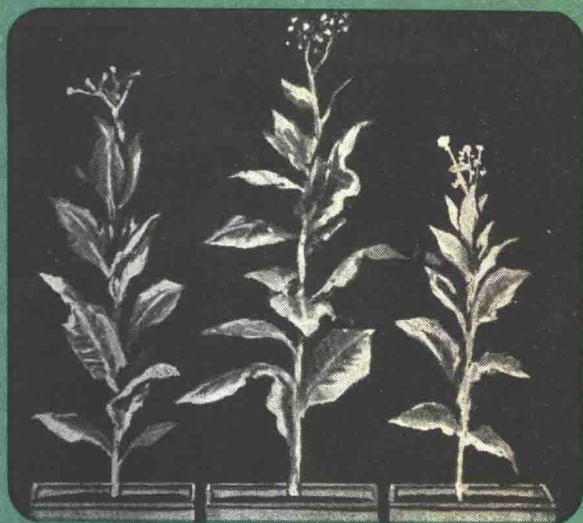


A. П. 杜 布 罗 夫



紫外线辐射对 植物的作用

紫外綫輻射对植物的作用

A. И. 杜布罗夫 著

韓錦峯 王瑞新 譯

科 学 出 版 社

1 9 6 4

A. П. ДУБРОВ
ДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ
РАДИАЦИИ НА РАСТЕНИЯ

Изд. АН СССР, 1963

內 容 簡 介

本书系将紫外綫輻射对于植物的生长和发育、种子的萌发、植物細胞的作用以及其在农业中的应用,作了綜合的說明;此外对紫外綫輻射損伤的光复活作用也作了适当的闡述;最后还介紹了某些植物种类对紫外綫輻射尚具有抵抗的能力。

此书可供作农业工作者,植物生理学工作者的参考資料。

紫外綫輻射对植物的作用

[苏] A. П. 杜布罗夫 著

韓錦峯 王瑞新 譯

*

科学出版社出版

北京朝陽門內大街117号

北京市书刊出版业营业許可証出字第061号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

*

1964年12月第 一 版 开本: 850×1168 1/32

1964年12月第一次印刷 印张: 4 7/8

印数: 0001—4,500 字数: 127,000

统一书号: 13031·2054

本社书号: 3152·13—3

定价: [科六] 0.75 元

序 言

自从国内外发表紫外线辐射对高等植物作用方面的概括性文章以来,已过去了四分之一世纪。在这段时间内,紫外线辐射的生物学作用方面的研究有了相当大的发展,并为许多新的研究和新现象的发现所丰富;同时,还为光生物学的这一蓬勃发展着的领域提出了新的问题。

因此,目前就有必要详细地研究一下这个问题的现状。考虑到材料量多而纷纭的情况,作者觉得,把这个问题分作三个独立的编:紫外线辐射对植物性物质、离体和活体内的植物细胞和组织的作用以及紫外线辐射对整株植株生长和发育的作用来研究更为合适些。在第三编里,分析了关于单细胞和多细胞有机体的光复活作用的资料,并详细地描述了关于光复活作用机制的现代概念。最后一章阐述了植物对紫外线辐射的抗性问题和防护物质的作用以及紫外线辐射在地球上生命进化过程中和在宇宙生物学中的作用和意义。

这本书是以国内外的研究紫外线辐射对植物有机体作用的许多材料为基础进行编写的。在这些著作材料以及作者本人的实验材料的基础上,试图从各个方面来叙述紫外线辐射的影响,这种辐射的作用机制以及它在各种研究中和在农业上利用的意义。

在写作过程中以及在讨论许多文献资料时,作者都不只一次地得到了苏联科学院生物物理研究所一级研究员 C. B. Tareeva 的帮助,这里致以深切的谢意。

目 录

序言	iv
----	----

第一編 紫外綫輻射对植物細胞的作用

第一章 植物細胞中紫外綫輻射的受体	1
第二章 活細胞对紫外綫輻射的吸收	21
第三章 細胞形态变化	29
第四章 生理变化	33
第五章 生物化学变化	46

第二編 紫外綫輻射对种子和植株的作用

第六章 紫外綫气候	56
第七章 在紫外綫区域中植物的光譜特性	58
第八章 紫外綫輻射对种子和果实的作用	65
第九章 紫外綫輻射在农业实践中的应用	70
第十章 紫外綫輻射对植株生长和发育的作用	74

第三編 紫外綫損伤的光复活作用

第十一章 关于光复活作用的一般知識	98
第十二章 植物細胞的光复活作用	108
第十三章 植物細胞的物理化学特性的光复活作用	112
第十四章 光复活作用的机制	120
第十五章 防护物質的作用及植物对紫外綫輻射的抗性	127
結束語	136
参考文献	138

第一編 紫外綫輻射对植物細胞的作用

第一章 植物細胞中紫外綫輻射的受体

在植物有机体中，由紫外綫輻射所引起的各种各样的作用与組成活細胞的各种物質对这种射綫的強烈的选择吸收有关。能強烈吸收紫外綫的細胞最重要的成分之一是植物色素：叶綠素、花青素、黃酮、类胡萝卜素及其它色素。除上面所指出的物質以外，核酸、蛋白質、酶以及下面要介紹的許多其它植物性物質也都是非常重要的吸收系統。

植物色素的紫外綫吸收光譜

卟啉色素 这类色素具有很大的生理学意义。它們在光生物学反应中的重大作用与下面一种情况有关，即这些色素参加各种光生物学反应过程中的光能轉移和积聚的各种現象。在植物界中，最普遍的金属卟啉是叶綠素，叶綠素和它的前身原叶綠素一样，是含鎂的色素。卟啉衍生物其中也包括叶綠素的紫外綫吸收光譜的研究証明，在 240 毫微米波长之前沒有任何显著的吸收帶。但是，随着向光譜的长波区接近則有极其強烈的吸收区域出現。在光譜的紫外綫部分，吸收帶的強度同卟啉衍生物有密切的关系 (Prucner a. Stern, 1936)。显然，由于这些衍生物的組成不同，含有叶綠素的各种植物的紫外綫光譜可能表現出不同的最大和最小吸收值。以叶綠素为例，这一点看得很清楚。叶綠素在光譜的紫外綫区域中吸收曲綫的特点使有可能将叶綠素 a 和 b 由其混合物中明确地分离开 (Harris u. Zscheile, 1943)。为这些作者所发现

的叶綠素 a 和 b 的吸收曲綫中的最大和最小吸收值 列于表 1 中, 并以曲綫形式表示于图 1 和图 2 中。

表 1 叶綠素 a 和 b 的紫外綫吸收光譜的特点

(Harris u. Zscheile, 1943)

最大吸收值(毫微米)		最小吸收值(毫微米)	
叶綠素 a	叶綠素 b	叶綠素 a	叶綠素 b
282	290	273	274
296	306	338	318
312	325	388	393
326	334	—	—
380	357, 375	—	—

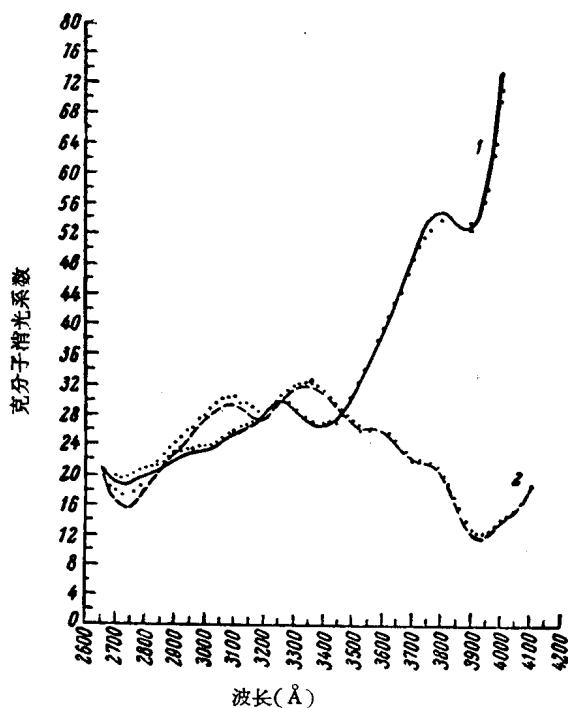


图 1 在醚中叶綠素 a (1) 和 b (2) 的吸收光譜(Harris a. Zscheile, 1943)

叶綠素 a 和 b 以及原叶綠素 (图 3) 的吸收在 380—440 毫微米处骤然升高。在这一区域出现了叶綠素的第二个主要吸收带。关于这个带的意义和作用知道的还很少。有种意見认为, 正是用在这一光谱区域中的吸收才能解释植物对紫外綫辐射的强烈反应 (Дарния, 1955)。在图 2 对叶綠素 a 和 b 在 400—700 毫微米区域中的吸收光谱进行了比較。

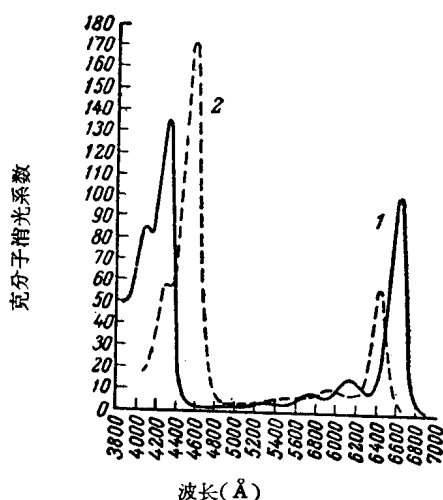


图 2 在可見光区域(在醇中)叶綠素 a (1) 和 b (2) 的吸收光谱
(Harris a. Zscheile, 1943)

对于叶綠素的其它形式如褐藻的叶綠素 c, 紅藻的叶綠素 d (图 4 和图 5) 和細菌叶綠素 (图 6) 也都观察到对紫外綫辐射的强烈吸收。一般說, 所有各种不同种类和形态的叶啉色素在光谱的紫外綫区域均有强烈的吸收 (Granick a. Gilder, 1947)。

类胡萝卜素 如所周知, 类胡萝卜素这一名称包括了由胡萝卜素和胡萝卜素醇两大部分组成的植物色素的一个广泛范畴。在化合物中的共轭双键的存在, 就决定了在光谱的紫外綫区域的强烈吸收。

类胡萝卜素在光谱的紫外綫区域的吸收, 是它們作为防止叶

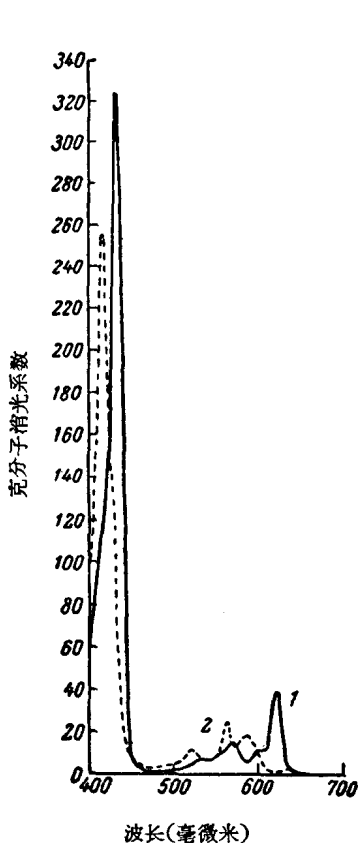


图3 在醚中原叶绿素(1)和原脱镁叶绿素(2)的吸收光谱(Smith, 1955)

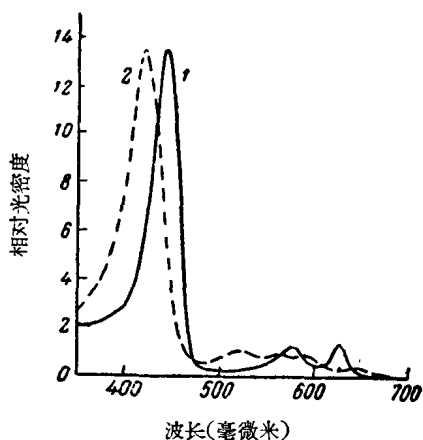


图4 在醚中叶绿素c(1)和脱镁叶绿素c(2)的吸收光谱(Smith, 1955)

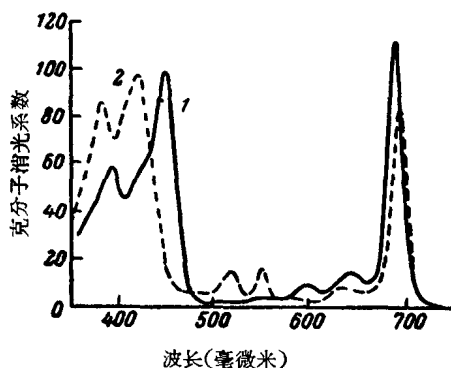


图5 在醚中叶绿素d(1)和脱镁叶绿素d(2)的吸收光谱(Smith, 1955)

叶绿素受到紫外线辐射破坏的滤器的一个证明 (Clayton, 1958; Anderson a. Robertson, 1961), 虽然, 直到目前还没有这一看法的直接证明或确切的相关联系 (McLand a. McLachlan, 1959)。类胡萝卜素的第一个最大吸收值通常是在 260—320 毫微米区域, 而第二个最大值的位置在 320—380 毫微米处, 而且这一位置常随色素分子链中的顺型构型的数量和位置而转移 (Sinsheimer, 1955)。

图 7—12 提供了一些常見的类胡萝卜素的吸收光譜，而在表 2 列举了在光譜的可見区域和紫外綫区域的最大吸收值。

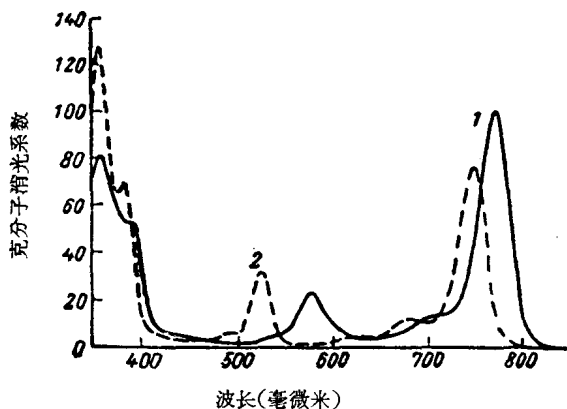


图 6 在醚中細菌叶绿素(1)和細菌脫镁叶绿素(2)的吸收光譜 (Smith, 1955)

黄酮类色素 这一类包括了色素的很大数量及其各种衍生物。其中最常見的色素有花青素、黄酮、黄酮醇、查耳酮、金黄酮 (аурон)。

花青素 它是非常广泛的一类植物色素。这些色素的氧化形式和还原形式(无色型)都能強烈地吸收紫外綫。因此，常认为花青素有能使細胞免受光，其中也包括紫外光輻射危害的防护滤器的作用，花青素最強烈吸收的最大值在 265—280 毫微米处。在图 13 和图 14 列举了两类花青素：花青甙 (芍药素、花青素、锦葵素、天竺葵宁、翠菊灵)和花青素(飞燕草汀、花青素、天竺葵汀、锦葵汀、芍药汀)，并指出了花青素在紫外綫区域的主要的最大吸收值。

黄酮 黄酮 (以及属于这一类的黄酮醇和黄酮) 的吸收主要是在两个光譜区域：240—260 和 330—375 毫微米 (Гейсман, 1960)。在紫外綫吸收光譜中，吸收最大值的位置变化与在其分子中存在有各种代替者有关。例如引入羟基时可使在 335—340 毫微米处出現有新的吸收最大值 (Skarzynski, 1939)。某些黄酮类色

表 2 植物类胡萝卜素在各种溶液中的吸收光谱 (Goodwin, 1955)

化 合 物	己 烷	二硫化碳	三氯甲烷	苯
四氯化硅酸钙镁	(?) 220			
植酸钙镁	275;285;296			
植物壁光素	332;348; 367.5			374;355;338
反式-植物壁光素	331.5;348.5; 368			
ϵ -胡蘿卜素(叶黄万年青烯)	418;442;471			
α -胡蘿卜素	420;445;475	477;509	454;485	
新- β -胡蘿卜素 U	450;481	478.5;512.5	461;493.5	461;494
β -胡蘿卜素	425;451;482	450;485;520	466;497	
新- β -胡蘿卜素 B	443.5;475.5			
X 色素	421;452			
ζ -胡蘿卜素	378;400;425			
原- γ -胡蘿卜素	435;464	460.5;493.5	444;473	447.5;447
原四氯化番茄红素	407;430			
顺式-多聚番茄红素 VI	432			
顺式-多聚番茄红素 V	412;431			
顺式-多聚番茄红素 IV	408;422			
多聚番茄红素	443.5;470	469.5;500.5	453.5;484	455.5;485
δ -胡蘿卜素	428;458;490	457;490;526	440;470;503	
γ -胡蘿卜素	431;462;495	463;496;533	447;475;508	447;477;510
麻风菌红素	425;452;484	477;499;517	428;460;495	
顺式-多聚番茄红素 III	448;472			
顺式-多聚番茄红素 II	440;466			
顺式-多聚番茄红素 I	447;443			
四氯化番茄红素	410;433			
新番茄红素 A	439;468; 499.5	466;498;536	447.5;478; 512	450;479;512
番茄红素	446;474;506	477;507;547	456;485;520	455;487;522
5,6-环氧- ϵ -胡蘿卜素	442;471	471;503	454;483	455;484
黄酮色素	422;450	454;482	433;461	434;462
β -胡蘿卜素氧化物 (=细胞黄嘌呤)	427;456	459;489.5	435;469	440;470
海胆烯酮 (=蓝针藻色素甲, ? = 蓝藻黄嘌呤)	453	488—494	473	
玫红黄嘌呤	458;489;524	491;525;464	482;510;546	474;503.5; 542
阿拉伯茶黄嘌呤		500	462	

續 表 2

化 合 物	己 烷	二硫化碳	三氯甲烷	苯
加札菊黃嘌呤	434.5;462.5; 494.5	461;494.5; 531		447.5;476; 509
隱黃嘌呤	425;451;483	453;483;518	433;463;497	
玉紅黃嘌呤	432;462;494	461;494;533	439;474;509	
八聯球菌黃嘌呤	415;440;469	469;494	423;451;480	
番茄黃嘌呤	443;472;503	473;507;547		
圓酵母素		488;522;563	469;501;539	456;487;521
螺菌黃嘌呤		496.5;534.5; 573.5	476;507;544	482;511;548
卷柏黃嘌呤	456;486.5; 520	487;521;562		
玉紅色素		472;501		
黃色素	420;447;447	445;475;508	428;456;487	
玉米黃嘌呤	423;451;483	450;483;518	429;462;494	
5,6-環氧黃色素(=蘊藻黃 嘌呤,?=異黃色素)	442;471	472;502		453;482
菊花黃嘌呤	421;450	451;480.5	430;459	
植物螢光醇	332;348;368			
葉黃呋喃素	421;450	449;479	430;459	432;481
花菱草黃嘌呤		474;501;542	456;488;520	458;485;516
白英果紅素	447;473;504	472;506;546		456;487;521
順式-多花黃嘌呤		376;506		457;487
多花黃嘌呤(=?草原苜蓿 黃嘌呤)		478;510	460.5;490.5	
蒲公英黃嘌呤	443;472	441;469;501		
薑菜黃嘌呤	443;472	450;470;501	424;451.5; 482	454;484
新黃嘌呤	437;466	463;493	447;476	447;477
玉米黃二呋喃素		423;454		
辣椒紅	474.5;504	503;542		
辣椒玉紅素	444;474;506	470;503.5; 541.5		455;486;520
硅藻黃嘌呤	453;481			
硅甲藻黃嘌呤	448;478			
甲藻黃嘌呤	441;471			
多甲藻素		450;482;516		
墨角藻黃嘌呤		445;477;510	457;492	

續 表 2

化 合 物	己 烷	二硫化碳	三氯甲烷	苯
新墨角藻黃嘌呤	445			
藍針藻素(?= 藍藻黃素)	445;471;503	454;484;518		
藍針藻色素乙	462;494	494;533	474;505	
蝦黃嘌呤		502		
顛藻黃嘌呤		494;528;568		
蝦紅素		500		
圓酵母紅	467;501;537	500;541;582	483;515;554	485;519;557
管藻黃嘌呤	455			
紫菌紅素乙	440;470;501	475;508;547	453;486;521	
金梅草黃嘌呤		473;501	455;482	457;483
紫菌紅素丁		517;556		
金蓮花色素		450;479	430;458	432;458
棒狀杆菌黃嘌呤	415;437;467	435;466;495	423;447;478	

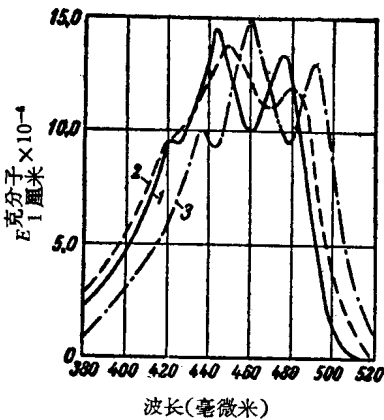


图 7 在己烷中 α -胡蘿卜素(1)、 β -胡蘿卜素 (2)、 γ -胡蘿卜素(3)的吸收光譜。在叶子和果实見到有这些色素(Goodwin, 1954)

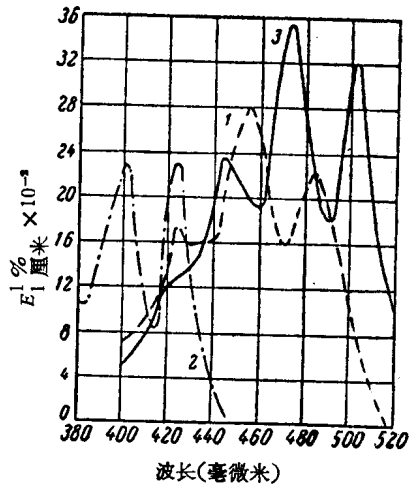


图 8 在己烷中 δ -胡蘿卜素(1)、 ϵ -胡蘿卜素(2)和番茄紅素(3)的吸收光譜。这些色素在番茄和薔薇的果实中最常見 (Goodwin, 1954)

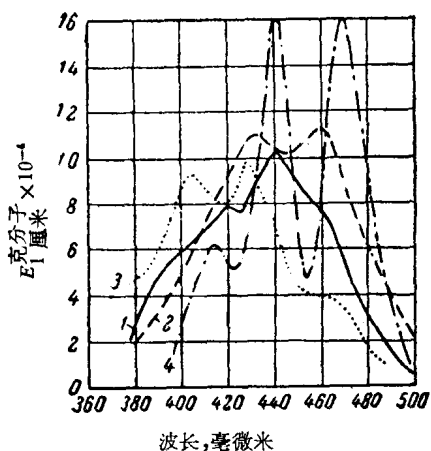


图9 在己烷中原番茄红素(1)、原- γ -胡萝卜素(2)、原-四氢番茄红素(3)和链孢霉红素(4)的吸收光谱。这些色素得自于低等真菌中(Goodwin, 1954)

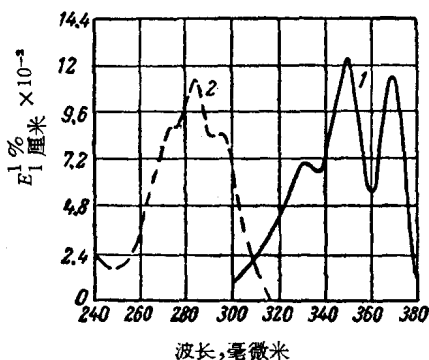


图10 在己烷中植物甾光素(1)和异辛烷中植酸钙镁(2)的吸收光谱。色素是取自桔桔果实果皮(Goodwin, 1954)

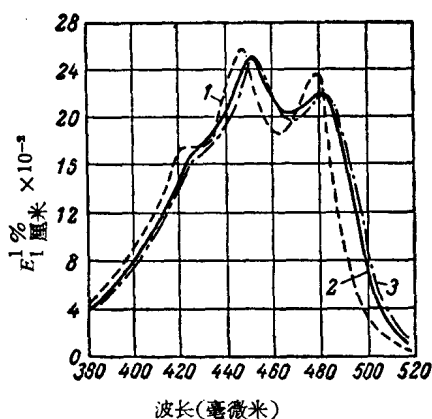


图11 在乙醇中黄体素(1)和玉米黄嘌呤(2)以及在己烷中隐黄嘌呤(3)的吸收光谱。这些多是叶子、花和花粉粒中的色素(Goodwin, 1954)

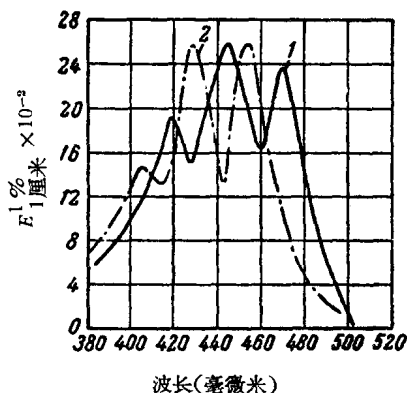


图12 蓬菜黄嘌呤(1)在乙醇中和叶黄呋喃素(2)在苯中的吸收光谱。色素取自毛茛科等植物的黄花(Goodwin, 1954)

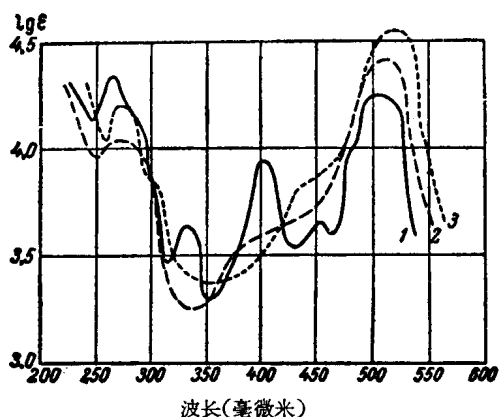


图 13 花色素:天竺葵汀(1)花青素(2)飞燕草汀(3)的吸收光谱
(Goodwin, 1954)

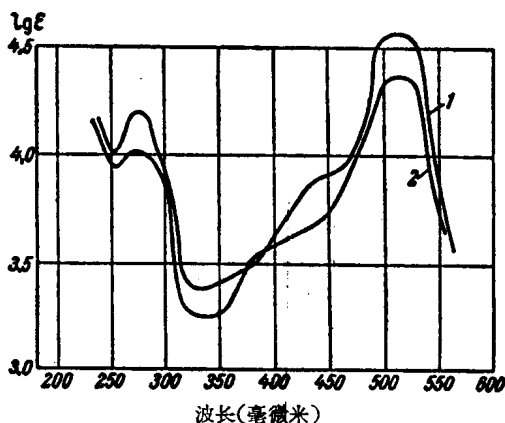


图 14 芍药汀(1)和花青素(2)的吸收光谱 (Goodwin, 1954)

素的紫外线吸收光谱列举于图 15—17 中,而许多其它色素的吸收最大值则以表格的形式列于表 3 中。

可能,正是这些色素位于花粉粒的外壁中并在自然条件下保护其不受短波紫外线的为害(Asbeck, 1958)。

查耳酮和金黄酮 这类色素同黄酮类色素一样也以糖甙类形式存在。在 300—400 毫微米区域有强烈的吸收带(图 18—19, 表 4)。

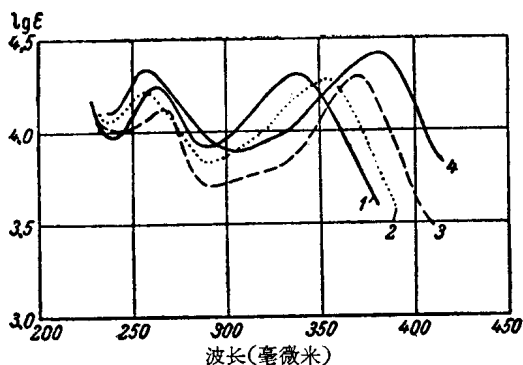


图 15 黄酮和黄酮醇的吸收光谱 芹菜配质(1), 木犀草黄素(2), 樟脑油(3), 槲精(4) (Goodwin, 1954)

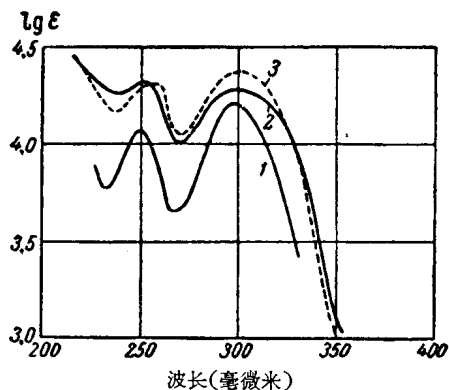


图 16 乙酰化作用对黄酮类物质和黄酮醇吸收光谱的作用 黄酮(1), 五醋酸槲精(2), 四醋酸木犀草素(3) (Goodwin, 1954)

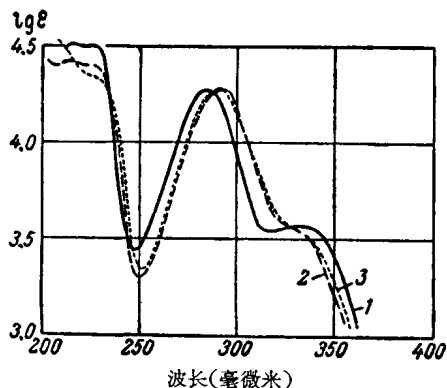


图 17 黄酮类物质的吸收光谱 柚甙(1), 柚配质(2), 桔皮素(3) (Goodwin, 1954)

表 3 黄酮衍生物(在乙醇中)在紫外綫区域的吸收和消光系数
(Гейссман, 1960)

化 合 物	吸收高峯波长(毫微米)	log ϵ
黄酮	297.5;250	4.20;4.07
3',4'-二羟基黄酮	345;245	4.28;4.17
5,7-二羟基黄酮(柯因)	330;270	3.90;4.42
5-羟基-7-甲氧基黄酮(柚木柯因)	330;270	3.83;4.40
5,7-二乙氧基黄酮	302.5;255	4.43;4.18
芹菜配质-7-芹菜甙	341;267	4.29;4.17
芹菜配质-7-葡萄糖甙	335;268	— —
芹菜配质-7-鼠李葡萄糖甙	335;270	— —
5,7,4-三羟基黄酮	340;265	4.31;4.25
5,7,4-三甲氧基黄酮	325;265	4.33;4.25
5,7,3',4'-四羟基黄酮	355;258	4.28;4.22
木犀草黄素-7-葡萄糖甙	350;259	— —
5,7,3',4'-四乙酰黄酮	300;258	4.35;4.30
3-羟基黄酮	347.5;305;239	4.04;3.86;4.14
3,5,7-三羟基黄酮(高良姜精)	360;267.5	4.07;4.23
3,5,7,4'-四羟基黄酮(非瑟酮)	370;315;252.5	4.43;4.22;4.33
3,5,7,2'-四羟基黄酮(达提斯汀)	360;262.5	3.99;4.14
3,5,7,4-四羟基黄酮(樟脑油)	370;310;267.5	4.28;4.12
3,5,7,3',4'-五羟基黄酮(槲精)	375;258	4.32;4.32
3,5,7,2',4'-五羟基黄酮(桑椹素)	380;263	4.15;4.22
3,5,4'-三氧-3',7-二甲氧基黄酮(鼠李辛)	375;255	3.27;4.37
5-羟基-3,7,3',4'-四甲氧基黄酮	252;269;254	4.34;4.29;4.37
3,5,6,7,3',4'-六甲氧基黄酮	335;240	4.42;4.37
3,5,7,8,3',4'-六羟基黄酮	351;271;252	4.33;4.33;4.34
3,5,6,7,3',4'-六羟基黄酮(槲万寿菊碱)	361;272;259	4.34;4.15;4.34
槲素	352;260	4.24;4.35
芸香甙	361;310;258	4.28;3.96;4.35
异槲素	360;310;258	4.32;4.01;4.41
海棠碱	362.5;312;258	4.31;3.97;4.38
槲瓦特森素	374;257	4.39;4.42
3,5,7,3',4'-五乙酰黄酮	300;253	4.27;4.32
5,7-二羟基-3-甲氧基-3',4'-甲基二羟基黄酮	353;269;255	4.28;4.21;4.32