

# 黄芩单细胞克隆愈伤组织酯酶同工酶及过氧化物同工酶酶谱分析

刘丽杰, 林立东, 张东向

(齐齐哈尔大学 生命科学与农林学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

**摘要:**以黄芩单细胞克隆愈伤组织为试材,采用聚丙烯酰胺凝胶电泳(PAGE)法,通过分析酯酶同工酶(EST)和过氧化物同工酶(POD)的酶带,研究黄芩单细胞克隆愈伤组织与亲本愈伤组织的遗传特性与品系差异。结果表明:黄芩不同品系单细胞克隆愈伤组织 EST 谱带间具 3 个带区特征,最多谱带数品系为 4 条,最少谱带数品系为 3 条,其中 1 号、2 号、3 号谱带为黄芩单细胞克隆愈伤组织的特征谱带;POD 谱带间具 4 个带区特征,其中 1 号、3 号和 7 号酶带为特征谱带,EST 和 POD 谱带的有无、宽窄、颜色深浅,相对迁移率大小均不尽相同。黄芩单细胞克隆愈伤组织与亲本细胞愈伤组织既具有亲缘特征又具有品系差异,以期为单细胞克隆品系的遗传特性和品系鉴别提供理论参考。

**关键词:**黄芩;单细胞克隆;愈伤组织;酯酶同工酶;过氧化物同工酶;酶谱

**中图分类号:**S 567.7<sup>+</sup>9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)07-0085-06

黄芩是唇形科多年生草本植物黄芩(*Scutellaria baicalensis* Georgi)的干燥根<sup>[1]</sup>,味苦、性寒,具有清热燥湿、泻火解毒、安胎止血等功效,主治温热病、高血压、上呼吸道感染、湿热黄疸、目赤、胎动不安、痈肿疔疮等症<sup>[2]</sup>。

同工酶是功能相同、结构不同的一组酶<sup>[3]</sup>,由不同等位基因或不同基因位点编码,与其结构中氨基酸序列或组成差异性相关<sup>[4]</sup>。同工酶广泛存在于生物界中,它表现出明显的种属、组织和发育阶段的特异性,既是生理指标,又是可靠的遗传标志<sup>[5]</sup>,酶带数越多的同工酶越进化,编码该蛋白的基因进化速率越快,反之越原始<sup>[6]</sup>。目前同工酶已被广泛应用于植物系统演化<sup>[7]</sup>、种质资源的鉴定及亲缘关系的研究<sup>[8-9]</sup>。同工酶的研究,不但能够反映个体在细胞代谢水平上的变化,而且电泳迁移率的差异能够恰当反映出分子水平上的差异<sup>[4]</sup>。POD 是细胞内重要的内源活性氧的消除剂<sup>[10]</sup>,可以清

除脂类氢过氧化物,减轻有机氢过氧化物对机体的损伤,防御活性氧等自由基对细胞膜的损伤<sup>[11]</sup>,具有一定的抗生理衰老作用。黄芩领域研究表明,过氧化物酶能够催化黄芩有效成分黄芩苷与过氧化氢反应生成黄芩素,并与黄芩次生代谢产物的生成和积累密切相关<sup>[12]</sup>。近年来通过同工酶的测定与分析,已成功实现了不同种源黄芩<sup>[13]</sup>、黄芩的等位酶变异<sup>[14]</sup>等方面的研究。但在黄芩单细胞克隆(HQSC)特征分析领域的研究与应用,尚鲜见相关文献报道。因此,现通过聚丙烯酰胺凝胶电泳技术对 HQSC 进行酯酶同工酶及过氧化物同工酶酶谱分析,以期为研究 HQSC 品系间的遗传特性、亲缘关系及代谢机理提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料为 MS 固体培养基培养的黄芩第 15 代 6 个品系 HQSC 愈伤组织及其亲本(CK)细胞愈伤组织(表 1)。

表 1 HQSC 各品系愈伤组织编号

Table 1 Baicalin the strains of a single cell clone of callus subculture number

愈伤组织	亲本	单细胞克隆					
Callus	Parent	Single cell clone					
编号 No.	0	1	2	3	7	4S	7S

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 黄芩单细胞愈伤组织的获得及培养 黄芩组织

**第一作者简介:**刘丽杰(1980-),女,博士,讲师,研究方向为药用植物抗性生理与次生代谢产物及分子生物学。E-mail:liulijie2001@163.com.

**责任作者:**张东向(1963-),男,硕士,教授,研究方向为植物生理及植物细胞工程。E-mail:zhangdx1019@163.com.

**基金项目:**黑龙江省自然科学基金资助项目(C201013);黑龙江省教育厅资助项目(12521609)。

**收稿日期:**2014-11-20

经过悬浮培养,平板筛选获得单细胞克隆,在 MS 固体培养基上培养。

1.2.2 电泳及染色 经 POD 同工酶活性测定分析, HQSC 各品系 POD 同工酶活性于 25~28 d 培养期内分别呈现出了最大峰值特征,因此,该试验的主要试验参数为:组织鲜重取样量为每品系每次 0.5 g,采用垂直板聚丙烯酰胺凝胶电泳,25 d 培养期电泳时间为 110 min, 26~28 d 培养期电泳时间为 130 min,分离胶质量分数为 12.5%,浓缩胶质量分数为 5%。过氧化物同工酶采用醋酸-联苯胺方法染色,酯酶同工酶采用乙酸萘酯法染色。

1.2.3 迁移率特征分析 该试验结合垂直板电泳仪机构基本特征,并运用公式:相对迁移率( $R_f$ )=同工酶区带中心距加样端迁移距离(mm)/溴酚蓝区带中心距加样端距离(mm);计算求得各黄芩品系愈伤组织不同电泳参数下谱带相对迁移率( $R_f$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 酯酶同工酶

2.1.1 酯酶同工酶电泳带谱区分析 由图 1~4 综合分析可知, HQSC 各品系酯酶同工酶图谱呈现出了清晰的带谱区,根据酶分子量的大小、迁移率及谱带集中区的不同自上至下分为 4 个带谱区。由谱带迁移特征分析可知,分子量较小的酯酶同工酶位于第 IV 区,随酯酶同工酶分子量的逐渐增加,依次分为 III 区、II 区、I 区,由谱带颜色特征分析可知, I 区带谱颜色较深,这一特征说明,分子量较大的酯酶同工酶浓度较高,并随分区顺序呈降低变化趋势,这一特征与 POD 同工酶谱特征相反。由电泳时间差异及各区谱带迁移距离分析可知,随电泳时间的延长,各区谱带间距逐渐加大。

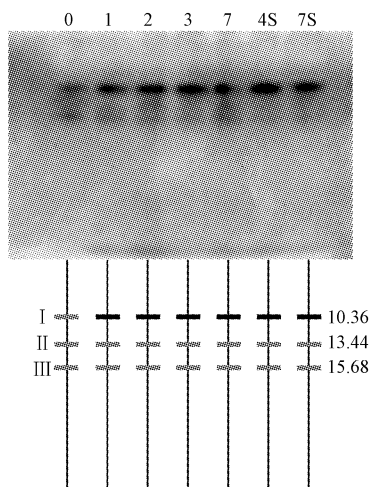


图 1 25 d 培养期酯酶同工酶电泳图谱

Fig. 1 Esterase isozyme electrophoretogram after 25 days cultured

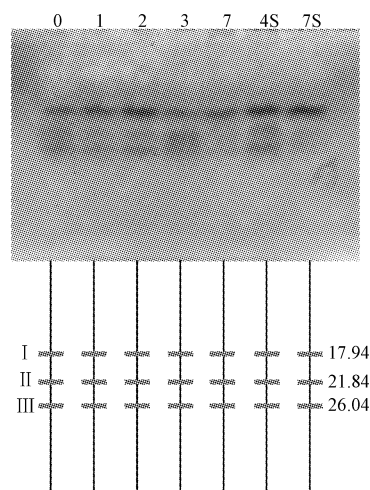


图 2 26 d 培养期酯酶同工酶电泳图谱

Fig. 2 Esterase isozyme electrophoretogram after 26 days culture

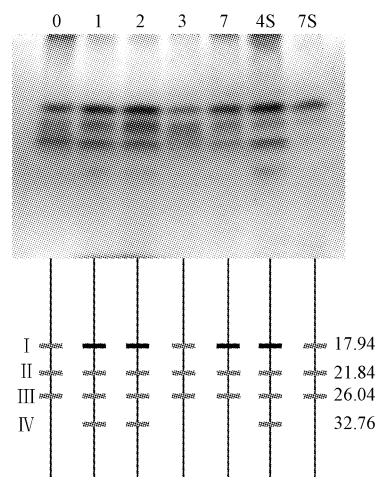


图 3 27 d 培养期酯酶同工酶电泳图谱

Fig. 3 Esterase isozyme electrophoretogram after 27 days cultured

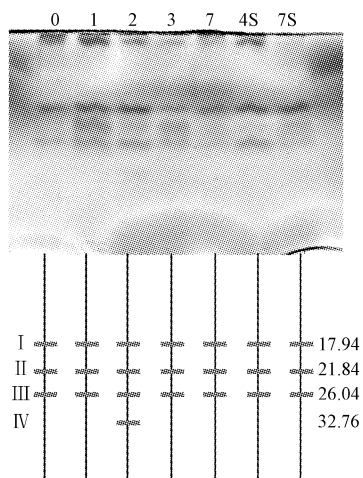


图 4 28 d 培养期酯酶同工酶电泳图谱

Fig. 4 Esterase isozyme electrophoretogram after 28 days cultured

2.1.2 酯酶同工酶种类分析 因酯酶同工酶电泳主要参数不同,图1~4中所呈现的谱带数量不同,这主要与各品系愈伤组织培养时间不同,引起体内酯酶同工酶活性与种类的适当变化,这种变化可能与酯酶同工酶对细胞创伤的修复、膜损伤保护、细胞完整性的保护有关,根据谱带的有无总结分析各品系不同电泳参数条件下酯酶同工酶种类,由表2可知,各品系愈伤组织酯酶同工酶1、2号重复均是3条谱带特征,3号重复结果表明1号、2号、4S号呈现出4条谱带特征,4号重复结果表明只有2号呈现出明显的4条谱带特征。3号、4号重复结果变化与不同生长期愈伤组织内酶的动态变化有关。

表2 各品系愈伤组织  
不同电泳参数酯酶同工酶种类统计

Table 2 The callus lines of different types of  
esterase isozyme electrophoresis parameters

重复	品系编号 Strain number						
Repeat	0	1	2	3	7	4S	7S
1	3	3	3	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	3	3
3	3	4	4	3	3	4	3
4	3	3	4	3	3	3	3

2.1.3 酯酶同工酶谱带迁移特征分析 由图1~4分析可知,电泳时间不同酯酶同工酶迁移距离不同,随电泳时间的增加同工酶迁移距离逐渐增大,由表3可知,电泳110 min时,I区谱带迁移距离为10.36 mm,130 min电泳时I区谱带迁移距离为17.94 mm,二者迁移距离相

表4 各品系愈伤组织酯酶同工酶谱带相对迁移率

Table 4 Callus lines of different parameters of esterase isozyme bands relative mobility

带区编号	谱带编号	相对迁移率 Relative mobility (Rf)						
Stripe number	Band number	0	1	2	3	7	4S	7S
I	1	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
II	2	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
III	3	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
IV	4	—	0.65	0.65	—	—	0.65	—

注:1.同工酶区带中心距加样端迁移距离(mm)=图距迁移距离+11 mm 梳齿距离;2.溴酚蓝区带中心距加样端距离(mm)=溴酚蓝带中心图距迁移距离+11 mm 梳齿距离。3.130 min后溴酚蓝带中心距玻璃板低端平均距离为7.2 mm左右,凹槽玻璃板中轴宽度为75 mm。

## 2.2 过氧化物同工酶

2.2.1 POD同工酶电泳带谱区分析 由图5~7综合分析可知,HQSC各品系POD同工酶图谱均呈现出了清晰的带谱区,根据酶分子量大小、迁移率及谱带集中区的不同自上至下分为I区、II区、III区、IV区4个带谱区。4个带谱区中分子量最小的POD同工酶电泳速度较快,分布于第IV区,随分子量大小的递增依次分为第III区、第II区、第I区,对比分析各区谱带颜色深浅特征得出,第IV区POD同工酶含量较高,颜色较深,第III区、第II区、第I区呈递减趋势,其中第I区颜色最浅,说明黄芩愈伤组织分子量较大的POD同工酶种类少且含量较低;第II区谱带与第I区谱带对比分析可知,POD同工酶种类较少,但浓度增加;第III带谱区对比其它带谱区分析可知,

差为7.58 mm,且II区、III区迁移距离分别比110 min迁移距离增加8.40、10.36 mm,由上述迁移距离对比分析可知,电泳后期,随酯酶同工酶分离纯化程度的增加,分子量较小的酯酶同工酶电泳速度将会加快,因此,电泳后期适当增加电泳时间有利于酯酶同工酶的分离,染色时呈现清晰的谱带特征。

表3 各品系愈伤组织  
不同酯酶同工酶谱带区迁移距离特征

Table 3 The strains of different esterase isozyme  
bands callus area to migrate from the feature

电泳时间	酯酶同工酶谱带区迁移距离			
Electrophoresis	Esterase isozyme band spectrum area migration/mm			
time/min	I	II	III	IV
110	10.36	13.44	15.68	—
130	17.94	21.84	26.04	—
130	17.94	21.84	26.04	32.76
130	17.94	21.84	26.04	32.76

2.1.4 酯酶同工酶谱带相对迁移率(Rf)特征分析 以图3为例分析,由表4可知,各带谱区酶带相对迁移率分别为:I区为0.43,II区为0.48,III区为0.55,IV区为0.65;根据酶带的有无及相对迁移率大小得1号、2号、3号酶带为各品系愈伤组织POD特征酶带;这一特征值说明,迁移率最大的4号谱带电阻率最小,迁移率最小的1号谱带电阻率最大;各区相邻谱带间距均大于0.05,均表现出了明显的分离特征。

POD同工酶种类较多,其中1号、2号、3号、4S号、7S号愈伤组织谱带数为4条,0号谱带数为3条,7号谱带数1条,且各品系各谱带颜色深浅及迁移率均有差异。

2.2.2 POD同工酶特征分析 由图5~7中所呈现的POD谱带特征分析可知,各品系愈伤组织培养时间的不同,引起体内POD同工酶活性适当的变化,这种变化可能与POD同工酶对细胞创伤的修复、膜损伤保护、细胞完整性的保护有关,根据谱带的“有无”总结分析各品系POD同工酶特征,由表5可知,HQSC各品系POD同工酶带谱数不同,其中图7所示POD同工酶种类最多,分别为0号5条、1号8条、2号8条、3号7条、7号4条、4S号9条、7S号7条,其中7号愈伤组织3次电泳试验POD同工酶种类相同,其次为0号愈伤组织第2、第3次



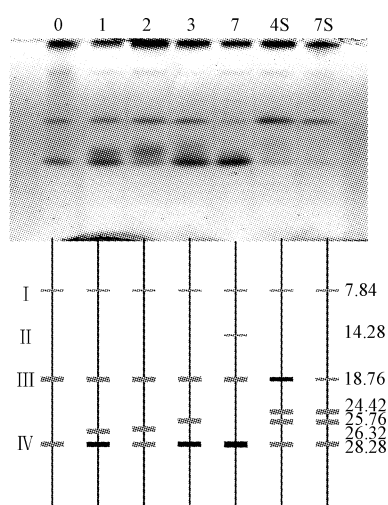


图 5 26 d 培养期 POD 同工酶电泳图谱

Fig. 5 POD isozyme electrophoretogram after 26 days cultured

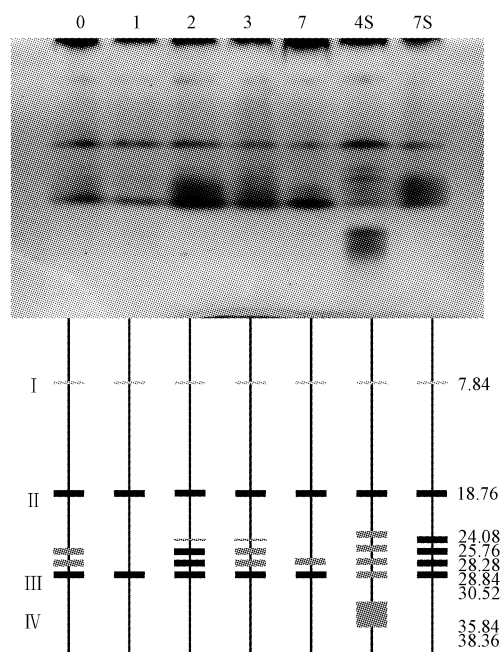


图 6 27 d 培养期 POD 同工酶电泳图谱

Fig. 6 POD isozyme electrophoretogram after 27 days cultured 均为 5 条。综合分析试验结果可知, HQSC 愈伤组织 POD 同工酶种类与愈伤组织取样量无关, 与愈伤组织培养时间有关, 不同培养时间愈伤组织体内 POD 浓度呈动态变化状态, 因此, 单细胞克隆愈伤组织不同培养时间内的电泳图谱呈现出了不同的谱带特征。

2.2.3 POD 同工酶谱带迁移特征分析 由图 5~7 分析可知, 电泳时间不同 POD 酯酶、同工酶迁移距离不同, 随电泳时间的增加 POD 同工酶迁移距离逐渐增大, 具体迁移特征见表 6。由表 4 可知, 130 min 电泳时间内 I 区谱带迁移距离相同, 均为 7.84 mm, 且 II 区、III 区、IV 区迁移距离分别分布在 14.28~18.76、24.08~30.52、

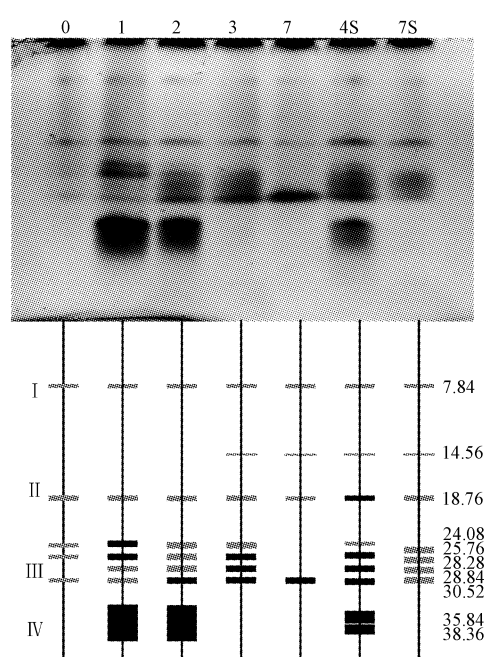


图 7 28 d 培养期 POD 同工酶电泳图谱

Fig. 7 POD isozyme electrophoretogram after 28 days cultured

表 5 各品系愈伤组织不同电泳参数  
POD 同工酶种类统计Table 5 The callus lines of different parameters of  
POD isozyme types electrophoresis

重复 Repeat	品系编号 Strain number	0	1	2	3	7	4S	7S
1	3	4	4	4	4	4	5	5
2	5	3	6	6	6	4	8	6
3	5	8	8	7	4	4	9	7

表 6 各品系愈伤组织不同参数  
POD 同工酶谱带区迁移距离特征Table 6 Callus lines of different parameters of  
POD isozyme bands migrated from the feature

电泳时间 Electrophoresis time/min	POD 同工酶谱带区迁移距离 POD isozyme band spectrum area migration distance/mm			
	I	II	III	IV
130	7.84	14.28~18.76	24.42~28.28	—
130	7.84	18.76	24.08~30.52	35.84~38.36
130	7.84	14.56~18.76	24.08~30.52	35.84~38.36

35.84~38.36 mm 区间内, 对比分析不同迁移区间谱带特征可知, 电泳后期, 随 POD 同工酶分离纯化程度的增加, 分子量较小的同工酶呈现出了清晰的分离谱带特征。

2.2.4 POD 谱带相对迁移率( $R_f$ )特征分析 以图 7 为例分析谱带相对迁移率( $R_f$ )特征, 由表 7 可知, 各带谱区酶带相对迁移率分别为: I 区为 0.28, II 区为 0.38~0.44, III 区为 0.52~0.61, IV 区为 0.69~0.73; 根据酶带的有无及相对迁移率大小可知, 1 号、3 号和 7 号酶带为各品系愈伤组织 POD 特征酶带; 除各 I 区外, 其它带区相邻酶带相对迁移率大小差值特征为: II 区为 0.06, III 区分

别为 0.04(4S 号为 0.06)、0.01、0.02,Ⅳ区为 0.04,这些特征值说明,迁移率最大的 9 号谱带电阻率最小,迁移

率最小的 1 号谱带电阻率最大;各区相邻谱带间距均大于 0.01,均表现出了明显的分离特征。

表 7 各品系愈伤组织 POD 同工酶谱带相对迁移率

Table 7 Callus lines of different parameters of POD isozyme bands relative mobility

带区编号 Stripe number	谱带编号 Band number	相对迁移率 Relative mobility (Rf)						
		0	1	2	3	7	4S	7S
I	1	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	2	—	—	—	0.38	0.38	0.38	0.38
Ⅲ	3	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
	4	0.54	0.54	0.54	0.54	—	0.52	0.54
	5	0.58	0.58	0.58	0.58	—	0.58	0.58
	6	—	0.59	0.59	0.59	—	0.59	0.59
Ⅳ	7	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
	8	—	0.69	0.69	—	—	0.69	—
	9	—	0.73	0.73	—	—	0.73	—

3 讨论

不同的试验材料,酯酶同工酶研究方法不尽相同,主要试验参数体现于酶液离心时间、离心转数,浓缩胶、分离胶浓度,电泳时间、颜色方法等方面<sup>[10,15-16]</sup>的差异。该试验研究参数设定建立在过氧化物同工酶活性最大峰值研究基础上,通过综合分析,实现了酯酶同工酶电泳技术在 HQSC 愈伤组织品系多样性分析方面的应用,可实现 HQSC 愈伤组织品系间差异特征分析。该研究表明黄芩不同品系单细胞克隆愈伤组织谱带间具 3 个带区特征,其中谱带的有无、宽窄、颜色深浅,相对迁移率大小均不尽相同,最多谱带数品系为 4 条,最少谱带数品系为 3 条,其中 1 号、2 号、3 号谱带为黄芩单细胞克隆愈伤组织的特征谱带。

过氧化物同工酶是由单基因决定的同工酶<sup>[13]</sup>,同工酶谱带的多少、迁移率的变化均由结构基因所控制<sup>[17]</sup>,因此,它在一定程度上能够反映不同品系单细胞克隆愈伤组织间的遗传差异,试验结果表明黄芩不同品系单细胞克隆愈伤组织过氧化物同工酶谱带存在不同程度的差异,其中 1 号、3 号和 7 号酶带为特征谱带,HQSC 愈伤组织不同培养期,同工酶活性因培养时间的不同而呈现出动态变化特征<sup>[18]</sup>,各品系愈伤组织酯酶同工酶及过氧化物同工酶谱带清晰度(颜色、间距)与不同培养期愈伤组织体内 POD 活性变化有关,与愈伤组织鲜重取样量多少无关。

参考文献

[1] 中国药典委员会. 中华人民共和国药典(一部) [M]. 北京:化学工业出版社,2010:282.  
[2] 王伟鹏,韦永娜. 黄芩茎叶的药理作用研究[J]. 中国科技纵横,2011(20):342-342.

[3] 宋强. 蛇床愈伤组织形态发生过程中过氧化物酶的变化规律研究[J]. 山西中医学院学报,2006,7(6):13-14.  
[4] 方扬,彭卫红,甘炳成,等. 灵芝属菌株的酯酶同工酶谱分析[J]. 西南农业学报,2001,14(2):72-74.  
[5] 周光宇. 有关同工酶分析的几个问题[J]. 植物生理学通讯,1983(1):1-4.  
[6] Garua A, Tsunewaki K. Electrophoretical studies on peroxidase isozymes [J]. Japanese J Genetics, 1977, 52: 284-286.  
[7] 杨尧军,李毅,张生华,等. 箭胡毛杨及其亲本酯酶和过氧化物酶的同工酶分析[J]. 甘肃农业大学学报,2006,41(2):46-50.  
[8] Monireh C, Hassan E, Azam S, et al. Isozyme variation in some populations of wild diploid wheats in Iran [J]. Biochem Syst Ecol, 2007, 35(6): 363-371.  
[9] 郭凤根,李汤汉. 用同工酶技术鉴定滇产菟丝子[J]. 中草药,2000,31(7):552-553.  
[10] 史学群,宋海超,郑服丛. 过氧化物酶、过氧化物同工酶、酯酶同工酶与橡胶树炭疽病的关系[J]. 海南大学学报(自然科学版),2002,20(2):140-144.  
[11] 谢小群,高山林. 黄芩过氧化物酶电泳和抗坏血酸过氧化物酶活性分析[J]. 植物资源与环境学报,2002,11(1):5-8.  
[12] 森元聪. 黄芩培养细胞的类黄酮代谢的研究[J]. 国外医学·中医中药分册,1999,21(5):56-57.  
[13] 于晶,陈君,徐荣,等. 不同种源黄芩的过氧化物同工酶研究[J]. 中药材,2006,29(7):647-649.  
[14] 林长松,何平,邓洪平. 缙云山特有植物缙云黄芩的等位酶变异研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2002,27(2):219-225.  
[15] 徐根娣,刘鹏,钱丽. 毛茛属两种植物的过氧化物酶同工酶和酯酶同工酶的研究[J]. 浙江师范大学学报,2002,25(1):62-65.  
[16] 徐家萍,刘明辉,程备久,等. 安徽省地方桑品种酯酶同工酶遗传差异研究[J]. 安徽农业大学学报,2001,28(1):70-72.  
[17] 胡能书,万国贤. 同工酶技术及应用[M]. 长沙:湖南科技出版社,1985.  
[18] 罗纪盛,张丽萍,杨建雄,等. 生物化学简明教程[M]. 北京:高等教育出版社,2001:90-91.

Analysis on Esterase Isozymes and Peroxidase Isozymes  
in Single-cell Clone of *Scutellaria* Callus

LIU Li-jie, LIN Li-dong, ZHANG Dong-xiang

(College of Life Science and Agriculture-Forestry, Qiqihar University, Qiqihar, Heilongjiang 161006)

# ABA、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 与 NO 供体硝普钠对 基因表达以及枣果发育的影响

杨卫民, 杜京旗, 赵 君, 褚盼盼, 刘宝琦

(吕梁学院 生命科学系, 山西 吕梁 033001)

**摘 要:**枣在成熟期间遇到连阴雨天气会发生严重的裂果现象,这种基于基因表达的生理病害的发生与非生物或生物胁迫有关。以吕梁当地木枣为试材,在木枣成熟期,采用改良 CTAB 法检测组织中 DNA 纯度及含量的变化,研究 ABA、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 与 NO 供体硝普钠(SNP)在枣果发育中对基因表达的影响。结果表明:ABA、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 与 NO 供体硝普钠(SNP)对枣果发育中 DNA 纯度及含量的影响不一,差异较为明显。其中不同浓度的 ABA 处理枣果组织中 DNA 的 OD<sub>260</sub>/OD<sub>280</sub> 比值基本不在 1.700~1.900 范围内,DNA 纯度差异明显。但样品 DNA 含量较高,其值在 1 200 ng/μL 左右;H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 SNP 处理样品 DNA 的 OD<sub>260</sub>/OD<sub>280</sub> 比值基本上在 1.700~1.900 之间,DNA 纯度较高。样品 DNA 含量基本上小于或在 1 000 ng/μL 左右。外源 ABA 较为明显地干扰了基因表达,诱导了新蛋白质、RNA 和酚类物质等的生物合成,有促进木枣果发育的趋势;而 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 NO 供体硝普钠(SNP)对基因表达或枣果发育的影响不十分明显。

**关键词:**木枣;ABA;H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>;NO 供体硝普钠(SNP);DNA;基因表达

**中图分类号:**S 665.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)07-0090-04

枣果实在成熟期遇阴雨天气会发生严重的裂果现象。这一问题严重地制约了我国枣业的发展,而这一重大的技术难题已经引起了国内学者的广泛关注。程国媛等<sup>[1]</sup>报道枣在半红期至全红期果实果皮细胞已经开始凋亡或死亡。杨卫民等<sup>[2]</sup>认为枣裂果的发生是一种

基于基因表达的生理病害,是枣果组织细胞程序性衰亡的结果。同时发现 ABA 信号刺激可能促进了细胞的程序性衰亡,是诱发枣裂果发生的内因。周运刚等<sup>[3]</sup>认为枣裂果的发生是由于外界信号刺激引起枣果实组织内部生理失调与代谢紊乱所致。基于前人在枣裂果发生的生理基础和调控机制方面的研究,该试验在木枣青果期,用不同浓度的 ABA、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、NO 供体硝普钠(SNP)进行处理,用改良的 CTAB 法检测 DNA 纯度及含量的变化,通过对组织中蛋白质、RNA、多糖以及酚类化合物对基因表达的干扰进行分析,研究枣裂果发生与非生物或生物胁迫的关系。

**第一作者简介:**杨卫民(1960-),男,山西文水人,本科,教授,现主要从事枣裂果调控机制等研究工作。E-mail:yangweimin0318@sina.com.

**基金项目:**山西省自然科学基金资助项目(2013011029-1);吕梁学院自然科学校内基金资助项目(ZRXN201203)。

**收稿日期:**2014-11-12

**Abstract:** Taking single-cell clone *Scutellaria baicalensis* callus as material, using the polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE) method, through the analysis of esterase isozyme (EST) and peroxidase isozyme (POD) enzyme band, *Radix scutellariae* single-cell clone callus and the genetic characteristics of callus and strain differences in parents were studied. The results showed that three bands were characteristics in EST and four bands were characteristics in POD in single-cell clone *Scutellaria baicalensis* callus of different strains, four bands were the most and three bands were the least in EST in different strains, the first, the second and the third bands were the characteristic band; while the first, the third and the seventh bands were the characteristics bands in POD; differences were found in the presence or absence the number, width, color depth, the relative mobility of the same bands of EST and POD. There exist both genetic characteristics and strains difference in the single-cell clones *Scutellaria* callus and the parental cells, and these characteristics provide a theoretical reference in genetic characteristics and strains identification of the single-cell clone *Scutellaria baicalensis* (HQSC) callus.

**Keywords:** baicalin; single-cell clone; callus; esterase isozymes; peroxidase isozymes; enzyme spectrum