭疽病菌屬 *Gloeosporium*，和有剛毛炭疽病菌屬 *Colletotrichum* 常見有此種形態，此分生孢子梗層的周圍或生有剛毛 *Setae* 藉以保護。

(6) 柄孢子 Pycnospore 及柄子殼 Pycnidium

以上所述分生孢子乃裸出於體外者，此外尚有產生於一種囊殼內者，特稱柄孢子。其包被之囊殼謂之柄子殼，柄子殼之殼壁為一層至數層之暗褐色或暗黑色之厚壁孢子所構成其實為膜質，炭質或革質等，普通概為球形，瓶狀或不正形等，有生於寄主體或營養基之表面者，或埋生於其內或生在子座

中，頂端無口或生殼口 Ostiole，其口或呈長頸之嘴狀，開向於外，或呈乳頭狀或僅頂端開口，種種不一，柄子殼之內壁上，生有極其短小之一如突起之柄，柄孢子着生其上，成熟之柄孢子則由殼口向外部噴出，當柄孢子噴出之際常被殼內之粘液團圍一起，作卷鬚狀，此特稱為柄孢子角 Spore horn，無口之柄子殼則須藉柄子殼之破裂而分散柄孢子，柄孢子之形狀不一，通常為球形至圓形，絲狀，一般單細胞，但有者生隔膜，形成多胞。

以上所述之分生孢子梗，分生孢子梗束，分生孢子梗褥，分生孢子梗層，及柄子殼等均為產生分生孢子之重要担子體，亦常為分類上之依據。

第二項 有性生殖器官

有性生殖器官之簡單者，僅由兩個同形同大之細胞接合而成，但大多是經過雄性生殖器官與雌性生殖器官之授精作用，或由雙核菌絲，始而產生，依其構成可分下列數種：

(1) 休眠孢子 Resting Spore, Dormant Spore hypnospore

前述之游走孢子為無性而生，但游走孢子中，亦有兩相結合，但此結合先由原生質結合 Plasmogamy，其中胞核不立即結合，遂形成一具有兩根纖毛雙核之合子 Zygote 此合子不久消失纖毛靜止生膜成為休眠孢子，其中雙核經休眠越冬後，發芽之際始行結合為一複相核，經減數分裂，再成為單相核，生出多數游走孢子，以致此游走孢子是經有性的過程而生，結合為休眠孢子之兩個游走孢子，即所謂配子 Gamete。其產生此配子之游走孢子囊稱為配子囊 Gametangium，亦即是休眠孢子發芽後而形成者，其配子，若為同形同大者，則謂之同形配子 isogamete，此配子囊亦或羣集為層狀，特稱配子囊堆 Gametangial Sorus

(2) 卵孢子 Oospore

此種孢子之生成係菌絲體發育到一階段時，生出菌絲，其頂端膨大形成藏卵器 Oogonium，其中胞核經減數分裂後，其中原生質亦分割為中央與周圍兩部，中央部僅留一核，其他三核移動於周圍部分，中央部之原生質則以核為中心特形濃縮，形成卵球 Oosphere，此種藏卵器與其他菌絲頂端或同株菌絲所生成之藏精器 Antheridium，兩相接觸後，則由藏精器中生細長之授精管 fertilizing tube，穿破藏卵器之胞壁將藏精器中之精核，經授精管而移入於藏卵器中，在藏卵器中與卵球中之卵核結合而行授精作用，卵球經授精後仍藏於藏卵器中，逐漸發育，周圍生成厚壁，遂成為卵孢子，其色多為黃色外面平滑或生斑紋突起等，藏卵器與藏精器之原始簡單者，其兩者形態相同，而在生理上一方之胞核移動於他方之內，移動者可視為藏精器中之精核，靜止者，認為藏卵器。但一般兩者形態不同，藏卵器既為球形，藏精器多呈管狀或棍棒狀，卵孢子亦為休眠孢子，但於環境不良時生之，經一定休眠期間後始發芽生出分生孢子。

(3) 接合孢子 zygospore

兩種菌絲的形態完全相同，無雌雄性質之分化，但在生理上有(+)和(-)性之別，兩相遇後各由菌絲橫生出短枝，兩短枝的頂端接觸後，逐漸膨大充滿原生質含有多數胞核，旋各由近於頂端之處，生出隔膜分成兩部，前部稱為配子囊 Gametangium，後部稱為柄細胞 Suspensor，隨後兩者間之胞壁溶解消失成為一個細胞，兩者間之原生質亦融合一起，形成接合孢子。其中由兩配子囊而來之多數不同性的胞核，雖學者間意見不一，一般認為大多數退化消失，祇剩一對或數對，相配成對後亦互相結合形成複相核，接合孢子以後增厚胞壁變成黑色，表面常生斑紋或各種突起，此接合孢子亦有生在兩配子囊接合時更有向一側突出膨大而形成之，接合孢子亦為一種休眠孢子經休眠越冬後，翌春發芽生出孢子囊，此時其中複相核即行減數分裂變成單相核，以致孢子囊及菌絲中之胞核，均為單相核。

(4) 子囊孢子 Ascospore 及子囊 Ascus

子囊孢子爲子囊菌特生之有性孢子生於子囊 *Ascus* 中。子囊之簡單原始者，由兩細胞接合而生。但大多數造囊器 *Ascogonium* 與藏精器經複雜的受精作用產生的。造囊器生於菌絲的頂端膨大爲球形，內含多數的單相雌核，其下面有由一個或兩個細胞而成，上面突出一管，稱爲受精絲 *Trichogone*，管下生有隔膜與造囊器隔斷。藏精器具有多數單相雄核，由生造囊器的同樣菌絲分枝或異株菌絲的頂端所形成。藏精器細長形與受精絲接觸後，兩細胞壁溶解成孔，受精絲原有之胞核消失，藏精器中之多數雄核則移入其中。此時受精絲與造囊器間之隔膜亦溶解消失，雄核進入造囊器中，已空的受精絲重生隔膜與造囊器隔絕。雄核在造囊器中與雌核各相配對但不結合。此後造囊器的表面上生出許多管狀造囊絲 *Ascogenous-hyphae*，雌雄核或對移入造囊絲中。由造囊絲生成了囊之過程有五種不同的型態。

I 形成鈎狀型 *Hook formation* 由造囊器所生成之造囊絲中，初含多數成對胞核後生隔膜分成數個細胞。近於造囊器部分之一細胞中具有二乃至八對胞核，愈近頂端處，細胞中的胞核則愈爲減少。頂端細胞中祇含一對胞核，當將生成子囊時此頂端細胞伸曲成鈎狀，其中一對胞核同時分裂成爲四核。其中兩核在鈎頭一核在鈎尖，其餘一核在鈎柄。鈎頭與鈎尖、鈎柄之間又各生隔膜，將此鈎分成三個細胞，鈎尖與鈎柄各有一核，鈎頭則含兩核，此細胞伸長兩核融合後即成爲子囊母細胞。其次經減數分裂則分裂爲八個胞核，圍着此每一胞核的原生質與囊中其餘的原生質分離遂形成八個子囊孢子。鈎頭細胞變爲子囊時，鈎尖與鈎柄的接觸部溶解，前者的細胞核移至後者中，此具有兩核的鈎柄細胞又彎曲成爲，再產生子囊。如此重複可由一根造囊絲生出一叢子囊，平行排列。

II 碗菌型 *Peziza-Catinus* 造囊絲之尖端細胞常含有一個胞核，其下部含有雌雄兩胞核的細胞產生突起而形成子囊。

III *Galactinia* 型 造囊絲之頂端細胞，不形成鈎狀，其中之成對雙核結合後遂生成子囊。

IV *Rectasceen* 型 此與前型類似，但不祇頂端細胞中之兩核結合，其下部細胞之兩核均結合而生成鏈狀子囊。

V *Labourbenia* 型 此型不產生造囊絲，祇將造囊器分裂所形成之細胞而成爲子囊。

子囊中之複相核概經三次分裂，而產生八個孢子，已如前述。但其中或祇兩三個成熟，余者消失。且或其分裂不祇三次，因而子囊孢子常有一、二、三、四、五，或八之倍數十六、三十二、六十四等之定數。子囊孢子之形狀種種不一，球形、卵形、橢圓形、梭形、絲狀等；其表面平滑或生微細突起；色以無色或褐色爲常；一設爲無隔膜之單細胞，或具生橫膜與豎膜。子囊普通爲筒狀、棍棒狀，一般頭部與底部有別，但亦有無何顯著的區別；頂端開口或無口。子囊有的裸露而生，或產生於子囊果 *Roscarp* 中；裸生者直接由菌絲體生出，或多數併生於層狀之菌絲組織上，此菌絲組織特稱爲子實層 *Hymenium*。子囊果之生成在造囊器與藏精器生出之後，營養菌絲圍繞生長，最後包被羣生的子囊，同時又有菌絲生長伸入子囊之內，成細長的側絲 *Paraphysis*。此側絲與子囊則併列生於子實層上，側絲無生殖性能保護子囊，以免互相擠壞，而且當子囊成熟時其吸收水分增高膨脹，有拋出子囊之功用。此側絲的尖端若聚結爲組織狀者，則稱爲側絲帶 *Paraphysoid*。子囊果有柄或無柄，多由擬柔膜組織構成。按其形狀可分二種：一是子囊果上部裂開呈碗狀或盤狀者，稱爲子囊盤 *Apothecium*。子囊盤之構造，其外層組織稱爲被膜 *Peridium*，其內部是爲子實下層 *Hypothecium*。此子實下層之上爲子實層，併生子囊。二爲子囊果形成一種囊殼，稱爲子囊殼 *Perithecium*。此子囊殼與柄子殼相同，由一層至數層之厚壁細胞構成，呈暗黑色、黑褐色時或現出紫色或桃色之鮮麗顏色；其殼壁普遍爲革質、膜質、或軟爲肉質。生於菌絲體之上部或寄主體上之組織中或生於子座中。子殼之埋生於子座中者，其殼壁與子座顯然有別，或顯然不清。子囊殼頂端無口或具生殼口，其殼口時或形成細長頸狀。子囊之生於子囊殼內者，通多生於底部之子實層上，但亦有散生。子囊普通數個或僅生一個。

(6) 擔孢子 *Basidiospore* 及擔子柄 *Basidium*

担孢子爲担子菌之特生有性孢子，着生於担子柄頂端之小柄上 *Sterigma*，爲外生孢子之一種。担子柄係由於單核菌絲之接合變成雙核菌絲，其中雙核更相結合爲一複相核後而生成之，其複相核經減數分裂再分裂爲四個單相核。担子柄之頂端生出四個小柄，其柄端逐漸膨大各形成一担孢子，於是担子柄中之四個胞核經小柄則移行於每一担孢子中，以致每担孢子中各含一單相核。担孢子之數目原爲四個，但時或或多或少因種而異。担子柄之形狀及生成方法爲分類上之主要特徵，普通有兩種之別：

1. 單胞担子柄 *Holobasidium*，眞担子柄 *Autobasidium*，無隔担子柄 *Aseptatebasidium* 此爲担子菌最普通之擔子柄由單細胞而成，隨胞核之分裂並不生出隔膜。但按其胞核分裂後之排列狀況又有兩種之別：

(I) 縱裂担子柄 *Stichobasidium* 胞核分裂時其紡錘係與担子柄之長軸成平行方向，以致分裂後之核，常縱向排列，其担子柄之形狀，亦多爲長圓筒形。

(II) 橫裂担子柄 *Chiasmobasidium* 此爲紡錘係與担子柄之長軸形成直角，分裂後多橫向排列，其担子柄概爲短棍棒狀。

(2) 多胞担子柄 *Phragmobasidium*，原担子柄 *Protobasidium*，有隔担子柄 *Septatebasidium* 此種担子柄隨其胞核之分裂生出隔膜而分爲四胞，按其隔膜縱生或橫生亦分兩種：

(I) 木耳担子柄 *Auricularia basidium* 此担子柄中胞核分裂後其排列與前述縱列担子柄相同，生出三個橫隔膜，而將担子柄縱列爲四胞，每胞中含有一單相核，其後逐漸移行於担孢子中，此多見於木耳菌。

(II) 膠菌担子柄 *Tremella basidium* 此担子柄分裂核之排列方式，與橫裂担子柄相同，生出兩個縱橫隔膜，而將担子柄分爲四個管狀細胞，其頂端生出小柄與担孢子，此爲膠菌之特徵。

担孢子普通球形、卵形、橢圓形、或梭形、種種不一；無色或有色；多爲單胞。担子柄一般多生於複雜之担子體間或直接裸生於菌絲體上，生担子柄之層狀菌絲組織亦稱子實層，担子柄與担子柄之間時或混生無生殖性之剛毛體 *Capitulum*，其作用概與子囊菌之側絲相同。

(6) 黑穗孢子 *Smut Spore* 和小生子 *Sporidium* 黑穗孢子爲黑穗菌之厚壁孢子，其生成是將菌絲生成多數隔膜，分爲多數細胞，每個細胞增厚其胞壁，其後遂各個分離爲黑穗孢子，其色暗褐故有是名。此黑穗孢子大多數經休眠後始可發芽，其發芽所生發芽管，特稱前菌絲 *Promycelium*。此爲一種担子體，相當於前述之担子柄，與担子柄可視爲同型器官 *Homologous Organ*，但因其由黑穗孢子發芽生之，是以有前菌絲之稱。又因其所生之担孢子數目常不一定，不祇於四個，特稱小生子。此黑穗孢子本由雙核菌絲生成，其中亦含有雙核。但當將發芽生前菌絲之際驟結合爲一複相核，後經減數分裂，或爲多數單相核。其所生小生子乃是一單相核，經兩小生子之接合，始生成雙核菌絲，是以小生子亦認爲是有性生殖之孢子。黑穗孢子之前菌絲按隔膜之有無，分單胞前後絲 *aseptate Promycelium*，與多胞前菌絲 *Septate Promycelium* 之別。

(7) 冬孢子 *Teleutospore* 和小生子

冬孢子爲銹菌之特生孢子由菌絲體生出，是一種分生孢子。但胞壁厚經休眠後始而發芽，生出多胞前菌絲，此多胞前菌絲，普通亦分四胞，其生成較之黑穗孢子者，頗爲正規，概與前述之多胞担子柄不或稍異，但因其由類似黑穗孢子之特殊器官冬孢子生出故亦稱爲前菌絲，此多胞前菌絲之每個細胞上亦生一小柄，上生小生子，冬孢子成熟後，具一複相核發芽生前菌絲時，則行減數分裂，變成四個單相核，以致每一小生子中亦含有一核。

第三項 生殖法

真菌類之生殖器官，既如前述，有無性與有性之別，其生殖法亦可分有性與無性兩種，前已述及。大多數真菌爲完成其生活史 *Life Cycle*，恆兼營有性與無性兩生殖。營無性生殖之世代 *Asexual Stage* 常稱無性世代或按其所生無性孢子之種類如產生分生孢子者，則謂之分生孢子時代 *Coni-*

dial Stage, 生成孢子殼者稱為柄殼時代 Pycnidial Stage 或稱不完全時代 imperfects Stage。有性生殖的世代則為有性世代 Sexual Stage 更按其有性孢子之種別有子囊殼時代 Perithecial Stage, 子囊時代 ascus Stage 子囊孢子時代 Ascospore Stage 之稱, 或稱完全時代 Perfect Stage。此兩性世代常互相交替而生。如斯現象, 亦與其他植物同樣謂之世代交替 Alternation of generation 但有種真菌祇見有其無性世代而無有性世代或相反者, 而且亦有產生二種之無性孢子。無性與有性生殖法可分述如下;

I. 無性生殖; 更可別為下列三種不同之法。

(1) 再生法 Regeneration 真菌之菌絲體, 若將其切斷一小部分仍能生育, 竟能產生子實體此與高等植物之根枝殖法頗為類似, 普通可培養之真菌, 均能藉此方法而行增殖。

(2) 芽殖法 Budding : 此法常見於酵母菌即於體表凸出之生芽, 隨乃脫離母體而形成新個體。

(3) 胞殖法 Spore Reproduction ; 一即由担子體生出種種孢子, 以行增殖, 如藻菌所見之游走孢子, 分生孢子, 孢子囊孢子, 及子囊菌之分生孢子等。

II. 有性生殖; 亦可別為三種;

(1) 接合生殖 Conjugation : 一是指同形同大的配子或同形之菌絲互相接合, 或菌絲中之双核結合形成複相核如前述藻菌之接合孢子担菌等, 均藉接合法以行生殖。

(2) 兩性生殖 Bisexual Reproduction ; 此法是由雌雄二種不同的藏精器和藏卵器或造囊器經受精作用而行併合, 如藻菌之卵孢子, 和子囊菌之子囊孢子為其適例。

(3) 孤雌生殖 Parthenogenesis : 真菌中亦有僅生雌性器官, 其卵珠不經受精, 即能發育, 而成為新個體。此種現象時或見於藻菌中之水生菌科: 如 *Saprolegnia Thuretia*, 祇見有其藏卵器, 而不見有藏精器之發育。

III. 雌雄異體 Heterothallism 與雌雄同體 Homothallism

營接合生殖和兩性生殖的真菌類, 其雌雄兩性的生殖器官生於同一菌絲體是謂雌雄同體。若生於異種的菌絲體是稱雌雄異體。此種現象最初由 Blakeslee (1964) 研究毛霉菌 *Mucor* 純粹培養時而發現草霉屬 *Sporodinia* 和 *Zygorhynchus* 等行單個孢子培養 Single Spore Culture, 亦見有接合孢子之生成, 係為雌雄同體。但黑足霉 *Rhizopus Nigricans*, 蛛絲霉 *Mucor Mucedo*, 鬚霉 *Phycomyces Nitene*, 無論用何種培養基, 如何變更其生活條件, 終難生出接合孢子, 但若兩種不同孢子共同培養, 則見有接合孢子之形成, 此為雌雄異體之表現, 但孰為雌性孰為雄性, 很難區別。Blakeslee 氏以菌絲體之發育旺盛者用 (+) 發育貧弱者用 (-) 符號表示之, 尚有與任何 (+) 或 (-) 之菌絲均不能接合, 則稱為中性。其後該氏更研究許多種類, 亦發現有此種現象接合菌中到現在已發現有六十餘種。

卵菌中亦有數種為雌雄異體, 如馬鈴薯晚疫病菌 *Rhytophthora infestans*, 當混合培養時則能生出卵孢子, 純粹培養及自然界尚未見有卵孢子之生成。

子囊菌之雌雄異體或雌雄同體 Dodge 氏 (1927-1930) 曾從細胞學上發表有興趣的報告 *Neurospora Stiophila* 子囊中之八個子囊孢子, 其中四個為 (+) 性另外四個為 (-) 性非將 (+) 與 (-) 性孢子混合培養時, 子實體概不生成, 但 *Neurospora tetraspora* 子囊內, 僅有四個孢子, 每一個孢子均可發育為子實體其孢子概有 (+) 與 (-) 兩性之複相核, 此足示該菌為雌雄同體。Edgorton 氏 (1914) 於炭疽菌屬 *Glomerella*, Derx 氏 (1925) 從 *Penicillium Muleum* 發見有雌雄異體之子實。担子菌之雌雄異體, 初由 Bensaude 女史 (1918) 發見 *Coprinus fimetarius* 有 (+) 與 (-) 性菌絲之別, 由其接合而生雙核之第二次菌絲體方能生出子實體, 其後 Kniep 氏 (1919) 報告扇形草 *Shizophyllum Commune* 亦為雌雄異體, 而一担子柄所生之四個孢子, 各有不同之性, 是為

四極性Tetrapolar。但據 Soss 氏(1929)之研究 *Coprinus ephemerus* Fr.，爲兩極性Bipolar之雌雄同體。

黑穗菌類由前菌絲所生之小生子，據 Kniep 氏(1919)就瞿麥黑穗病菌 *Ustilago violacea* Dic Kinson 氏(1927)從燕麥黑穗病菌 *Ustilago lavis*，大麥黑穗病菌 *Ustilago Hordei* 均發見其有(+)與(-)性之區別，而且 Dickinson 氏認爲同一性系統之菌絲，則難營寄生生活。Hanna 氏(1929)報告雌雄異體之包米黑穗病菌 *Ustilago Zeae* 其同一系統菌絲之侵害力弱，且不生黑瘤，不同性之兩種菌絲，其侵害力較強，且侵入後，則互相接合而生黑瘤。

銹菌之性別曾由 Craigie 氏(1928, 1929)報告，向日葵銹病菌 *Puccinia Helianthi* 小麥類桿銹病菌 *Puccinia graminis*，草蘆銹病菌 *P. coronata*，等其冬孢子之每個小生子雖能單獨發育爲擬精子器，但能形成誘胞器 *Aecidia* 者極其稀少，此擬精子器中之擬精子與其他擬精子接合者，則很易於生成誘胞器以致小生子和擬精子均有(+)和(-)性之別。

以上所述雌雄異體與雌雄同體之所以生成者，據細胞學上之研究係由於孢子核或菌絲核爲單相或複相之所致，單相者，概爲雌雄異體，非經單相核之相配形成複相核後，則難以生成子實體，複相核者可直接發育爲子實體而爲雌雄同體。

第四項 真菌之生活法

真菌無論在任何環境下，其體中缺乏葉綠素已如前述。以致不能利用日光之能 Energy 行光合作用，將無機物質製成爲種種複雜有機物質；爲維持菌體之生育必定由其他生物或屍體攝取養分；如是炭素的來源取之於有機物質的，謂之寄養植物，已述於前。然真菌由於其種類不同，其生活也各有懸殊；而且學者間對於其生活的意見也不一致。茲參照學者們的學說分述如下：

1. 純寄生菌 True Parasites, obligate parasites

此種真菌絕對寄生於具有生活力的植物體，從植物的屍體或無生活力的有機物質決不能吸取養分，不能在人工培養基 Cultural medium 上培養；以致寄主細胞之死能立即杜絕其營養的來源，爲其致命的不利，常因無養分供給被餓而死。其寄生的方式乃係菌絲發育在寄主細胞的間隙，生出吸器插入寄主細胞中吸取養分。是以其寄主植物細胞組織並不深刻受害，常不變色反而生活力旺盛，被害部較健全部之成熟黃化爲遲至終呈綠色狀態，或者菌絲侵入的部分異常肥大發育。此足示本寄生菌之寄生能刺激寄主的生活作用，促進發育，造成其利於生育的適應條件。例如隸屬於銹菌目、白粉菌科、外子囊菌科、外担子菌科及露菌目一部的真菌均爲此類，都是重要的植物病原菌。此純寄生菌的營養物質極其複雜微妙，概取諸於生活植物體光合作用過程的中間產物或其發展狀態 Nascent state 之物質，容易分解且易於變質。

試將無菌生育的小麥葉片，培養在葡萄糖溶液中，然後接種小麥桿銹病菌的夏孢子。夏孢子發芽後侵入葉片，生成菌絲發育在組織中吸取養分，逐漸生育形成夏孢子堆。然而若將小麥放置在暗處不見陽光，雖也能接種感染，但菌絲不能生育形成夏孢子。是以銹病菌之生育須要寄主小麥營光合作用，供應其所必須養分。若更將培養在葡萄糖液中的小麥葉片，加熱殺死其細胞，雖接種則不能感染，菌絲也無從發育。此充分說明稈銹病菌的感染，是以有生活力的小麥葉片爲其必需條件；加熱小麥葉片的細胞中，已經儲存其光合作用的產物，而稈銹病菌仍難生育的概因光合作用的最終產物無濟於稈銹病菌的營養；而且稈銹菌病的夏孢子接種在含葡萄糖之人工培養基上，也能發芽生出發芽管，但不再發育。此足示稈銹病菌的營養物質非如葡萄糖的安定物質，乃光合作用過程中的中間產物。此種物質雖存於生活細胞中，但隨光合作用之進行，時時生成不斷變質，極其不穩，易於變化。若能將其提出製成培養基，則純寄生菌也能培養於試驗管中。

2. 半寄生菌(寄生兼腐生菌) Hemi-parasites.，通性腐生菌 Facultative saprophytes

此種真菌本寄生於具有生活力的植物體，但有時或在其生活中的過程一階段也能生育在無生活力

的有機物質上而營生生活。因此此半寄生菌營養分之吸取，並不限於生活植物體，從無生活力的植物體也能攝取；寄主細胞之死不致斷絕其營養的來源，於是被害組織及主病勢末期常遭枯死腐爛。半寄生菌的種類較少，祇發見於植物病原菌中屬於黑穗菌目和腐敗菌科的真菌。黑穗菌的厚壁孢子也能培養在人工培養基上發芽形成菌絲或生出前菌絲上着生小生子，此小生子或更芽生繁殖形成芽生菌絲群體，但不久死滅不能繼續生育生成黑穗孢子。然此黑穗菌在其生活過程中必須有一階段寄生在生活植物體，完全生育在培養基上則不克完遂其生活史。又如馬鈴薯晚疫病菌也能生育在人工培養其上，但在自然界馬鈴薯被害組織中難以生生成的卵孢子也能生出；但普通的分生孢子祇限於在寄主植物體上方能生成，在人工培養基上則不發生。

3. 腐生菌 Saprophytes

此種真菌生於植物的屍體或無生活力的有機物質上，無侵害生活植物的能力，最適於在人工培養基上培養。此種腐生菌似乎與植物病害無關，但建築用材、電桿、枕木、橋樑、坑木等木材腐朽的最主要原因和使食品腐敗、變質或造成各種有機物質製造品的腐爛、污損等概均為腐生菌的附生所致。此外釀造業所用的麴菌或酵母菌等也屬於此類。

4. 殺生菌 Perthophytes

本菌通常生育於植物的屍體或無生活力的有機物上完成其生活史，能培養在人工培養其上，但也能分泌有毒物質殺死生活細胞，或停止其原生質的生活機能使其衰弱而吸取營養。以致本菌與腐生菌其營養法雖同為腐生，但能生活在具有生活力的植物體。此殺生菌的種類極其夥多，概全為植物病原菌。普通在植物根莖葉上形成病斑 Spot 和侵害樹幹皮部的子囊菌、不完全菌類、或使樹幹腐朽的担子菌類均屬此類。例如樹幹腐朽菌最初侵犯無生活力的心材組織，逐漸發育分泌有毒物質，其後具有生活力的邊材組織也能為害。又如通常發生在植物屍體或無生活力的有機物質上的毛黴菌 *Mucor*、青黴菌 *Penicillium*、根足黴菌 *Rhizopus* 等菌原無侵害生活植物體果實的能力，但由創傷或防護組織的破壞部分侵入後常使果實腐敗。其他各種植物病菌如甜菜褐斑病菌、稻熱病菌、麥類斑葉病菌等在人工培養基上均能完成其生活史，且由氣孔侵入生活植物體內，逐漸殺害生活細胞形成枯死病斑。

5. 共生 Symbiosis

真菌除營上述之寄生、腐生、殺生生活外，也可與其他植物相與並生而行共生生活。其彼此間既不互相侵害，且其營養有相輔互助之情形，因而互得相當利益，以致常終生不相分離；甚而缺其一者，則難以生存，其互結關係之密切，由此可知。

真菌共生之著例，首推地衣 Lichenes。地衣緣為子囊間或担子菌與藍藻結集而成的共生體。其體中菌絲縱橫交錯，構成網狀而纏繞全部，至其網隙則見有綠藻散處其間。菌絲供保護及附着之用，且能攝取水分及無機鹽類以資營養；而綠藻則具有葉綠素能營光合作用，以供給全體之營養。二者相倚相助，分工合作而得共同維持生活。地衣中相與共生之真菌和藻類，在自然界中似已少見其能營獨立生活者。

一般蘭科、殼斗科、松柏科、杜鵑科等植物其根組織之內外常有菌絲相與共生，故有菌根 Mycorrhiz，之稱。此與真菌共生之植物，特稱為菌根植物 Mycotrophic Plant 共生菌絲之發育僅包被於根之周圍而不侵入組織內者是為外生根 Ectotrophic Mycorrhiza 如殼斗科、松柏科、楊柳科、樺木科等植物。菌絲浸入根及皮層組織內，謂之內生菌根 Ectotrophirc Mycorrhiza 如蘭科、岩高蘭科、杜鵑科、松柏科等一部、豆科等植物。營此共生之真菌概屬於担子菌及不完全菌等。隨共生植物種類之不同，其真菌亦異，究其兩者間有何利益，學者間異說紛紛迄無定論。然上列的高等植物若無共生的真菌，其生育常不旺盛。普通蘭科植物很難實生的，概由於無其共生菌能發育的所致。

第五節 真菌之分類

真菌約有二千八百五十多屬，已經知道記載的在七萬種以上。真菌之分類各國學者意見紛紛，頗不一致。但按其演進系統，真菌之分類應根據下列幾點：

1. 營養菌絲體之發達程度，以原生體為最原始，其他經原始菌絲、無隔菌絲體而發達為有隔菌絲體。
2. 無性生殖器官之發達過程以水中游走孢子為始，其後由半陸生孢子囊經分生孢子而演進為孢子囊孢子。
3. 子實體之生成過程，概由菌絲直接生出，逐漸演進為由菌絲體、菌絲組織生成更經裸生而達於被生。

A.W. Eicher 氏 (1883) 將真菌分成藻菌類 *Phycomycetes*、黑穗菌類 *ustilagineae*、銹菌類 *Aecidiomycetes*、子囊菌類 *Ascomycetes* 和担子菌類等五類。R. Wettstein 氏 (1923) 主張綠藻和菌類應括為一起，而統稱真正葉狀植物 *Euthalophyta*，菌類綱更分藻菌、子囊菌、與担子菌三亞綱。Gaumann 氏 (1926) 由形態學上加以比較，將從來隸屬於藻菌中瓶菌類中之一部和由黏菌分出之一部，合併創設古生菌綱 *Archimycetes* 一新綱，和前述之藻菌、子囊菌、担子菌共分四綱 Enger, Gilg 兩氏 (1936) 之著書中分真菌植物門為藻菌、子囊菌、原菌、和担子菌四綱。此外尚有之法分類方式，但本章所述稍加 Gaumann 氏之意見外，大部以 Engler—Gilg 兩氏及 Stevens 諸多氏方為準則。茲將各綱之特徵撰成下列檢索表。

- A. 菌絲不具隔膜；有性生殖恒生成休眠孢子(合子)，接合孢子或卵孢子
.....第一綱藻菌綱 *Phycomycetes*
- B. 菌絲具隔膜多分歧，但亦稀有菌體為單細胞而行芽生。
 1. 有性生殖生子囊，內生子囊孢子.....第二綱 *Ascomycetes*
 2. 休眠孢子內生多數小生子，而且小生子常接合芽生菌絲。.....第三綱原菌綱 *Protomycetes*
 3. 經菌絲結合生担子柄或前菌絲外生担孢子.....第四綱担子菌綱 *Basidiomycetes*
 4. 祇發見其無性世代，無性孢子生於裸出之担子體上或柄子殼中，或不生孢子。
.....不完全菌類 *Fungi imperfecti*

第六節 藻菌綱 *Phycomycetes*.

本綱種類雖不甚多，但形態較為複雜，是將黏菌植物內中的一部分和具有無隔菌絲營養體的都包括在內。因其形態與生殖法頗與藻類相似，故稱藻菌。

營養體：或為單細胞無胞壁的原生體，或由被以細胞壁之菌絲而成，其最高等的則由菌絲分歧綜錯集結組成菌絲體。其主要的特徵：菌絲均不生隔膜，例如單細胞細長之管狀，以致有管狀菌類 *Siphonomycetes* 之稱。下等種類的營養體可直接全部變成生殖器官是為全實性，但大多數營養器官與器官各自分化而為真實性。

生殖器官：無性生殖器官與有性生殖器官之分化特別顯明。雌雄同體或異體。無性生殖器官主要的有游走孢子、分生孢子、和孢子囊孢子等；有性則有由配子接合的休眠孢子(合子)、藏精器與藏卵器經授精作用而生成的卵孢子和(十)菌絲與(一)菌絲兩相接合的接合孢子。以致其無生殖法性為胞殖法，有性的則行接合和兩性生殖兩法。

生態：一部分水生，但大多數陸生。純寄生或腐生，有的也行殺生生活

分數：本綱按其特徵，分三亞綱七目其檢索表如下：

- A. 無菌絲，或菌絲發育不良早失性；原生體概寄生於寄主體內部；菌體全部或大部形成生殖器