

槲皮素对 SI 甘蓝授粉引起的 PK 活性及相关指标的影响

吴能表^{1,2} 朱利泉¹ 王小佳^{1,*}

(¹西南农业大学园艺系,重庆 400716; ²西南师范大学生命科学学院,重庆 400715)

摘要 通过槲皮素处理,研究了自交不亲和甘蓝自花授粉和异花授粉与蛋白激酶的关系。结果表明,槲皮素能明显抑制自交不亲和甘蓝自花授粉引起的蛋白激酶活性,导致蛋白质磷酸化明显受阻,进而促进自花诱导的花粉萌发和花粉管生长,同时使 SOD、POD、CAT 活性升高, Ca²⁺ 含量下降, Ca²⁺ 在胞内的分布明显改变,而槲皮素对异花授粉抑制作用不甚明显。因此,自交不亲和甘蓝阻止自花花粉萌发的机制可能与授粉后提高蛋白激酶活性和蛋白质磷酸化有关。

关键词 甘蓝;自交不亲和;槲皮素;蛋白磷酸化

中图分类号: S565

Effect of Quercetin on Activity of Protein Kinase and Correlative Indexes Caused by Pollination in Self-incompatible *Brassica oleracea* L.

WU Neng-Biao^{1,2}, ZHU Li-Quan¹, WANG Xiao-Jia^{1,*}

(¹ Horticulture Department, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716; ² School of Life Science, Southwest Normal University, Chongqing 400715, China)

Abstract The relationship between self-incompatibility and activity of protein kinase in *Brassica oleracea* L. was studied by treating with quercetin, one of the protein kinase inhibitor, then result showed that quercetin inhibited the protein kinase activity caused by self-pollination in self-incompatible *Brassica oleracea* L., and obviously prevented protein phosphorylation. Then promoted the pollen germination and growth, increased the activities of SOD, POD and CAT. At the same time, contents of Ca²⁺ were decreased, and the distribution of Ca²⁺ in cell was obviously changed. However, these parameters were not changed much evidently by quercetin treatment in cross-pollination. Hence, the mechanism of self-incompatibility *Brassica oleracea* L. may be related to the enhancement of protein kinase activity and protein phosphorylation.

Key words *Brassica oleracea* L.; Self-incompatibility; Quercetin; Protein phosphorylation

自交不亲和在植物界中广泛存在,半数以上显花植物都具有自交不亲和现象,它涉及 70 个科,250 个属^[1],这引起了植物学界和分子生物学的广泛关注,它有利于植物的遗传进化,扩大变异程度,在育种上有较广阔的应用前景。研究证明,植物自交不亲和性由 S 位点决定,目前已分离出多种 S-基因及其表达产物。在孢子体型自交不亲和植物中,已从芸薹属分离获得多种编码 S-位点糖蛋白(S-locus glycoproteins, SLG)的雌蕊 S-基因,如甘蓝 SLG-2、SLG-22 和 SLG-29,白菜的 SLG-8、SLG-9、SLG-10 等^[2],还从甘蓝中分离得到了编码 S-受体激酶(S-receptor kinase, SRK)的雌蕊 S-基因,SLG 和 SRK 可能

与磷酸化和去磷酸化参与的某种信号传递有关,最终导致自身花粉生长受阻。有研究表明,槲皮素能提高自交不亲和甘蓝的亲系数^[3],为探究其机理,明确蛋白质磷酸化与自交不亲和甘蓝授粉的关系,阐明提高自交不亲和材料亲和指数的原因,本研究以自交不亲和甘蓝为材料,研究了槲皮素对自交不亲和甘蓝授粉过程的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料甘蓝(*Brassica oleracea* L.)由西南农业大学园艺系提供,编号为 84079 和 84067,前 3 年平

*基金项目:国家自然科学基金(39970516、30170646)资助。

作者简介:吴能表(1969-),男,副教授,四川平昌人,主要从事药用植物生理生化、蛋白质分离纯化与植物信号传导等领域的研究。Tel: 023-68385329, E-mail: wunb@swnu.edu.cn。*通讯作者:王小佳。

Received(收稿日期):2003-06-20; Accepted(接受日期):2004-01-07。

均亲和指数分别为 0.1 和 0.5,除异花诱导花粉萌发的柱头以 84067 为材料外,其余均以 84079 为材料试验。开花前 1 周每天上午 9:00 用 0.5 mmol L^{-1} 的槲皮素进行花枝喷洒^[4,5],开花前 1 d 去雄,开花当天用 0.5 mmol L^{-1} 的槲皮素处理柱头,30 min 后授粉,授粉 3 min 后采样用于激酶活性测定,10 min 后采样用于磷蛋白的分离,1 h 后采集花柱用于 Ca^{2+} 含量测定,3 h 后另采样用于酶活测定及 Ca^{2+} 定位。双蒸水代替槲皮素溶液同样处理作对照。

1.2 方法

1.2.1 蛋白激酶(Protein Kinase, PK)活性

可溶性蛋白质的提取参照郑朝军等^[6]的方法略有修改。取叶片 0.2 g,加入液氮迅速研磨,用预冷细胞匀浆液(终浓度为 Tris 20 mmol L^{-1} ,EDTA 2.5 mmol L^{-1} ,PMSF 5 mmol L^{-1} ,pH 7.2)冰浴充分研磨,4 15 000 $\times g$ 离心 15 min,取上清液,40 000 $\times g$ 离心 30 min,上清液即为酶液。

蛋白质含量测定采用 Bradford(1976)法^[7]。

PK 活性的测定参照张来群等^[8]的方法略有改动。取粗酶液 20 μL 与反应缓冲液混合,使终浓度为 Histon 1 mg mL^{-1} ,Hepes 50 mmol L^{-1} (pH 7.2) 和 $1 \text{ mmol L}^{-1} \text{ CaCl}_2 + 10 \text{ mmol L}^{-1} \text{ MgCl}_2$,最后加入 5 μL 终浓度 $2.5 \mu\text{mol L}^{-1}$ 的 ATP(内含 $18.5 \text{ kBq [}^{-32}\text{P]ATP}$, $[^{-32}\text{P]ATP}$ 的比放射性 $> 185 \text{ TBq mmol}^{-1}$,放射纯度 95%,北京福瑞生物工程公司生产)启动反应,30 反应 10 min,冰浴终止反应。吸取 20 μL 加在用 20% 的 TCA 和 1% 的 NaPPi 预处理的 P81 滤纸上,用 75 mmol L^{-1} 磷酸溶液充分冲洗 3 h,中间换溶液 5 次,将未反应的 $[^{-32}\text{P]ATP}$ 充分洗掉,然后用乙醇-乙醚(1:1)10 mL 冲洗 2 次,每次 5 min,60 烘干。将充分干燥的 P81 滤纸片放入液闪瓶中,加入闪烁液(PPO 4 g,POPOP 0.5 g,溶于 1 L 甲苯)5 mL,使滤纸片浸没在闪烁液底部中央,用 EJ-2101 G 双道液体闪烁计数器(国产)进行计数测量。蛋白激酶活性以 $\text{cpm mg}^{-1} \text{ protein}$ 表示。

1.2.2 磷酸化蛋白质的分离

可溶性蛋白体外磷酸化反应参照郑朝军等^[6]的方法略有修改。在反应体系中加入 100 μL 酶提取液,1 μL 1 mol L^{-1} 的 MgCl_2 和 1 μL 0.1 mol L^{-1} 的 CaCl_2 ,于 30 保温 1~2 min 后加入 5 μL 终浓度 $2.5 \mu\text{mol L}^{-1}$ $[^{-32}\text{P]ATP}$ 启动反应,10 min 后加入 10 μL 甘油,25 μL 10% 的 SDS 终止反应,沸水浴 5 min,冷却后进行 SDS-PAGE^[9](12% 的分离胶),在暗盒中于 -40 对 X 光片曝光。

1.2.3 花粉体外诱导萌发生长

以柱头提取液培养花粉为对照,在提取液中加入 0.1 mmol L^{-1} 槲皮素为处理。

SI(自交不亲和)花粉诱导萌发参考张绍铃,平塚伸^[10]的方法进行。取即将开放的甘蓝花朵,剪取柱头,用事先配好经过预冷的培养基(10%蔗糖,15%聚乙二醇 4000(PEG 4000),0.01% H_3BO_3 ,0.07% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$,0.02% $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,0.01% KNO_3 溶解于 50 mmol L^{-1} 的 MES,pH 6.5)制作含有柱头提取液的花粉培养基。

在培养皿上放干燥滤纸(5 mm \times 5 mm),滴加含有柱头提取液的花粉培养基,均匀地撒上花粉,黑暗 23 培养 24 h 后,将花粉洗落到滴有苯胺蓝染色液(用硼酸-硼砂缓冲液配制 0.1% 的水溶性苯胺蓝,pH 8.2)的载玻片上,光学显微镜下观察。

1.2.4 SOD、POD、CAT 活性和 Ca^{2+} 含量测定

SOD 活性用 NBT 法,按 Stewart 和 Bewley 的系统^[11]进行测定,POD 活性采用愈创木酚法^[12]测定,CAT 活性采用紫外分光光度法^[13]测定, Ca^{2+} 含量采用湿法灰化^[14]处理,原子吸收分光光度计(WYX-401 型)测定。

1.2.5 Ca^{2+} 定位

参照 Slocum 和 Roux^[15]及 Bergers 等^[16]方法,加以修改。取 84079 的柱头迅速投入用 2% 焦锑酸钾(pH 7.6)配制的 3% 戊二醛固定液中[先用 0.1 mol L^{-1} 磷酸钾缓冲液(pH 7.1)配制 2% 焦锑酸钾],4 固定 3 h,用含 2% 的焦锑酸钾的磷酸钾缓冲液洗涤 3 次,每次 0.5 h;将洗涤过的材料转移至用 2% 焦锑酸钾(pH 7.6)配制的 1% 的锑酸中 4 固定过夜,双蒸水洗涤 3 次,用 pH 10.0 的重蒸水(用 NaOH 调)洗涤 2 次,每次 0.5 h。然后用乙醇进行脱水,环氧树脂包埋切片,透射电镜观察摄影。

2 结果与分析

2.1 槲皮素对授粉引起的自交不亲和甘蓝蛋白激酶活性的影响

授粉后花粉能否萌发与花粉和柱头之间的相互识别有非常直接的关系,这种识别靠 SLG 来进行,在其信号传递下游的 SRK 激酶起着十分重要的作用,它催化阻止自花花粉萌发的磷酸化蛋白质的形成^[17]。试验表明,授粉后自交不亲和引起蛋白激酶活性的迅速变化,以自花授粉 3 min 激酶活性为最大(图 1),自花授粉和异花授粉激酶活性分别为

992 602 cpm mg^{-1} 蛋白和 148 401 cpm mg^{-1} 蛋白,即此时自花授粉的 PK 活性为异花授粉的 6.69 倍,故随后以 3 min 为处理时间,设置槲皮素对自花授粉和异花授粉激酶活性的影响。结果表明,槲皮素对自花授粉和异花授粉激酶活性都有显著的抑制作用,由于自花授粉本身激酶活性远远大于异花授粉,因此抑制作用表现得更为明显,由对照的 992 602 cpm mg^{-1} 蛋白变为 101 269 cpm mg^{-1} 蛋白,抑制率接近 90%,而异花授粉则由 148 401 cpm mg^{-1} 蛋白变为 100 861 cpm mg^{-1} 蛋白,抑制率约为 30%,且被抑制后两者的激酶活性极为接近(表 1)。槲皮素处理后激酶活性都有显著性差异,说明槲皮素确实能显著抑制激酶活性,而自花授粉和异花授粉之间存在相当大的差异,提示激酶活性与自交亲和与否有密切的关系。

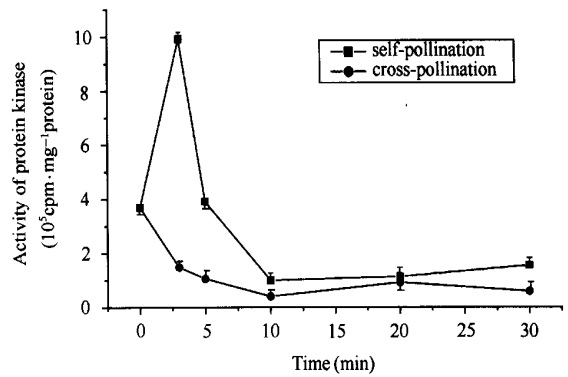


图1 授粉对 SI 甘蓝花柱内 PK 活性的动态影响
Fig. 1 The dynamic effects of pollination on PK activity in style of self-incompatible *Brassica oleracea* L.

表 1 槲皮素处理对自交不亲和甘蓝花柱内蛋白激酶活性和部分生理指标的影响

Table 1 Effect of quercetin on the activity of PK and some physiological indexes in style of SI *Brassica oleracea* L.

花柱类型 Type of style	槲皮素 Quercetin (mmol L ⁻¹)	激酶活性 Protein kinase activity (cpm mg^{-1} protein)	SOD 活性 SOD activity (unit g^{-1} FW)	POD 活性 POD activity ($\mu\text{A} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ FW)	CAT 活性 CAT activity (unit g^{-1} FW)	Ca ²⁺ 含量 Content of Ca ²⁺ ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ FW)
自花花柱 Self-style	0	992 602 \pm 326	7.65 \pm 0.27	2.55 \pm 0.12	8.23 \pm 0.43	91 \pm 12
显著性检验 Test of significance (<i>P</i>)	0.5	101 269 \pm 231	8.05 \pm 0.29	3.41 \pm 0.18	9.42 \pm 0.71	82 \pm 8
异花花柱 Cross-style	0	148 401 \pm 422	9.73 \pm 0.21	39 \pm 8	10.33 \pm 0.64	64 \pm 10
显著性检验 Test of significance (<i>P</i>)	0.5	100 861 \pm 163	9.61 \pm 0.67	17 \pm 6	10.04 \pm 0.86	61 \pm 6

2.2 槲皮素对蛋白质磷酸化的影响

为进一步了解蛋白激酶和蛋白质磷酸化的关系,采用自花授粉组合,去雄后用 0.5 mmol L⁻¹的槲皮素处理柱头,30 min 后进行授粉,10 min 后采样进行试验,通过体外放射标记,结果如图 2 所示,经过槲皮素处理后的样品几乎检测不到任何被标记的蛋白质条带,而对照出现了分子量为 22.2 kD 和 58.2 kD 的标记带,进一步确证了槲皮素对蛋白激酶的抑制作用导致蛋白质磷酸化受阻,为自花授粉抑制花粉萌发提供了最为直接的证据。即自花授粉阻止花粉萌发的激酶 SRK 被激活而参与相应底物蛋白质的磷酸化。

2.3 槲皮素对花粉萌发和花粉管生长的影响

槲皮素能够有效抑制甘蓝柱头内蛋白激酶的活性,使蛋白质磷酸化受阻,这种磷酸化蛋白质是否与自交不亲和有直接关系,我们在含有柱头提取物的花粉培养基中加入 0.1 mmol L⁻¹槲皮素,对花粉进

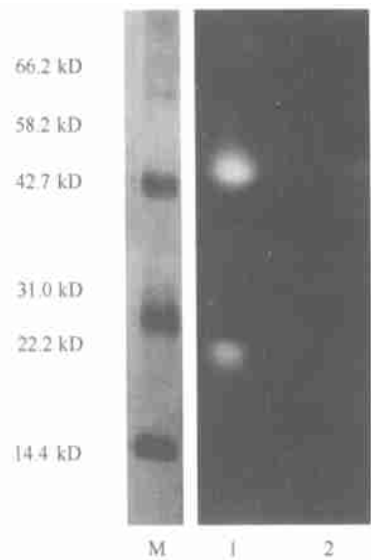


图2 抑制剂处理对甘蓝磷酸化蛋白质的影响
Fig. 2 Effect of inhibitor to phosphoprotein in self-incompatible *Brassica oleracea* L.
1:对照;2:槲皮素处理。
1:Control;2:Treated with quercetin.

行离体培养。结果表明,槲皮素对自花柱头提取物诱导自交不亲和和花粉萌发效果十分明显,能够极大地提高花粉萌发率和花粉管的相对长度,花粉萌发

率由 8.92% 增加到 38.97%,花粉管的相对长度由 0.51 增加为 1.05,而对异花柱头提取物处理花粉萌发率和花粉管生长的效果不明显(表 2)。

表 2 槲皮素对自交不亲和和甘蓝花粉萌发和生长的影响

Table 2 Effects of quercetin on pollen bourgeon and growth of self-incompatible *Brassica oleracea* L.

项 目 Item	自花柱头 Self-chapter			异花柱头 Cross-chapter		
	对照 Control	加槲皮素 With quercetin	显著性检验 Test of significance (P)	对照 Control	加槲皮素 With quercetin	显著性检验 Test of significance (P)
花粉萌发率 Pollen bourgeon rate (%)	8.92 ±0.56	38.97 ±1.23	0.008	56.4 ±2.21	59.2 ±3.78	0.095
花粉管相对长度 Comparative length of pollen tube	0.51 ±0.01	1.05 ±0.16	0.031	2.57 ±0.28	2.45 ±0.27	0.087

自花诱导和异花诱导的花粉萌发和生长存在差异,这种差异因槲皮素的处理而大大缩小,说明阻止自花花粉萌发依赖于激酶活性的存在,当自花授粉时,通过花粉与柱头的相互识别,相应激酶被活化,蛋白被磷酸化,导致花粉萌发受阻。当激酶失活或活性被抑制时,这种阻止作用几乎丧失,花粉萌发率大大提高。因此 SRK 激酶对于自交不亲和的实现是必需的。

2.4 蛋白激酶抑制剂对授粉后 SOD、POD、CAT 活性和 Ca^{2+} 含量的影响

SOD、POD 和 CAT 作为植物体内酶保护系统与植物受粉有密切关系(吴能表等,待发表), Ca^{2+} 作为植物信号传导的重要物质,与植物授粉过程蛋白质磷酸化有密切关系。研究表明,槲皮素处理能提高自花授粉的花柱内 SOD、POD 和 CAT 的活性,降低 Ca^{2+} 含量,而在异花授粉时却使所有指标略有降低(表 1)。但槲皮素处理后进行自花授粉的花柱内保护酶系统变化幅度大于异花授粉,且对异花授粉的部分生理指标降低,大都没有显著性差异。植物体作为一个复杂体系,体内有多种激酶存在,主导相应的生理过程,说明槲皮素这类抑制剂并不是专门抑制某种激酶的抑制剂,它在抑制 SRK 从而提高亲和指数,进而激活体内酶保护系统的同时,可能抑制多种激酶的活性。

2.5 槲皮素对自交不亲和甘蓝自花授粉后柱头表皮细胞 Ca^{2+} 分布的影响

对自交不亲和甘蓝先进行槲皮素处理,随后授粉,再对细胞内 Ca^{2+} 进行化学定位,发现自花授粉 3 h 后,液泡内极少见 Ca^{2+} 分布,但在细胞核中有较多分布(图版 右);而未经槲皮素处理的对照(图版左)焦锑酸钙沉淀颗粒在中央大液泡及其质膜周围,

而焦锑酸钙颗粒主要分布在细胞核。与未经槲皮素处理的异花授粉(图版 中)比较,经槲皮素处理的异花授粉钙离子在细胞核中的分布较为相似,但其质膜附近几乎看不见钙离子分布。说明蛋白激酶与钙离子的定位有关,其影响机制有待进一步研究。

3 讨论

槲皮素是一种天然黄酮类化合物,具有多种药理作用,能抑制血小板聚集^[18]、癌细胞的 DNA 合成,抑制多种信号传递通路中蛋白激酶 C(PKC)的活性和某些受体酪氨酸蛋白激酶活性^[19]。研究表明,引起甘蓝自交不亲和和蛋白质磷酸化的 SRK 是一种 PKC。槲皮素处理自交不亲和甘蓝,能显著提高自花授粉的亲和指数^[3],其机理很有可能是槲皮素抑制了蛋白激酶活性,导致自交不亲和和蛋白质磷酸化受阻,从而使阻止自花花粉萌发的机制减弱甚至丧失。

本研究表明,蛋白磷酸化激酶不仅影响磷酸化本身,而且影响与蛋白质磷酸化相关的生命活动。槲皮素处理既能在较大程度上抑制激酶活性,阻止蛋白质磷酸化的发生,又能进一步影响花粉的萌发,导致相关生理指标的改变,使自交不亲和甘蓝自花授粉与异花授粉效果较为接近,而槲皮素对异花授粉影响较小。因此,自交不亲和甘蓝阻止自花花粉萌发的可能过程为花粉相互识别——信号传导——蛋白激酶被活化——蛋白质磷酸化——相关生理效应(阻止花粉萌发、离子重新分布等)。

References

- [1] De Nettancourt D. Incompatibility in Angiosperms. New York: Springer-Verlag, 1997

- [2] Jiang H W(姜华武), Wang L(王琳). Research advances in plant reproductive biology. *Journal of Hubei Agricultural College(湖北农学院学报)*, 1998, **18**(2): 178 - 184
- [3] L Ū(吕俊), Zhu L-Q(朱利泉), Wang X-J(王小佳). A study on the regulating self-incompatibility of *Brassica oleracea* L. by inhibitor of protein kinase. *Acta Horticulturae Sinica(园艺学报)*, 2001, **28**(3): 235 - 239
- [4] Yang H-Q(杨洪强), Jia W-S(贾文锁), Zhang D-P(张大鹏). Effects of water losing on ABA content and activity of protein kinase in apple new roots. *Acta Horticulturae Sinica(园艺学报)*, 2000, **27**(2): 79 - 84
- [5] Kang F B(康铁邦), Huang C(黄才), Liang N-C(梁念慈). Inhibitory effect of quercetin on casein kinase from rat liver. *Chinese Biochemical Journal(生物化学杂志)*, 1996, **12**(3): 322 - 325 (in Chinese)
- [6] Zheng C-J(郑朝军), Yu S-W(余叔文). Ca^{2+} activated protein kinases in hypocotyl of soybean (*Glycine max* L.). *Acta Botanica Sinica(植物学报)*, 1995, **37**(10): 770 - 775
- [7] Bradford M M. A rapid sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Analytical Biochemistry*, 1976, **72**: 248 - 254
- [8] Zhang L-Q(张来群), Li F(李芳), Sun D-Y(孙大业). The extracellular calmodulin on protein phosphorylation in cytoplasmic fraction from suspension cultured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) cell. *Acta Phytophysiologica Sinica(植物生理学报)*, 2001, **27**(3): 201 - 206
- [9] Gao Y-J(郭尧君). Electrophoresis Experiment Technology for Protein (蛋白质电泳实验技术). Beijing: China Science & Technology Press, 1999. 123 - 160 (in Chinese)
- [10] Zhang S-L(张绍铃), Ping Z-S(平塚伸). Effects of the stylar S glycoproteins on the pollen germination and the tube growth in pears (*Pyrus serotina* Rhed.) in vitro. *Acta Horticulturae Sinica(园艺学报)*, 2000, **27**(4): 251 - 256
- [11] Stewart R C, Bewley J D. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. *Plant Physiology*, 1980, **65**: 245 - 248
- [12] 张志良. 植物生理学实验指导(第二版). 高等教育出版社, 1990. 154 - 155 (in Chinese)
- [13] 蒋传葵, 金承德, 吴仁龙, 陶宗晋. 工具酶的活力测定. 上海科学技术出版社, 1982. 36 - 38 (in Chinese)
- [14] 周庆珍. 湿法灰化火焰原子吸收光谱测定胭脂花中微量锌. 光谱实验室, 1996, **13**(1): 18 - 21 (in Chinese)
- [15] Slocum R P, Roux S J. An improved method for the subcellular localization of calcium using a modification of the antimonite precipitation technique. *Journal of Histochem Cytochem*, 1982, **30**(7): 617 - 629
- [16] Bergers M, Thone F J M, Xhonneux B J M, De Clerck F F P. Localization of calcium in red blood cells. *Journal of Histochem Cytochem*, 1983, **31**(9): 1 109 - 1 116
- [17] Tang Q-L(汤青林), Song M(宋明), Wang X-J(王小佳). Research advances in self-incompatibility and its mechanism of *Brassica* plants. *Progress in Biotechnology(生物工程进展)*, 2001, **21**(4): 22 - 25, 10
- [18] Gu Z-L(顾振纶), Xie H-L(谢海林), Qian Z-N(钱曾年). Effect of quercetin on chemiluminescence of human platelets induced by arachidonic acid. *Acta Pharmacologica Sinica(中国药理学报)*, 1993, **14**(3): 263 - 265
- [19] Zhang G Y(张光毅), Lu L(陆梁), Zhao W-J(赵文君), Zhao S-H(赵升皓), Xiang R-D(向仁德). Inhibition of the protein tyrosine kinase from pig spleen by carthamidin. *Acta Biochim et Biophysica Sinica(生物化学与生物物理学报)*, 1992, **24**: 459 - 464

欢迎订阅 2005 年《大豆科学》

《大豆科学》是由黑龙江省农科院主办的学术性期刊。国内外公开发行,季刊,大 16 开本,每期 12 万字左右。国内每期订价:7.00 元,全年 28.00 元,邮发代号:14 - 95。国外每期订价:10.00 美元(包括邮资),全年 40 美元。国外总发行:中国国际图书贸易总公司,北京 399 信箱,国外发行代号:Q5587。

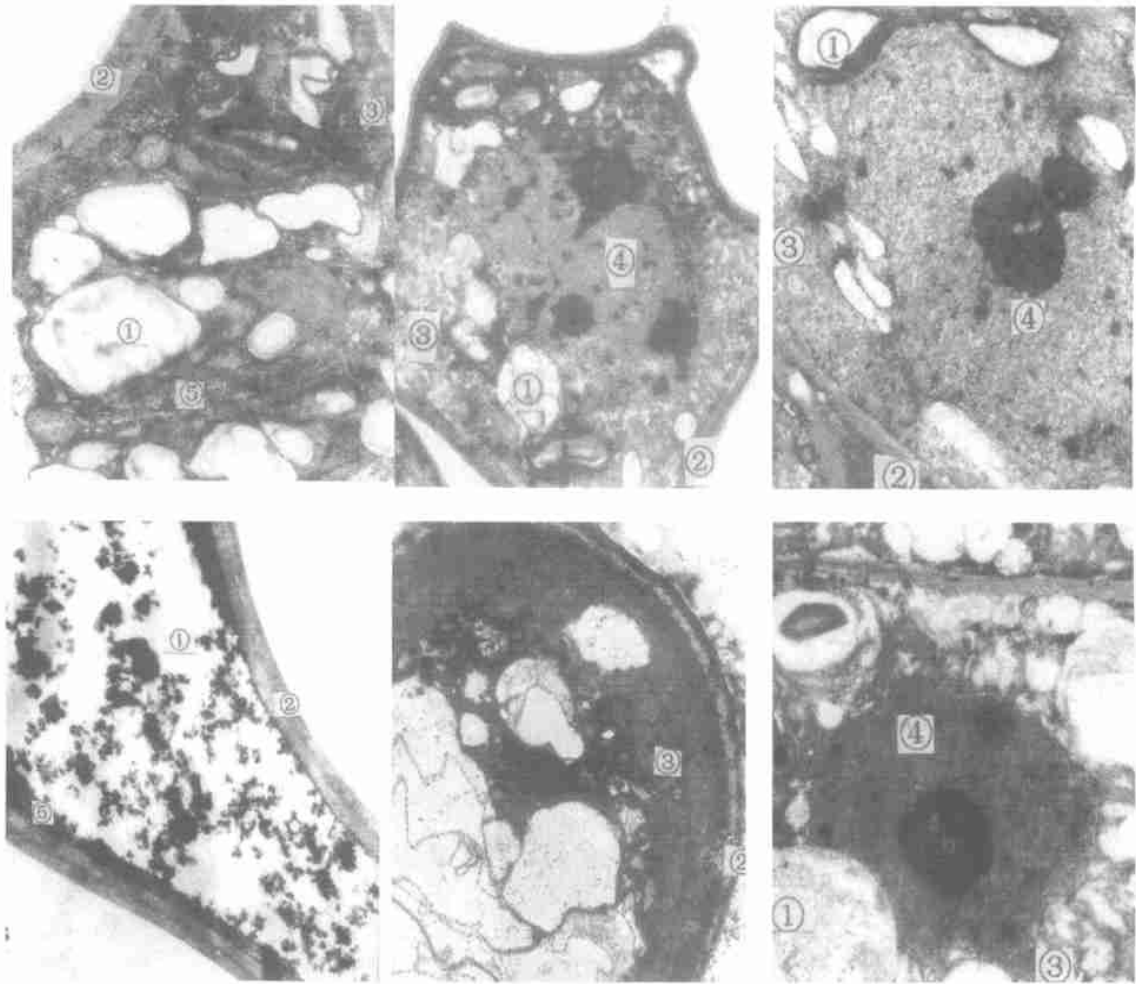
《大豆科学》是中国自然科学核心期刊,中国科学引文数据库来源期刊。主要刊登有关大豆的遗传育种,品种资源,生理生态,耕作栽培,病、虫、杂草防治,营养施肥,生物技术及食品加工等方面的科研报告,学术论文,国内、外研究进展评述,研究简报,学术活动简讯、新品种介绍等。

《大豆科学》主要面向从事大豆科学研究的科技工作者、农业院校师生、国营农场及各级农业技术推广部门的技术人员。

本刊热忱欢迎广大科研单位及有关企业在我刊刊登广告,广告经营许可证号:2301004010071。

订阅办法:全国各地邮局,如在邮局漏订,可到编辑部补订。邮局汇款:黑龙江省哈尔滨市学府路 368 号《大豆科学》编辑部,邮政编码:150086。联系电话:(0451)86668735。

网址: <http://ddkx.chinajournal.net.cn> E-mail: dadoukx@sina.com



图版说明 Explanation of Plate

槲皮素处理对授粉后 SI 甘蓝柱头钙离子定位的影响(放大倍数 × 10 000)

Effect of quercetin on calcium orientation in chapter of self-incompatible *Brassica oleracea* L. after pollination(magnify × 10 000)

① Vacuole, ② Cell wall, ③ Cytoplasm, ④ Nucleous, ⑤ Endoplasmic reticulum

Left: Self-pollination; Middle: Cross-pollination; Right: Treated with quercetin before self-pollination

Above: Control; Below: Calcium location