

粮食微生物手册

王 鳴 岐 文 永 昌 編 著



上海科学技术出版社

糧食微生物手冊

王鳴岐 文永昌 編著

上海科學技術出版社

內 容 提 要

本书共分三个部分,第一部分概論,简单介绍粮食微生物区系、微生物对貯粮品质的影响,以及貯粮微生物的活动規律及其控制;第二部分图說,是本书的主要部分,用图文对照的方式,扼要介绍粮食上常见的和具有代表性的重要微生物的形态特征、生活特性以及与粮食的关系,其中以貯粮变质微生物为主;第三部分为分析方法,着重介绍一些經常应用的分析技术。

本书可供人民公社、国营农場、粮食部門的保粮工作者和有关的科技工作者,农业技术人员,以及粮食学校师生等参考。

粮 食 微 生 物 手 册

王鳴岐 文永昌 編著

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海市印刷三厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/16 印張 7 插頁 6 排版字數 169,000

1965 年 10 月第 1 版 1965 年 10 月第 1 次印刷

印數 1—4,400

統一書号 16119·528 定价 (科六) 1.40 元

前 言

粮食上普遍带有数量众多、生活特性和作用不同的许多种微生物。其中有的能引起贮藏霉坏变质,降低粮食的营养价值和經濟价值;有的能使粮食带毒,引起人和家畜家禽中毒;有的能伤害粮食种子的生活力,使它不能发芽;有的能引起粮食作物发生严重的病害,造成粮食减产;也有一些微生物,它們对粮食沒有明显的害处,相反甚至可能和粮食种子的萌发及幼苗的生长发育以及粮食的产量、品质、贮藏稳定性等等表现出某些“有益”的关系。这一切都說明微生物与粮食安全贮藏和农业生产、人民身体健康密切有关。因此,对粮食微生物进行深入研究以及在仓库保粮业务中广泛开展有关的分析檢驗工作,实属必要。

由于粮食微生物学及其应用技术是一門很年輕的科学,專門的实用参考书籍頗为缺乏,尤其是微生物的分布广,适应性强,形体小,种类多,識別不易,分析方法也比较复杂,常常給初学的同志和保粮技术工作者在学习与工作中带来不少困难。为了有助于这项工作的开展,我們編写了这本手册供有关同志們参考。

本书內容共分三个部分:第一部分粮食微生物概論,簡單介紹粮食微生物区系、微生物对貯粮品质的影响,以及粮食上微生物的活动規律和控制途徑;第二部分粮食微生物图說,根据編者的水平选择若干种粮食上常見的和有代表性的重要微生物,用图文对照的方式扼要介紹它們的形态特征、生活特性以及与粮食的关系,便于初学的同志能按图識物、見物知名和了解它們的作用,因此既未介紹系統分类也沒有搞檢索表。书中所选用的图,一部分是我們自己在过去的工作中通过实物摄制的,一部分借用国外資料上的原图,均在插图說明上注明。此外,为了精簡內容和突出重点,在其他参考书刊上介紹較多的粮食作物病原微生物,在本书中一般从簡或从略,而以貯藏变质微生物为主;最后一部分粮食微生物分析技术,亦着重介紹一些普通应用的实验方法。由于我們的水平所限,加以实际經驗和掌握的資料不足,內容錯誤遺漏之处在所难免,希望讀者随时提出宝貴意見,帮助改进。

在本书編写过程中,承粮食部科学研究設計院領導同志給予鼓励和支持,上海电影技术供应厂协助拍摄一部分原色照片,蔡同潤同志协助显微摄影,特此一併致謝。

王鳴岐 文永昌

1965年10月

目 录

第一部分 粮食微生物概論	1
粮食微生物区系	2
一、粮食和粮食上的微生物	2
二、粮食微生物区系及其演替	4
微生物对貯粮品质的影响	10
一、微生物与粮食发热	11
二、微生物与粮食的化学成分及营养品质的劣变	12
三、微生物与粮食变色和变味	13
四、微生物与粮食带毒	16
五、微生物引起粮食加工工艺品质的降低	16
六、微生物对种子生活力的影响	17
貯粮微生物的活动及控制	18
一、粮食水分和粮堆湿度	18
二、粮堆温度	18
三、粮仓密闭与通风	19
四、粮食的健全与純淨度	20
五、仓库害虫与霉菌	20
六、粮食的化学药剂防霉	21
第二部分 粮食微生物图說	23
病毒	25
細菌	26
一、假单胞菌(极毛杆菌)属 <i>Pseudomonas</i>	26
1. 植生假单胞杆菌 <i>P. herbicola</i>	26
2. 荧光假单胞杆菌 <i>P. fluorescens</i>	26
二、芽孢杆菌属 <i>Bacillus</i>	29
1. 馬鈴薯芽孢杆菌 <i>B. mesentericus</i>	29
2. 枯草芽孢杆菌 <i>B. subtilis</i>	29
3. 蕈状芽孢杆菌 <i>B. mycoides</i>	29
4. 巨大芽孢杆菌 <i>B. megatherium</i>	30
三、微球菌属 <i>Micrococcus</i>	33
放綫菌	33
真菌	34
一、毛霉属 <i>Mucor</i>	34
二、根霉属 <i>Rhizopus</i>	34
三、犁头霉属 <i>Absidia</i>	37
四、集头霉属 <i>Syncephalastrum</i>	37
五、曲霉属 <i>Aspergillus</i>	37
1. 棒曲霉群 <i>A. clavatus</i> group	38

2. 局限曲霉群 <i>A. restrictus</i> group	45
3. 灰綠曲霉群 <i>A. glaucus</i> group	45
(1) 匍匐曲霉 <i>A. repens</i>	46
(2) 赤曲霉 <i>A. ruber</i>	46
(3) 薛氏曲霉 <i>A. chevalieri</i>	46
(4) 阿姆斯特丹曲霉 <i>A. amstelodami</i>	46
4. 烟曲霉群 <i>A. fumigatus</i> group	49
5. 构巢曲霉群 <i>A. nidulans</i> group	49
6. 杂色曲霉群 <i>A. versicolor</i> group	50
7. 土生曲霉群 <i>A. terreus</i> group	50
8. 白曲霉群 <i>A. candidus</i> group	50
9. 黑曲霉群 <i>A. niger</i> group	55
10. 文氏曲霉群 <i>A. wentii</i> group	55
11. 赭曲霉群 <i>A. ochraceus</i> group	55
12. 黄-米曲霉群 <i>A. flavus-oryzae</i> group	56
六、青霉属 <i>Penicillium</i>	59
1. 常見青霉 <i>P. frequentans</i>	60
2. 錯乱青霉 <i>P. implicatum</i>	63
3. 黄綠青霉 <i>P. citreo-viride</i>	63
4. 桔青霉 <i>P. citrinum</i>	64
5. 黄青霉 <i>P. chrysogenum</i>	67
6. 草酸青霉 <i>P. oxalicum</i>	67
7. 团青霉 <i>P. commune</i>	68
8. 純綠青霉 <i>P. viridicatum</i>	71
9. 点翠青霉 <i>P. palitans</i>	71
10. 橄欖綠青霉 <i>P. olivino-viride</i>	71
11. 荨麻青霉 <i>P. urticae</i>	72
12. 伊斯拉地青霉 <i>P. islandicum</i>	72
13. 紫青霉 <i>P. purpurogenum</i>	75
14. 皺褶青霉 <i>P. rugulosum</i>	76
七、毛壳霉属 <i>Chaetomium</i>	79
八、鏈孢霉属 <i>Neurospora</i>	79
九、鐮刀菌属 <i>Fusarium</i>	79
十、交鏈孢霉属 <i>Alternaria</i>	83
十一、长蠕孢霉属 <i>Helminthosporium</i>	83
十二、弯孢霉属 <i>Curvularia</i>	84
十三、芽枝霉属 <i>Cladosporium</i>	84
十四、芽霉属 <i>Pullularia</i> (丛霉属 <i>Dematium</i>)	87
十五、黑孢霉属 <i>Nigrospora</i>	87
十六、头孢霉属 <i>Cephalosporium</i>	87
十七、复端孢霉属 <i>Cephalothecium</i>	88
十八、葡萄孢霉属 <i>Botrytis</i>	91
十九、木霉属 <i>Trichoderma</i>	91
二〇、有色二孢属 <i>Diplodia</i>	91

二一、酵母菌属 <i>Saccharomyces</i>	92
二二、假絲酵母属 <i>Candida</i>	95
第三部分 粮食微生物分析方法	97
粮食样品	98
粮食微生物的分离培养和接种	98
一、直接培养观察法	98
二、利用培养基分离培养法	99
三、粮食微生物的人工接种	105
粮食种子上真菌孢子的洗滌檢查	105
一、載玻片鏡檢間接測数法	105
二、血球計直接測数法	106
粮食微生物的显微鏡檢查方法	107
一、活菌观察	107
二、制片檢查	107
三、粮食种子皮下菌絲体的檢查	108
带毒粮食的檢驗	108
一、感官檢查	108
二、物理檢驗	109
三、化学檢驗	109
四、生物檢驗	110
貯粮变色微生物致因的考察	111
附 录	
一、菌种保藏	112
二、主要参考书刊介紹	113

第一部分

糧食微生物概論

粮食微生物区系

一、粮食和粮食上的微生物

我們习惯所称的粮食,虽然往往代表一个含义較广的概念,但主要还是指谷物及其加工品。粮食籽粒(种子)是有生命的有机体,并且有它特殊的生物学特性。从生理特性上說,成熟的种子处在代謝活动最低的一个环节,表现为含水量低、酶的活性大为下降、呼吸作用微弱、貯藏物质丰富而且性质稳定。在正常的貯藏情况下,粮食种子仅是保持着生机,生命活动进行得十分緩慢,但它又是待机而动的,会随着环境条件的改变而改变其生理特性和生活强度,延长或縮短其貯藏寿命。至于粮食加工品(米、粉、粳片等)則因为粮食在加工的过程中,經過机械碾磨以后,粮粒的保护組織被破坏、組織結構改变并失去了生命力,故加工粮的生物学特性与原粮又有本质的不同,貯藏性能也不一样。由此可見,由于粮食的品类繁多,性质不一,加上貯藏条件的复杂多变和其他的生物因素(微生物、仓库害虫等)掺入其間,因之粮食在貯藏期中常产生多种多样的变化。

世界各地所产粮食籽粒的内外部分多寄附有大量的微生物。粮食上带有的微生物包括真菌(霉菌、酵母菌和植物病原真菌)、細菌、放綫菌、病毒等微生物界的主要类群,其种类共有多少至今还没有完全的統計,据国内外的研究报导,从各种粮食上所发现的微生物不下数百种之多,其中霉菌在一百种以上;酵母菌和类酵母菌有几十种;細菌及放綫菌近百种;就是病毒也不例外(已发现有若干种)。通过粮食及油料种子傳带的重要植物病原微生物至少也有一百几十种。我們仅从江苏崑山粮食仓库进行的稻谷长期貯藏試驗的样品中,前后曾分离出五十余种真菌,說明粮食上带有微生物的种类相当多。这些存在于粮食上的微生物与土壤中、空气中、水中,以及生活在死的或活的动植物体上的微生物没有太大的区别,但从种类和数量来看,則因粮食的品类、生产地区、成熟收获时期、气候、仓库貯藏条件、貯存时间、粮

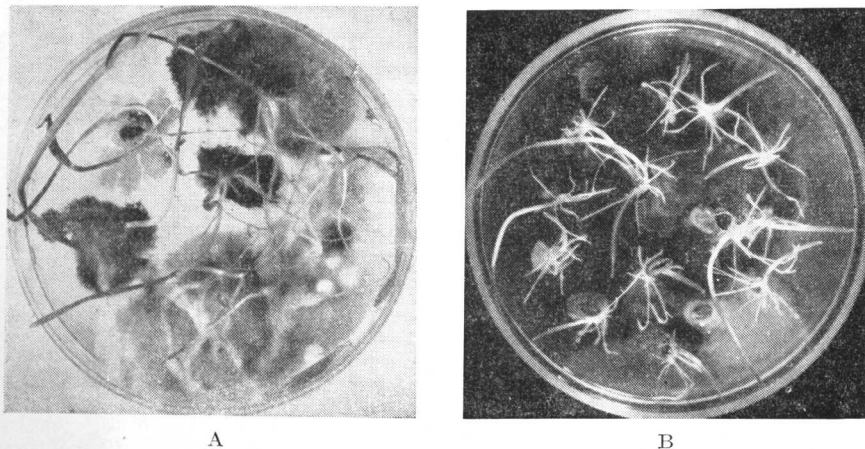


图 1 經過表面消毒处理的小麦在培养基上从麦粒内部长出的霉菌及細菌

A. 霉菌及細菌; B. 全部是細菌。

食品品质，以及加工处理情形等因素的影响而有很大的差异。粮食上带有微生物的数目平均每克粮食中可以从几千个到几千万个不等，甚至能达到几亿以上。这是因为粮食从播种、萌发、生长、收获、运输、贮藏以至加工利用的过程中时时刻刻与外界环境相接触，广泛分布在自然界中的各种微生物也就可以通过多种自然的和人为活动的媒介聚集到粮食上面来，构成粮食的微生物区系，并且当环境适宜时就在粮食上生长繁殖。

居留在粮食上的微生物从来源看可概括分为原生及次生两个区系。前者由于微生物与植物长期相处的关系，因之在同一种作物各植株所生产的粮食上都具有一些共同的微生物种类。从种类說虽然不多，但在数量方面則可能非常多；后者主要是以种种不同的直接和間接方式在收获、包装、运输、贮藏及加工期間来自土中、仓库和加工厂内及其他渊源。所以微生物的种类数量常因收获、处理方法、贮藏期間的管理和加工情况等的不同而异。由于粮食含有丰富的营养物质，是微生物良好的天然培养基，于是不同微生物根据它們不同的要求便和粮食建立了不同性质及不同程度的关系。微生物在粮粒上存在的部位不同：有的寄附在粮粒的表面；有的侵入粮粒組織的内部，分布在皮层、胚乳和胚部(图 1, 2)；有的也能同时存在于粮粒的内部和外部。粮食上微生物的生命活动与粮食以及有关的生态因子密切相結合，所处的环境条件对它們起着决定性的影响，其存亡消长也必然影响所寄附的粮食及其加工品的許多方面。

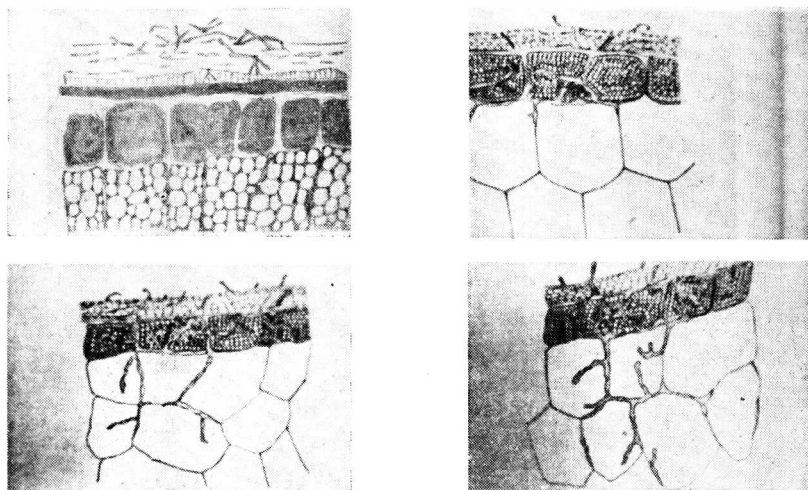


图 2 麦粒組織剖面，示各部分的組織結構及分布在果皮、种皮与胚乳細胞中的菌絲层

粮食上带有微生物的种类和数量虽然很多，其中并非都是常見的或对粮食有害的菌类。从它們通过粮食对人类的影响而言，可分为有害的和有益(或无害)的两类，有害的微生物包括：(1)引起粮食发热变质和破坏种子生活力的霉腐微生物；(2)能产生毒素引起粮食食物中毒的微生物；(3)通过粮食种子傳带的植物病原微生物；(4)通过粮食傳播疾病的人畜病原微生物等。对粮食有益或无害的微生物是指那些在一般情况下不具有上述有害性质，反之，它們的存在往往和粮食的健全、高品质、高发芽率相联系，或者对有害微生物能起抑制作用。此外也还有一部分微生物对粮食的作用性质不明显，或者目前尚不了解。由此可知，我們不能简单地只从粮食上带有微生物数量的多寡来衡量粮食品质的的好坏，高品质粮食上微生物的带菌量不一定就少，而必須根据某些重要微生物的种类和数量变化的情形来分析判断。

同时还应该指出,所谓微生物的有害、有益或无害,它是受制于当时的环境条件的,通过了解其活动规律和随时控制环境条件,便能有效地抑制有害微生物的活动、消灭其为患,同时发展和利用有益微生物的作用,从而达到保证粮食长期安全贮藏、提高粮食品质和维持食用者的营养与健康的目的。

二、粮食微生物区系及其演替

粮食微生物区系是指在一定时间、一定空间和一定条件下粮食上微生物的类群组成、分布情形和活动状态,它能相应地反映出粮食的状况和品质,以及贮藏条件的变化。从了解不同条件下粮食微生物区系的特征、动态和演替规律,才能在此基础上找到有效的控制途径和方法。

(一) 粮食微生物区系的类型

上节提出的粮食微生物从其来源说可概括为原生及次生两个区系。前者主要包括粮食上的附生微生物、寄生及半寄生微生物和近乎“共生”的微生物;后者主要是当粮食在收获、运输、加工、贮藏等过程中感染或污染的一些广泛存在于自然界中的腐生微生物。微生物由于营养等生活方式的不同,在粮食上各有其寄附的特点,其生长发育对环境的要求也不一样,因而对贮粮的影响是不同的,分别简述于下。

1. 附生微生物

附生微生物是指定居在包括粮食作物在内的各种植物地上部分植株的表面,依靠植物体的外渗物质为营养的一类微生物,植生假单胞杆菌 (*Pseudomonas herbicola*) 和荧光假单胞杆菌 (*P. fluorescens*) 是其中的代表。这些微生物也大量存在于植物的根部,是植物根际微生物区系的主要成员,它们随着植物的生长转移到植株的地上部分,并且当果实和种子形成时又转移到它们的上面继续生长繁殖,在新收获的粮粒外部,附生细菌含量最多,约占全部带菌量的 90% 左右,其中植生假单胞杆菌常占细菌总数的 80~100%。附生微生物在新鲜谷物的内部微生物区系中也占有重要的地位。

由于附生微生物的营养方式不同于一般腐生菌那样直接破坏寄主细胞的组分,而是以植物各器官外的外渗物质为生,所以不仅对寄主没有破坏性而且它们的繁殖旺盛与否还与植物的生活力和代谢强度息息相关,因此它在新鲜的、健康的粮食种子上数量较多,反之就会减少或消失。另一方面,附生微生物具有强大的合成生长因素的能力(表 1),能够为生长中

表 1 微生物对维生素的合成作用
(每克干细胞内的微克数)

微 生 物	硫 胺 素	烟 碱 酸	核 黄 素	促 生 素
桔红假单胞杆菌 <i>P. aurantiaca</i>	203	355	91	162
荧光假单胞杆菌 <i>P. fluorescens</i>	23.3	511	162	20.9
放射假单胞杆菌 <i>P. radiobactor</i> II	6.2	80.2	43	46
放射假单胞杆菌 <i>P. radiobactor</i> III	13.2	176	158	26
植生假单胞杆菌 <i>P. herbicola</i>	14.7	470	11.7	8.8

(根据沙夫洛夫斯基)

的植物直接提供氨基酸、维生素等多种重要的生长因素,有利于提高粮食的产量和品质。同时附生微生物在植物上大量繁殖还能有力地抑制和拮抗植物病原菌和其它腐生菌,因此不论从营养或抗病的角度来看,附生微生物实际上具有一定程度的“共生”作用。

附生细菌如植生假单胞杆菌等在粮食种子上与某些曲霉、青霉及微球菌等贮藏变质微生物之间有明显的拮抗作用,它们在粮食上常对立的存在。通过多方面的研究证实,从粮食中植生假单胞杆菌的相对含量及消长情形,便可能判断粮食的健全状况和贮藏的稳定性,这种微生物的大量存在常认为是粮食健全优良的标志。

2. 腐生微生物

主要指在粮食贮藏期间发生发展的以某些曲霉(*Aspergillus*)和青霉(*Penicillium*)为代表的腐生霉菌和微球菌(*Micrococcus*)等腐生细菌。腐生微生物生活的特点是从腐坏的失去生活力的有机体上取得营养,并且能破坏生活力低、抵抗力弱的机体。曲霉和青霉不仅具有多种分解能力强大的酶类,有的还能分泌出对种子有毒害作用的物质,尤其是其中若干种能够在较低的温湿度及高渗透压条件下生长繁殖,所以对贮粮的危害性最大,粮食在贮藏期内的发热霉变大多数是由于这些霉菌的活动所引起。

粮食上常可分离出的腐生菌还有毛霉(*Mucor*)、根霉(*Rhizopus*)、镰刀菌(*Fusarium*)等若干属霉菌和酵母菌(*Saccharomyces*)、放线菌(*Actinomyces*)以及若干种芽孢杆菌(*Bacillus*)。这些微生物生长需要相当高的湿度,在这里有一些是高温性的菌类,只有当粮食水分很高的情况下以及粮食发热的后期才能积极活动,参与粮食变质的作用。

关于粮食上贮藏变质微生物的来源,据国内外的研究结果,都指出在田间生长的粮食作物的植株上很少存在,即使收获时期正处在潮湿多雨季节的地区,也始终没有查出大量的曲霉和青霉(表2)。这说明这类微生物污染主要不是在粮食成熟收获以前,而是在收获脱粒和运输贮藏期间,被普遍存在于尘土、杂质以及装具器材、运输工具、仓库和加工厂中的腐生菌污染所致。

表2 莠子黄小麦种子从乳熟到枯熟不同时期内所带各种重要霉菌的百分数*

(上海, 1957)

成熟期	细交链孢霉	芽枝霉	灰绿曲霉	黑曲霉	黄曲霉	青霉	其他霉菌
乳熟	40	12	2	1	1	1	3
糊熟	90	10	5	10	2	2	8
完熟	70	15	6	3	1	2	5
枯熟	70	12	6	3	2	1	12

* 每期随机取样10穗,每穗取10粒

3. 半寄生, 寄生及“共生”微生物

广义地说,寄生是通过寄生物和寄主间的密切结合后,前者从后者取得部分或全部养料的营养关系。在一种情况下,由于这种结合常使寄主受害甚至死亡;在另一种情况下,寄生物对寄主的伤害性不大或不明显;第三种情况是这种结合可能满足双方之间的共同需要,这种在一定条件下对双方有利的结合谓之“共生”。由此可见,在寄生与“共生”之间并没有明显的鸿沟,从严重为害到轻度为害、不为害以至于“共生”,彼此都是连续的,寄生性质可以因寄主的代谢强度以及影响寄主和寄生物的外界生活条件的变化而改变。

粮食籽粒上的寄生菌包括寄生、半寄生和“共生”等类型, 这些种子微生物大都是从田间带来的, 它们在粮食作物生长时期侵入正在形成的或接近成熟的粮食籽粒内部。常分离出的有交链孢霉 (*Alternaria*)、芽枝霉 (*Cladosporium*)、长蠕孢霉 (*Helminthosporium*)、弯孢霉 (*Curvularia*)、黑孢霉 (*Nigrospora*)、头孢霉 (*Cephalosporium*)、芽霉 (*Pullularia*)、谷类赤霉病菌 (*Gibberella zeae*)、稻恶苗病菌 (*Gibberella fujikuroi*)、玉米干腐病菌 (*Diplodia zeae*)、麦类散黑穗病菌 (*Ustilago tritici* 和 *U. nuda*) 等真菌和一些细菌, 其中许多是兼具腐生性的半寄生菌。另一部分是专化性较强的粮食作物病原菌。这类微生物的发育都要求高湿度, 有一些还具有活物寄生的特性, 它们在正常贮存条件下并不活动为害, 只有在粮食水分过高和粮堆温湿度特别适宜于它们活动的情况下, 某些半寄生性微生物才能发展。虽然如此, 因为其中有不少是通过种子传播引起粮食作物严重病害的病原菌, 有的是能使粮食具有毒性的微生物, 所以无论从种子粮或商品粮的角度来考虑, 都应该对它们给以充分的重视, 执行必要的检验。

在种子上的寄生菌中, 于一定条件下还有一些可能与粮食种子表现存在有益关系的微生物。例如细交链孢霉 (*Alternaria tenuis*) 普遍存在于世界各国麦类作物的颖果内, 而且还广泛地出现在松柏科、禾本科、蔷薇科、十字花科、茄科、葫芦科、豆科等 11 科的许多种植物种子的内部。根据我们通过取自全国 20 个主要小麦产区的各种小麦样品分析的结果, 绝大多数的麦粒中都有皮下菌丝存在 (表 3), 约计 70% 以上的小麦粒内部具有细交链孢霉的活菌丝体 (图 3), 这个百分数同样普遍存在于世界各国的小麦中。

表 3 全国 20 个小麦产区的小麦皮下菌丝密度*

产 区	广 州	长 沙	延 边	南 京	南 昌	重 庆	成 都	济 南	福 州	兰 州
皮下菌丝平均密度	2.08	1.80	1.75	1.66	1.65	1.53	1.43	1.42	1.41	1.33

产 区	太 原	青 岛	保 定	武 昌	哈尔濱	北 京	武 功	郑 州	昆 明	烏魯木齊
皮下菌丝平均密度	1.25	1.24	1.23	1.11	1.08	1.02	0.98	0.97	0.30	0.27

* 根据 10 粒小麦皮下各部位不同密度求得的平均数

从上述初步分析中, 发现小麦皮下菌丝的多少视小麦生产地区的气候条件不同而有较

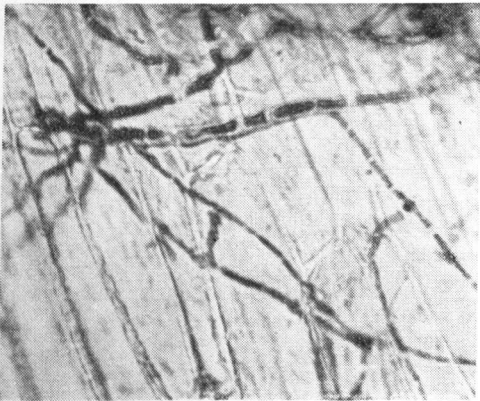


图 3 存在于小麦皮层下的细交链孢霉 (*Alternaria tenuis*) 菌丝体。小麦剥皮以棉蓝染色 (450×)

显著的差异, 华南、华中的小麦生长和收获时节气候潮湿, 皮下菌丝的密度较大, 西北、西南高原地区所产地方性品种小麦的皮下菌丝密度较小, 没有皮下菌丝的麦粒极少。麦粒上不同部位皮下菌丝密度比较, 以胚部及茸毛部较多而环绕胚乳的部分较少, 这种现象显然与小麦种子不同部位的生物学特性有关。我们还发现, 在健康的麦粒上这种霉菌总是占绝对优势, 它和小麦种子的生活力及高发芽率常常相联系 (图 4), 还有一个值得注意的现象是细交链孢霉和种子上的腐生细菌之间的拮抗作用颇为突出, 某些小麦样品当麦粒内部微生物为腐生细

菌占优势时，这些麦粒大多丧失了生活力不能发芽，在人工培养基上，还可以明显地看到细交链孢霉被附近麦粒上长出的细菌所抑制，致使菌丝体和孢子溶解的情形(图 5)。国外许多有关的研究报导也同样说明细交链孢霉和小麦种子间的某些有益联系，指出这种霉菌一般不会引起贮藏种子的变质，除非粮食水分很高才会在上面发展，种子萌发后亦不引起明显的病害。用种子处理的方式来防除该种霉菌时对小麦并不能起增产的作用，而且幼苗的生长势也不好，不少研究者将这种霉菌的存在作为种子新鲜健康的标志。根据这些事实，我们可以认为细交链孢霉是种子上的“共生菌”，它随着种子代代相传，表现为彼此互利，或至少是利多害少。但是，也有人认为交链孢霉对于种子是有害的。关于它们间的关系与相互的影响究竟如何，值得作更深入的研究和探讨。

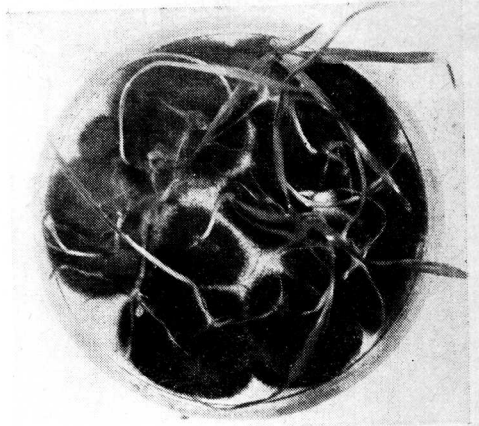
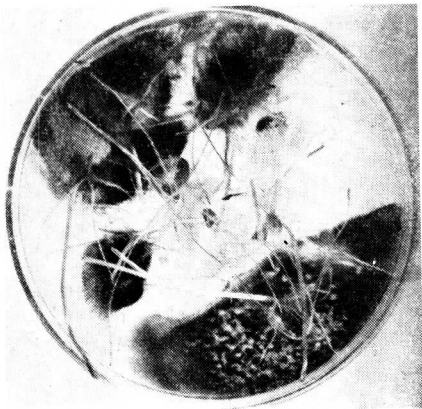
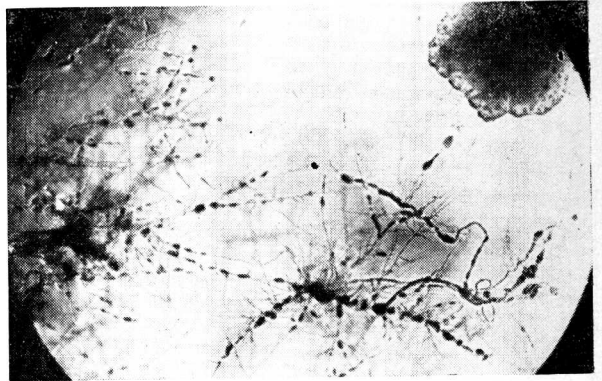


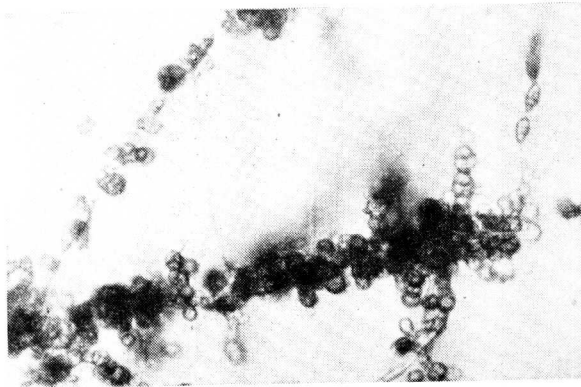
图 4 经过表面消毒处理的小麦在马铃薯葡萄糖琼脂培养基上从麦粒内部长出的细交链孢霉，麦粒全部发芽



A



B



C

图 5 表面消毒处理的小麦在培养基上通过分离培养后示种子内部微生物间的拮抗现象

A. 细交链孢霉菌落被附近生长的细菌所抑制；B, C. 显微镜下所见细交链孢霉在拮抗细菌的影响下菌体溶解的现象。(B. 50×; C. 240×)

种子微生物之间的拮抗作用以及对种子萌发生长有利的情形，通过近年来的研究不断有新的进展，例如土壤中和种子上经常存在的蕈状芽孢杆菌 (*Bacillus mycoides*)，对种子上带有引起粮食作物茎基腐和叶斑的稻胡麻斑病菌 (*Helminthosporium oryzae*) 具有很强的抑制作用(图 6)①，带病的种子经过这种细菌的滤液处理以后，发芽率、发芽势和幼苗生长都比未处理的对照种子要好得多(图 7)。

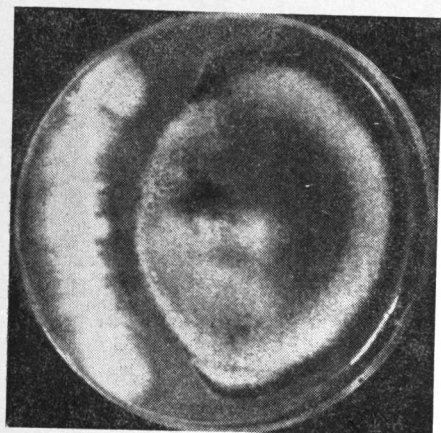


图 6 在一个培养皿中的马铃薯葡萄糖琼脂培养基上，稻胡麻斑病菌(右)被蕈状芽孢杆菌(左)抑制的情形
(根据 G. Rangaswami 等)

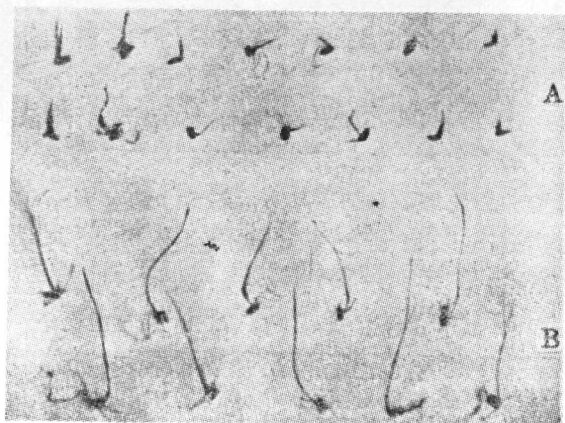


图 7 感染稻胡麻斑病的稻谷种子用蕈状芽孢杆菌滤液处理后对种子发芽力的影响
A. 未处理的对照种子； B. 滤液处理后的种子。
(根据 G. Rangaswami 等)

我们一般常提到的所谓“贮藏变质微生物”、“贮藏霉腐微生物”和“贮藏真菌”等，主要是指一些能在较低的水分条件下活动导致贮藏霉腐变质的以某些曲霉和青霉为代表的腐生微生物。实际上只要环境条件适宜，上述粮食微生物区系中那些能在高湿度下以及能在高温或低温下活动的腐生菌和半寄生菌，也能够粮食上迅速发展为害，成为重要的贮藏变质微生物，因之不单独另立区系。

此外，有人根据微生物在粮食上的存在部位，区分为粮食的“外部微生物区系”和“内部微生物区系”两类，前者以附生微生物和腐生微生物为主，后者以寄生和半寄生微生物为主。在这里一方面所谓内、外之间的界限并不鲜明突出，外部的微生物可以侵入粮食组织的内部，同一种微生物也可以同时存在于粮食籽粒的外部 and 内部。另一方面，从有生命活力的粮粒来说，附生与腐生微生物对于它的作用显然不同，所以亦不拟另作介绍。

(二) 粮食微生物区系的演替

1. 粮食长期贮藏过程中的微生物区系

粮食在正常情况下长期贮藏过程中，微生物区系变化总的趋势，是贮藏初期新鲜粮粒上的代表性微生物，如植生假单胞杆菌等附生细菌和交链孢霉、芽枝霉等种子寄生真菌(即原生区系)的含量能在较长的时间内保持稳定，但随着贮藏期的延长，而逐渐被一些腐生性强的贮藏变质微生物如曲霉和青霉所替代，即次生区系取代了原生区系。如果粮食水分较高，微球菌即迅速取代了附生细菌的地位，形成芽孢的细菌能在粮食上存活很长的时间，它们

① Rangaswami, G. & Ramalingam, M. (1962): Survival of *Helminthosporium oryzae* in soil and its inhibition by *Bacillus mycoides*, *Phytopathology* 52: 347~351.

和白曲霉、放线菌在陈粮上很突出。但只要贮藏条件不利于微生物生长繁殖,粮食的内外部微生物均随着贮藏期的进一步延长而减少,我们曾分析海南岛农家保藏了23年及31年的稻谷微生物区系,内部无菌籽粒均达到100%。

在长期贮藏的粮堆中,各个部位的微生物区系,因所处环境条件的不同而有显著的差异,凡是受外界温湿度影响发生变化愈大的地方,微生物区系以及粮食品质的变化也愈快而明显。以河南洛阳安全贮藏3年的小麦为例(表4),粮堆下层的温度和水分变化不大,微生物区系与1958年当年收获同品种小麦比较,变化不大,保持了原有的特征,该部位小麦的蛋白质含量保持最好、脂肪酸值也最低。粮堆温度与粮食水分愈往上层和表面变化幅度愈大,微生物区系随着发生改变,愈近表层者腐生(贮粮变质)微生物出现愈多,甚至占了优势,同时小麦的脂肪酸值愈往上层愈高,发芽势也最差,充分说明了贮藏环境条件、粮食品质及粮食微生物区系三者之间的有机联系。

表4 大口白小麦贮藏三年后微生物区系演替情况*

取 样 部 位	与 贮 粮 变 质 有 关 的 微 生 物											对 贮 粮 无 明 显 为 害 或 有 益 的 微 生 物			
	灰 綠 曲 霉	黃 曲 霉	黑 曲 霉	赭 曲 霉	局 限 曲 霉	土 曲 霉	烟 曲 霉	杂 色 曲 霉	青 霉	其 他	合 計	細 交 鏈 孢 霉	植 生 假 單 菌	其 他	合 計
粮堆表层	2	4	7	2	5	2	2	3	3	4	34	5		2	7
粮堆上层(距粮面65厘米)			8			2	2	1	4		17	5		5	10
粮堆中层(距粮面160厘米)	1				2		4	3		1	11	15	1	1	17
粮堆下层(距粮面280厘米)	2		5		2				2		11	24	2	2	28
对照(1958年当年产大口白小麦)	2	4	6		1						13	27	3	1	31

* 表内数字系以40粒小麦接种在麦芽汁-盐-琼脂培养基上微生物出现的次数

贮粮的微生物区系及其变化常常决定于粮食含水量的高低,而粮食水分的变化又与粮堆中温湿度的变更有密切的关系。贮藏粮食即使是很小的水分变化,也能引起微生物区系发生迅速的改变,因之某一种相适应的微生物可以立即大量繁殖占据优势。例如局限曲霉(*Aspergillus restrictus*)可以侵染13.5%左右水分的粮食;灰綠曲霉群中的阿姆斯特丹曲霉(*A. amstelodami*)、赤曲霉(*A. ruber*)、匍匐曲霉(*A. repens*)等侵染水分为14.5%左右的粮食;白曲霉(*A. candidus*)主要侵染16%左右水分的粮食;赭曲霉(*A. ochraceus*)主要侵染16%及16%以上水分的粮食;黄曲霉(*A. flavus*)及一些高渗透压的黄青霉(*P. chrysogenum*)、皱褶青霉(*P. rugulosum*)等主要侵染17%左右水分的粮食;黑曲霉(*A. niger*)、其他一些曲霉和一般的青霉、镰刀菌适宜活动的水分比上述霉菌又要高一些。而种子上的一些寄生真菌、其他的霉菌、酵母菌、细菌和放线菌生长所要求的水分条件更高,粮食含水量须达到20%以上时才能生长。一般而言,微生物在加工粮(面粉、大米等)上生长所需的水分比在原粮(谷物)上要稍低一些。此外,温度的高低对微生物在粮食上的发育亦有很大的影响,粮食上虽然以中温性微生物居多数,但是也有若干种低温性的和高温性的霉菌,能在0℃以

下或 50°C 左右的温度条件下旺盛地生长发育侵害粮食。粮堆的通气状况也能影响微生物区系的变化。

以上提到的只是几种主要因素,粮食貯藏过程中的微生物区系的变化,是受许多有关貯藏的因素所影响的,除了粮食水分和湿度以外,尚有粮食的种类、粮食品质、种子的生理状态、貯藏方法、貯藏条件和仓库害虫的活动等等,将在后面結合討論。

2. 粮堆发热过程中的微生物区系

粮食在貯藏期間因含水量高或保管不善等原因,会产生发热和变质,微生物区系同时也发生剧烈的变化,在粮食发热的各个阶段都有某些微生物参与,連續起着推进发热的作用。

在粮食发热过程中,随着粮温和水分的增高,微生物区系演替的規律一般是从干生性或中生性到湿生性、从低温性或中温性到高温性的方向发展。此外,氧气供应、粮食化学成分的改变、微生物的代謝产物以及环境中 pH 值的变化对微生物区系亦有一定的影响。一般而言,在粮堆发热的最初发展阶段,粮温为 30~40°C 左右时,粮食上的原生区系(如附生細菌)迅速减少,而次生区系如灰綠曲霉(*Aspergillus glaucus*)、赭曲霉(*A. ochraceus*)、白曲霉(*A. candidus*)、黄曲霉(*A. flavus*)、青霉、镰刀菌、微球菌等大量增殖,其中温度愈高时黑曲霉(*A. niger*)、烟曲霉(*A. fumigatus*)、粉孢霉(*Oidium* sp.)等高温性及近高温性的霉菌渐形活跃,逐渐取代了前者;当粮温进一步升高到 40~50°C 左右、粮堆湿度和粮食水分也由于呼吸作用的旺盛而增高时,便只有少数高温性和湿生性的微生物在活动 and 增殖,主要有烟曲霉、毛霉、根霉、粉孢霉、芽孢細菌和放綫菌;当粮温高达 55°C 左右时,大多数的微生物已不能在此温度条件下发育,所以粮堆发热一般到此停止并出現温度回降的現象。只有在密闭条件很高的情况下,高水分粮食的发热可以繼續发展,有少数嗜热細菌和嗜热放綫菌能使粮温达到 70°C 左右。此外,粮食发热时如果粮堆的通气不良,粮食中好气性微生物的活动便受到抑制,而利于嫌气性和兼嫌气性微生物如酵母菌、毛霉和某些細菌的发展,使粮食繼續发酵变质。

3. 粮食加工过程中的微生物区系

粮食加工过程中微生物区系变化的特点和貯藏期間有所不同,它主要受加工工艺的影响較大,谷物經過加工机械处理以后,粮粒的穎壳、皮层和种胚等分别被輾去,上面带有的原始区系的微生物也随着被分离,新加工出的粮食产品中微生物的种类与数量将随着加工精度的提高而减少,含有粮粒外部組織如壳、糠、麸皮等成分比例愈大的粮食加工品及副产品中帶有微生物的数量也愈多。此外,粮食在通过加工处理时,如环境条件不清洁,受次生区系中的腐生菌的污染率是很高的,这类微生物在加工厂和加工机械內的粉尘中含量很大。原粮經過加工后,粮粒的保护組織被破坏、結構改变并失去了生命力,粮食的生物学特性和理化性质都起了很大的变化,更容易遭受霉腐微生物侵害,加工粮比原粮的貯藏稳定性差、容易发热变质、不宜长期貯存,这是最主要的原因。

微生物对貯粮品质的影响

粮食在貯藏期間所发生的各种生物学特性以及品质成分的变化,多与粮食上微生物的