

黄瓜组织中氨基酸、糖和叶绿素含量 与其对霜霉病抗性的关系*

云兴福

(内蒙古农牧学院园艺系, 呼和浩特 010018)

摘 要 对黄瓜霜霉病抗性不同的黄瓜品种氨基酸含量进行测定, 结果表明, 在萌动种子内、除谷氨酸、赖氨酸和 NH_3 外, 其它氨基酸的平均含量抗病品种高于感病品种; 在子叶内, 除胱氨酸、苯丙氨酸和 NH_3 外, 其它氨基酸含量感病品种高于抗病品种; 不同叶位真叶的氨基酸含量随着叶位上升(叶龄的减小)而增加, 同一叶位的各种氨基酸含量抗病品种高于感病品种, 各叶位氨基酸的平均含量抗病品种也高于感病品种, 其中胱氨酸、苯丙氨酸和 NH_3 的差异达显著或极显著, 据此, 胱氨酸、苯丙氨酸和 NH_3 的含量与黄瓜对霜霉病的抗性呈显著正相关性。黄瓜子叶和同一植株不同叶位真叶内可溶性总糖含量与抗病性呈高度正相关性; 还原糖含量和还原糖与总糖比及叶绿素 A 的含量与抗病性呈高度负相关; 叶绿素 B 和叶绿素总量与抗病性无明显相关。

关键词 黄瓜 组织 氨基酸 糖 叶绿素 霜霉病

生产实践和研究资料表明, 不同黄瓜品种对霜霉病的抗性有很大差异^[1,2], 黄瓜植株不同时期和不同叶位(不同叶龄)的叶片对霜霉病抗性也有很大差异^[3], 然而对这种现象的生理生化机制目前尚不清楚^[3]。关于植物体内糖、色素和氨基酸与植物抗病性的关系很早就被人们注意, 且有很多报道。然而, 关于黄瓜萌动种子、子叶及不同叶位真叶内的糖、叶绿素及氨基酸含量与其抗霜霉病的关系方面的报道甚少。本试验对 6 个不同的感抗霜霉病的黄瓜品种的萌动种子、子叶及不同叶位真叶中糖、叶绿素和氨基酸含量和种类进行了测定和分析, 旨在探讨黄瓜组织对霜霉病的免疫因子。

1 材料和方法

试验于 1992 年 3 月至 7 月在内蒙古农牧学院试验研究中心和内蒙古农牧学院蔬菜教学基地的日光温室内进行。供试抗病品种为津研 2 号、津研 4 号和津研 7 号, 感病品种为山东密刺、新泰密刺和长春密刺。

种子浸泡 8h, 取出在室温下萌动 3h, 去种皮, 每处理 50 粒, 经脱脂后供测氨基酸。两类黄瓜种子催芽后播在装有均匀一致园土的 10cm × 10cm 塑料钵内(置于塑料日光温

1993-06-27 收稿。

* 本研究为内蒙古科委资助项目的部分内容。

室内), 子叶充分展大时每处理取 50 对子叶切碎混合均匀, 在 60℃ 下烘 24h 测定。将抗病品种津研 2 号和感病品种山东密刺的 3 叶 1 心的幼苗以 50×33cm 的密度定植于日光温室内, 待植株长到第 10 叶时, 同时从下往上取第 1、第 5 和第 9 叶位的真叶, 每处理 10 片叶 (即 10 片相同叶位的叶片), 将叶取下切碎混均, 60℃ 下烘 24h 供测。以上所有处理均重复 3 次。

分别测定子叶、种子和不同叶位真叶内的氨基酸、还原糖、可溶性总糖、叶绿素 A、叶绿素 B 和叶绿素总量的含量。氨基酸测定采用过甲酸氨化法处理测定, 其余氨基酸以 6N 盐酸水解测定, 用日立 835-50 型氨基酸自动分析仪测定; 糖含量采用金氏定糖法测定; 叶绿素采用丙酮提取法测定。

2 结果与分析

2.1 不同抗性品种的氨基酸含量

2.1.1 萌动种子的氨基酸含量 3 个抗病品种萌动种子的谷氨酸、赖氨酸和 NH_3 的平均含量低于 3 个感病品种的平均含量, 但只有 NH_3 的差异达到 $\alpha=0.05$ 的显著水平, 其它氨

表 1 不同抗性品种萌动种子的氨基酸含量

氨基酸种类	新泰密刺	长春密刺	山东密刺	$\bar{X}_{\text{感}}$	津研 2 号	津研 4 号	津研 7 号	$\bar{X}_{\text{抗}}$
天门冬氨酸(ASP)	5.845	6.643	5.261	5.919	5.726	6.663	5.642	6.010
苏氨酸(THR)	2.197	2.341	1.896	2.145	2.064	2.331	2.043	2.146
丝氨酸(SER)	3.042	3.258	2.560	2.953	2.859	3.275	2.816	2.983
谷氨酸(GLU)	11.143	12.378	8.011	10.511	10.817	12.161	8.088	10.355
甘氨酸(GLY)	3.101	3.409	2.810	3.107	3.110	3.392	3.096	3.199
丙氨酸(ALA)	2.379	2.606	2.465	2.843	2.708	2.650	2.635	2.664*
胱氨酸(CYS)	0.855	0.802	0.940	0.866	1.088	0.855	1.987	1.310*
缬氨酸(VAL)	2.707	2.974	2.318	2.667	2.506	3.047	2.463	2.672
蛋氨酸(MET)	1.333	1.381	1.156	1.290	1.534	1.438	1.529	1.499**
异亮氨酸(ILE)	1.996	2.178	2.021	2.065	2.212	2.158	2.174	2.181*
亮氨酸(LEU)	3.922	4.190	3.363	3.825	3.752	4.228	3.680	3.881
酪氨酸(TYR)	2.026	2.126	1.792	1.981	2.038	2.201	2.029	2.089*
苯丙氨酸(PHE)	3.047	3.236	2.878	3.054	3.143	3.370	3.073	3.195*
赖氨酸(LYS)	2.097	2.162	1.782	2.014	1.877	2.181	1.881	1.980
氨 (NH_3)	1.158	1.564	1.184	1.302*	1.103	1.329	1.171	1.201
组氨酸(HIS)	1.182	1.250	1.209	1.214	1.337	1.285	1.334	1.319*
精氨酸(ARG)	8.507	9.281	7.618	8.469	8.538	9.293	8.508	8.780
脯氨酸(PRD)	2.234	2.454	2.040	2.243	2.172	2.438	2.125	2.245
总 量	58.780	64.233	53.185	58.733	60.761	64.295	57.580	60.879

注: 1. * 为 5% 差异显著水平, ** 为 1% 差异极显著水平;

2. 氨基酸含量用占总 N 量的百分数表示 (以下同)。

氨基酸的平均含量抗病品种均高于感病品种, 其中差异达显著水平的有丙氨酸、胱氨酸、异亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸和组氨酸; 就氨基酸总量而言抗病品种比感病品种高 3.65%。

2.1.2 子叶的氨基酸含量 测定结果显示, 子叶中胱氨酸、苯丙氨酸、天门冬氨酸和 NH_3 的含量抗病品种极显著高于感病品种, 而其它氨基酸的平均含量感病品种高于抗病品种, 但差异达显著水平 ($\alpha = 0.05$) 的有谷氨酸、甘氨酸、赖氨酸, 其余氨基酸差异不显著, 氨基酸总量感病品种比抗病品种高 5.18% (表 2)。

表 2 不同抗性品种子叶氨基酸含量

氨基酸种类	新泰密刺	长春密刺	山东密刺	$\bar{X}_{\text{感}}$	津研 2 号	津研 4 号	津研 7 号	$\bar{X}_{\text{抗}}$
天门冬氨酸(ASP)	3.525	3.238	2.529	3.097	2.447	3.395	3.750	3.19
苏氨酸(THR)	1.641	1.486	1.205	1.444	1.168	1.507	1.448	1.324
丝氨酸(SER)	1.712	1.582	1.230	1.508	1.185	1.644	1.572	1.46
谷氨酸(GLU)	4.883	4.293	3.176	4.117*	3.083	4.235	4.195	3.838
甘氨酸(GLY)	1.989	1.720	1.429	1.643*	1.406	1.720	1.662	1.596
丙氨酸(ALA)	1.989	2.242	1.948	2.060	1.858	2.067	1.797	1.96
胱氨酸(CYS)	0.452	0.341	0.341	0.369	0.403	0.401	0.489	0.431
缬氨酸(VAL)	2.009	1.892	1.451	1.284	1.465	1.930	1.935	1.77
蛋氨酸(MET)	0.281	0.409	0.585	0.425	0.541	0.375	0.377	0.434
异亮氨酸(ILE)	1.424	1.393	1.172	1.330	1.142	1.292	1.227	1.22
亮氨酸(LEU)	2.644	2.487	2.053	2.389	2.004	2.454	2.491	2.33
酪氨酸(TYR)	1.366	1.308	1.114	1.263	1.038	1.297	1.335	1.24
苯丙氨酸(PHE)	1.696	1.703	1.452	1.617	1.457	1.665	1.992	1.76
赖氨酸(LYS)	2.037	1.905	1.636	1.859*	1.611	1.979	1.747	1.73
氨 (NH_3)	1.033	0.968	0.712	0.904	1.008	1.231	1.320	1.186
组氨酸(HIS)	0.835	0.696	0.559	0.697	0.538	0.629	0.709	0.64
精氨酸(ARG)	2.610	2.032	1.632	2.091	1.532	2.082	2.061	1.89
脯氨酸(PRO)	1.903	1.747	1.279	1.643	1.239	1.560	1.600	1.46
总 量	33.798	31.442	26.503	30.579	24.725	31.453	31.040	29.07

2.1.3 不同抗性品种各真叶的氨基酸含量 就单个品种的植株来说, 每种氨基酸的含量均随着叶位的升高而增加, 即节位越上(叶龄越小)氨基酸含量越高; 就抗性不同的两大系统品种来说, 同一叶位的各种氨基酸含量抗病品种均高于感病品种, 各叶位平均的氨基酸含量抗病品种也高于感病品种, 其中差异达显著或极显著的有胱氨酸、苯丙氨酸、天门冬氨酸和 NH_3 , 真叶氨基酸总量抗病品种比感病品种高 6.64% (表 3)。

2.2 不同抗性品种叶片的糖含量

2.2.1 子叶的糖含量 子叶内还原糖平均含量感病品种比抗病品种高 6.26%, 而可溶性总糖含量抗病品种比感病品种高 7.45%, 还原糖与可溶性总糖的比值感病品种比抗病品种高 14.19% (表 4)。

2.2.2 不同叶位真叶的糖含量 就不同抗病性的品种来说, 还原糖含量感病品种的 3 个叶位的叶片分别高于抗病品种的相应叶位的叶片, 且各叶位平均感病品种比抗病品种高

6.27%; 相反, 可溶性总糖含量抗病品种的 3 个叶位叶片分别高于感病品种的相对应的叶位, 且各叶位平均抗病品种比感病品种高 5.94%; 还原糖与可溶性总糖的比值感病品种的 3 个叶位分别高于抗病品种的相对应的叶位, 且各叶位平均感病品种比抗病品种高 13.01%。

表 3 不同抗性品种各真叶氨基酸含量

氨基酸种类	山东密刺				津研 2 号			
	第一真叶	第五真叶	第九真叶	$\bar{X}_{感}$	第一真叶	第五真叶	第九真叶	$\bar{X}_{抗}$
天门冬氨酸(ASP)	0.935	1.895	2.402	1.744	1.066	2.067	2.558	1.897*
苏氨酸(THR)	0.426	0.913	1.145	0.828	0.485	0.962	1.214	0.887
丝氨酸(SER)	0.472	0.914	1.196	0.861	0.543	1.033	1.265	0.947
谷氨酸(GLU)	1.258	2.511	3.113	2.294	1.554	2.716	3.203	2.491
甘氨酸(GLY)	0.529	1.059	1.312	0.967	0.598	1.130	1.372	1.033
丙氨酸(ALA)	0.598	1.307	1.569	1.158	0.669	1.272	1.580	1.174
胱氨酸(CYS)	0.174	0.261	0.298	0.244	0.203	0.300	0.329	0.277**
缬氨酸(VAL)	0.723	1.277	1.510	1.170	0.818	1.270	1.556	1.248
蛋氨酸(MET)	0.199	0.246	0.295	0.247	0.232	0.273	0.291	0.265
异亮氨酸(ILE)	0.423	0.777	1.009	0.734	0.494	0.818	1.071	0.794
亮氨酸(LEU)	0.733	1.607	1.926	1.422	0.839	1.595	2.029	1.488
酪氨酸(TYR)	0.454	0.871	0.979	0.768	0.502	0.875	1.021	0.802
苯丙氨酸(PHE)	0.630	1.036	1.212	0.959	0.706	1.079	1.266	1.017*
赖氨酸(LYS)	0.634	1.264	1.532	1.143	0.724	1.260	1.559	1.188
氨(NH ₃)	0.703	0.599	0.810	0.704	0.578	0.965		0.726*
组氨酸(HIS)	0.144	0.337	0.406	0.296	0.172	0.346	0.441	0.320
精氨酸(ARG)	0.523	1.129	1.403	1.018	0.598	1.202	1.441	1.080
脯氨酸(PRD)	0.508	1.012	1.198	0.906	0.597	1.026	1.292	0.972
总 量	10.066	18.970	23.215	17.450	11.378	20.289	24.157	18.608

表 4 不同抗性品种子叶的糖含量 (占干重%)

项 目	津研 2 号	津研 4 号	津研 7 号	$\bar{X}_{抗}$	新泰密刺	长春密刺	山东密刺	$\bar{X}_{感}$
还 原 糖	3.121	3.049	3.366	3.179	3.280	3.263	3.591	3.378
可溶性总糖	5.874	5.774	5.702	5.783	5.459	5.071	5.617	5.382
还原糖:总糖	53.13	52.81	59.03	54.97	60.08	64.35	63.93	62.77

就两品种的不同叶位来说, 随着叶位的上升, 即叶龄的减小, 还原糖含量递增, 可溶性总糖含量不是递增或递减关系, 而是随着叶龄的升高, 呈 V 字形折线变化, 也就是老叶和新叶含量高, 而中龄叶含量低。由于可溶性总糖含量呈这一趋势, 致使还原糖与可溶性总糖的比值恰好呈倒八字形折线, 即老叶和新叶比值低, 中龄叶比值高。而黄瓜植株不同叶位(叶龄)的叶片对霜霉病的抗性表现为老、幼叶抗, 中龄叶感, 这正好与可溶性总糖含量趋势一致, 而与还原糖含量和还原糖与可溶性总糖的比值趋势相反(表 5)。

2.3 不同抗性品种叶片的叶绿素含量

2.3.1 子叶的叶绿素含量 在子叶内, 感病品种的叶绿素 a 的平均含量比抗病品种高 15.72%, 叶绿素 b 和叶绿素总量的平均含量感病品种也比抗病品种高, 但差异极小 (表 6)。

表 5 不同叶位真叶的糖含量 (占干重的%)

项 目	津研 2 号				山东密刺			
	第一叶位	第五叶位	第九叶位	$\bar{X}_{\text{抗}}$	第一叶位	第五叶位	第九叶位	$\bar{X}_{\text{感}}$
还 原 糖	0.913	0.961	1.092	0.989	0.976	1.007	1.169	1.051
可溶总糖	11.220	9.712	12.655	11.196	10.612	8.850	12.241	10.568
还原糖:可溶总糖	8.137	9.895	8.629	8.887	9.200	11.380	9.550	10.04

表 6 不同抗性品种子叶的叶绿素含量 (mg/g 鲜重)

项 目	津研 2 号	津研 4 号	津研 7 号	$\bar{X}_{\text{抗}}$	新泰密刺	长春密刺	山东密刺	$\bar{X}_{\text{感}}$
叶绿素 a	0.0560	0.0756	0.0591	0.0636	0.0696	0.0786	0.0725	0.0736
叶绿素 b	1.3660	1.2880	1.2360	1.2390	1.2030	1.2390	1.3930	1.2780
叶绿素总	1.4220	1.3036	1.2951	1.3026	1.2726	1.3176	1.4655	1.3516

2.3.2 不同叶位真叶的叶绿素含量 就单个品种的植株来说, 叶绿素总量随着叶位的上升, 即叶龄的减小而增加, 叶绿素 a 则随着叶位的升高基本呈八形折线; 就不同抗性的品种来说, 除老叶 (第 1 真叶) 外, 中龄叶和幼龄叶的叶绿素 b 和叶绿素总量抗病品种明显高于感病品种, 叶绿素 a 的平均含量无论是每个叶位还是各叶位平均, 感病品种均显著高于抗病品种, 这与子叶期结果一致 (表 7)。

表 7 不同抗性品种各真叶的叶绿素含量 (mg/g 鲜重)

叶 位	叶绿素 a		叶绿素 b		叶绿素总	
	山东密刺	津研 2 号	山东密刺	津研 4 号	山东密刺	津研 7 号
第 1 真叶	0.1160	0.0999	0.8405	0.7266	0.9565	0.8265
第 5 真叶	0.1635	0.1465	1.2290	1.3837	1.3929	1.5302
第 9 真叶	0.1626	0.1466	1.4359	1.5368	1.5985	1.6834
\bar{X}	0.1474	0.1310	1.1706	1.2157	1.3160	1.3467

结合子叶和不同叶位真叶的叶绿素 a 的变化趋势, 可以看出, 叶片中叶绿素 a 的含量与对霜霉病的抗病性呈明显的负相关性。

3 讨论

Сухоруков (1939) 在研究禾谷类锈病时认为, 对锈病的免疫性决定于禾谷类作物组织内高含量的 NH_3 和脲。Рубин и Иванова (1959) 在研究甘蓝感染时指出, 甘蓝组织中的 d-氨基酸氧化酶活性在感病时有所增高, 而在抗病品种中增加的更高一些, 而氨是在 d-氨基酸氧化酶作用下氧化脱氨形成的, 我们的实验结果表明, NH_3 在抗病品种中高于感病品

种, 高含量的 NH_3 是植物叶片保护反应的一个表现, 可以认为, 当其累积达到一定量时就成为寄生物菌丝不能繁殖生存的一个抑制因素。

胱氨酸是含-SH 基的氨基酸, 它与植物体内很多酶系统和抗生素有关。苯丙氨酸类代谢是形成多种具有抗菌作用产物的途径之一^[4], 它在酶的作用下, 代谢过程可以促使植物产生多种植物保卫素, 故其含量的高低与植物抗病性的强弱有直接关系。本研究结果表明, 黄瓜霜霉病的抗性与其黄瓜组织内氨、胱氨酸和苯丙氨酸含量呈高度的正相关性。这些结果与前人的研究完全一致。

黄瓜霜霉菌 [*Pseudoperonospora cubensis* (Berk. et Curt.) Rostov.] 只在活体细胞上发育, 不在死组织或离体叶片上生存, 即使在活组织捣碎的汁液中也不能生存。造成这一特性的原因是专性寄生菌在浸染植物时, 其本身不能把糖和无机磷酸合成磷酸脂。有人认为这种磷酸脂是专性寄生菌浸染发育的特殊物质^[4], 而磷酸脂的含量与植物体内糖含量, 特别是单糖的含量有关, 因此, 植物组织含糖量与专性寄生菌浸染即植物组织的抗病性有密切关系。Atti 认为, 糖含量高乃是促进植物感病性的因素, 因为糖是病原微生物必需的营养物质。许多研究者都指出葡萄对各种病原菌的感病性与其浆果的高含量的糖之间有相关关系^[10]。许多研究结果还表明, 在可溶性总糖中, 单糖 (即还原糖) 的比例越小, 植物组织越抗病。本研究结果表明, 对霜霉病感病品种子叶和不同叶位真叶中有较高量的还原糖, 较低含量的可溶性总糖及高的还原糖/可溶性总糖比值, 而抗病品种正好相反。这些结果与前人研究有相同的趋势。

唐晓松等研究菠菜表明, 在光系统 II 中, 只有叶绿素 a 的存在, 而且, 活细胞中叶绿素 a 吸收光能后几乎全部通过激发态分子而用于光反应, 所以光合作用与叶绿素 a 含量关系非常密切。叶绿素 a 含量高, 光合能力强, 光合产物的中间产物, 特别是还原糖积累多, 因此, 对霜霉病感病品种具有较高含量的叶绿素 a, 这与糖的结果是一致的。另外, 叶绿素 a 本身是否作为有利于专性寄生菌发育的特殊物质尚有待于进一步研究。

参 考 文 献

- 1 傅俊范, 傅淑云. 黄瓜霜霉菌生理分化研究. 沈阳农业大学学报, 1986, 17(3): 22~32
- 2 天津市蔬菜研究所. 黄瓜兼抗新品种津研五、六、七号培育经过. 天津农业科学, 1982, 1: 1~5
- 3 王鹿光主编. 植物病理学. 北京: 农业出版社, 1979, 178~179
- 4 杨家书等. 植物苯丙氨酸类代谢与小麦对白粉病抗性的关系. 植物病理学报, 1986, 16(3): 169~174
- 5 杨崇实. 黄瓜卷须可溶性固形物含量对霜霉病的抗病性预测及防治. 园艺学报, 1985, 12(2): 102~106
- 6 蔡武城等. 生物物质常用化学分析法. 北京: 科学出版社, 1982, 5~6
- 7 富山宏平著(日). 植物的感染生理. 北京: 农业出版社, 1986, 51~53;
- 8 Nelson, K.E. Factors influencing the infection grapes by *Botrytis Cinerea*. *Phytopathology*, 1951, 41 (4): 319~326

Correlation Between the Contents of Amino acid Sugar and Chlorophyll in Cucumber Tissue and Their Resistance to Downy Mildew of Cucumber

Yun Xingfu

(Department of Horticulture, Inner Mongolia Institute of Agriculture and Animal Husbandry, Hohhot)

Abstract The contents of amino acid, sugar and chlorophyll in different cucumber varieties with different resistance to downy mildew of cucumber were tested. As a result, the contents and the kinds of amino acid in germinated seed, cotyledon and true leaves on different nodes of cucumber plant were quite different. The results showed that there were significant positive correlations between the contents of cystine, phenylalanine, NH_3 and the resistance to downy mildew of cucumber, and between the contents of soluble total sugar in cotyledon and true leaves on different nodes of a same cucumber plant and the resistance to the disease. There were a significant negative correlation between the contents of reducing sugar, the reducing sugar to total sugar ratio, chl.a and the resistance to the disease. But there was no significant correlation between the total amounts of chlorophyll as well as chl.b and the resistance to the disease.

Key words: Cucumber tissue; Amino acid; Sugar; Chlorophyll; Downy mildew of cucumber; Resistance