

多效唑和膨大素组合对怀地黄 叶片生理特性的影响

陈明霞^{1,2}, 张晓丽^{1,2}, 李明军^{1,2}, 李敬敬^{1,3}, 李向武¹

(1. 河南师范大学 生命科学学院, 河南 新乡 453007; 2. 河南省高校道地中药材保育及利用工程技术研究中心, 河南 新乡 453007; 3. 河南省平顶山理工学校, 河南 平顶山 467091)

摘要:以怀地黄叶片为试材,在怀地黄块茎膨大期用 PP₃₃₃ 200.0 mg/L 和 CPPU 0、0.667、1.333、2.000 mg/L 喷施怀地黄植株,于 7、8 和 9 月采取怀地黄叶片,测定叶片光合色素含量、过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)活性及可溶性糖和可溶性蛋白质含量。结果表明:PP₃₃₃ 和 CPPU 处理后提高了怀地黄叶片中叶绿素总含量及叶绿素 a/b 值,对类胡萝卜素含量影响不明显。各处理怀地黄叶片的可溶性糖含量随着生长期的推进逐渐增加,PP₃₃₃ 浓度为 200.0 mg/L 时,随着 CPPU 处理浓度的增加可溶性糖含量呈现先增加后降低的趋势。7 月 CPPU 0.667 mg/L 有最大值为 47.13 mg/g;8、9 月均在 CPPU 1.333 mg/L 时有最大值,分别为 61.61、110.26 mg/g。怀地黄植株叶片中可溶性蛋白质含量随着生长期的推进呈现先增加后降低的趋势。在同一生长时期,各处理的可溶性蛋白质含量均比对照高。7 月随着 CPPU 处理浓度的增加可溶性蛋白质含量呈现逐渐增加的趋势,CPPU 2.000 mg/L 时有最大值为 3.22 mg/g;8、9 月随着 CPPU 处理浓度的增加可溶性蛋白质含量呈现先增加后降低的趋势,均在 CPPU 1.333 mg/L 时有最大值,分别为 6.49、6.53 mg/g。对照和各处理的 POD 活性和 SOD 活性随着生长期的推进均呈现先升高后降低的趋势。在同一生长时期,各处理与对照相比 POD 和 SOD 均有所增加。随着 CPPU 处理浓度的增加,POD 活性在 7 月先升高后降低,在 CPPU 1.333 mg/L 有最大值,为 27.50 U·g⁻¹·min⁻¹;8、9 月 POD 活性逐渐升高,在 CPPU 2.000 mg/L 时有最大值,分别为 33.33、30.83 U·g⁻¹·min⁻¹。SOD 活性随着 CPPU 处理浓度的增加均呈现逐渐增加的趋势,7、8、9 月均在 CPPU 2.000 mg/L 时有最大值,分别为 138.86、148.00、138.10 U/g。总之,PP₃₃₃ 和 CPPU 组合处理提高了怀地黄的光合色素、POD 和 SOD 活性及可溶性糖和可溶性蛋白质等的含量,改善了植物一系列的生理生化指标。

关键词:怀地黄;多效唑;膨大素;生理特性

中图分类号:S 567.23⁺9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)19-0147-05

怀地黄(*Rehmannia glutinosa* f. *hueichingensis*(Chan et Seih)Hsiao)属玄参科地黄属多年生草本植物^[1],主

产于河南古怀庆府地区(现在的温县、武陟等地),是我国著名的四大怀药之一。怀地黄作为我国多种中药方剂和中成药的主要成分,其药用部分主要为地下部分,即块根^[2];在《神农本草经》^[3]上被列为上品。其有效成分有地黄素、强心甙、梓醇、水苏糖、氨基酸、有机酸、维生素等^[4]。

多效唑和膨大素作为 2 种重要的植物生长调节剂,对于植物的产量和品质具有一定的调控作用^[5-6]。目前,关于多效唑和膨大素处理对植物生理特性方面影响的研究报道较多,但由于药用植物特殊的栽培环境要求,在这方面的研究相对较少。该研究对多效唑和膨大

第一作者简介:陈明霞(1973-),女,博士,副教授,现主要从事植物组织培养教学及药用植物生物技术应用等研究工作。E-mail: 317434286@qq.com.

责任作者:李明军(1962-),男,博士,教授,现主要从事植物生理学教学及植物生物技术应用等研究工作。E-mail: limingjun2002@263.net.

基金项目:河南省科技创新杰出人才计划资助项目(114200510013);河南省教育厅科技研究重点资助项目(13A180521)。

收稿日期:2015-05-28

素组合处理后怀地黄叶片叶绿素含量、可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量及过氧化物酶和超氧化物歧化酶等生理特性的变化进行研究,以期为怀地黄规模化种植提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试怀地黄叶片为“河南省高校道地中药材保育及利用工程技术研究中心”继代培养的怀地黄试管苗“85-5”。

1.2 试验方法

2012年大田试验在河南省温县赵堡镇实验基地进行。将怀地黄试管苗经快繁生根、移栽驯化后移栽入大田,称怀地黄苗,用 PP₃₃₃ 和 CPPU 组合于7月中

上旬,对怀地黄苗进行喷雾处理2次,其中 PP₃₃₃ 处理浓度相同,均为 200 mg/L,同时用不同浓度的 CPPU 处理,于7、8、9月采取其叶片进行叶绿素含量、可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量及过氧化物酶、超氧化物歧化酶等生理特性进行测定。每处理重复3次,见表1。在怀地黄全生长期进行常规的浇水、施肥和病虫害防治与管理。

1.3 项目测定

叶绿素含量采用分光光度计法测定,可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝法测定,可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定,过氧化物酶活性采用愈创木酚法测定,超氧化物歧化酶采用氮蓝四唑法测定^[7]。

表1 200 mg/L PP₃₃₃ 和不同浓度 CPPU 处理怀地黄试管苗喷施时间和次数

Table 1 200 mg/L PP₃₃₃ and different concentration of CPPU treatment on *Rehmannia glutinosa* of spraying time and frequency

处理 Treatment	PP ₃₃₃ + CPPU 浓度 PP ₃₃₃ and CPPU concentration	PP ₃₃₃ 喷施次数 Spraying frequency of PP ₃₃₃	CPPU 喷施次数 Spraying frequency of CPPU	喷施时间 Spraying time/月-日	
	/(mg · L ⁻¹)	/次	/次	第一次 The first time	第二次 The second time
PF0	0+0	2	1	07-07	07-14
PF1	200+0.667	2	1	07-07	07-14
PF2	200+1.333	2	1	07-07	07-14
PF3	200+2.000	2	1	07-07	07-14

1.4 数据分析

试验数据应用 Excel、SPSS 13.0 统计软件进行分析。多重比较采用邓肯氏 (Duncans) 法检验,不同字母分别表示在 $P=0.05$ 水平上差异达到显著。

2 结果与分析

2.1 PP₃₃₃ 和 CPPU 组合对怀地黄叶片叶绿素含量的影响

由表2可知,PP₃₃₃ 和 CPPU 处理后提高了怀地黄叶片中叶绿素总含量及叶绿素 a/b 值,但是对类胡萝卜素含量影响不明显。7—9月对照和处理的叶绿素总含量均先增加后降低;叶绿素 a/b 值对照和处理 PF2 和 PF3 先降低后增加,处理 PF1 先增加后降低;对照和处理 PF3 类胡萝卜素含量随着怀地黄脱毒苗的生长呈现先增加后降低的趋势,处理 PF1 和 PF2 的类胡萝卜素含量逐渐增加。7月随着处理浓度的增加叶绿素总含量和类胡萝卜素含量逐渐增加,叶绿素 a/b 值先增加后降低;8、9月随着处理浓度的增加叶绿素总含量、类胡萝卜素含量和叶绿素 a/b 值先增加后降低。方差分析表明,7月叶绿素总含量各处理与对照相比均有显著性差异;8月处理 PF2 与对照达到显著性差异;9月各处理与对照之间没有显著性差异。7月处理 PF1 和 PF2 的叶绿素 a/b 与对照有显著性差异,其它处理与对照没有显著性差异;8月只有处理 PF1 与对照达到了显著性差异,其它处

理与对照则没有显著性差异;9月除了处理 PF2 与对照有显著性差异外其它处理与对照均没有显著性差异。类胡萝卜素在7月处理 PF2 和 PF3 与对照达到了显著性差异,8、9月各处理与对照之间则没有显著性差异。

表2 PP₃₃₃ 和 CPPU 组合对怀地黄叶片中叶绿素含量的影响

Table 2 Effect of PP₃₃₃ and different concentration of CPPU on the content of photosynthetic pigments of *Rehmannia glutinosa* f. *hueichingensis* plantlet leaves

测定时间 Measure time/月	处理 Treatment	叶绿素总含量 The total content of chlorophyll /(mg · g ⁻¹ FW)	叶绿素 a/b Chl a/b	类胡萝卜素含量 Carotenoids content /(mg · g ⁻¹ FW)
7	PF0	1.80±0.07c	2.79±0.05b	0.30±0.01b
	PF1	2.23±0.08b	2.89±0.01a	0.33±0.01ab
	PF2	2.33±0.02ab	2.89±0.05a	0.35±0.01a
	PF3	2.47±0.09ab	2.80±0.02b	0.35±0.02a
8	PF0	2.43±0.22b	2.64±0.09b	0.40±0.01a
	PF1	2.53±0.24ab	3.01±0.08a	0.38±0.05a
	PF2	2.80±0.15a	2.73±0.07b	0.40±0.03a
	PF3	2.54±0.10ab	2.67±0.14b	0.39±0.02a
9	PF0	2.22±0.07a	2.84±0.12b	0.38±0.02a
	PF1	2.29±0.16a	2.88±0.05ab	0.39±0.01a
	PF2	2.43±0.20a	2.97±0.08a	0.41±0.05a
	PF3	2.23±0.06a	2.84±0.04ab	0.38±0.02a

2.2 PP₃₃₃ 和 CPPU 组合对怀地黄叶片中可溶性糖含量的影响

由表3可知,7—9月随着生长期的推进,怀地黄叶

片的可溶性糖含量各处理都逐渐增加。7—9月随着处理浓度的增加可溶性糖含量呈现先增加后降低的趋势。7月处理 PF1 有最大值为 47.13 mg/g;8、9月均在处理 PF2 时有最大值,分别为 61.61、110.26 mg/g。方差分析表明,7月各处理的可溶糖含量与对照均有显著性差异;8月只有处理 PF2 与对照有显著性差异,其它处理与对照均没有显著性差异;9月处理 PF1 和 PF2 与对照有显著性差异,处理 PF3 与对照则没有显著性差异。

表 3 PP₃₃₃ 和 CPPU 组合对
怀地黄叶片中可溶性糖含量的影响

Table 3 Effect of PP₃₃₃ and different concentration of CPPU on
the content of soluble sugar of *Rehmannia glutinosa* f.
hueichingensis plantlet leaves

处理 Treatment	可溶性糖含量 The content of soluble sugar/(mg·g ⁻¹)		
	7月 July	8月 August	9月 September
PF0	36.48±0.85b	58.94±2.66bc	66.23±3.22c
PF1	47.13±3.24a	59.69±1.99ab	71.78±1.80b
PF2	46.09±4.83a	61.61±1.85a	110.26±2.80a
PF3	44.98±4.28a	54.55±2.33c	69.14±0.97c

2.3 PP₃₃₃ 和 CPPU 组合对怀地黄叶片中可溶性蛋白质含量的影响

由表 4 可知,7—9月怀地黄植株叶片中可溶性蛋白质含量呈现先增加后降低的趋势。在同一生长期,各处理的可溶性蛋白质含量均比对照高。7月,随着处理浓度的增加可溶性蛋白质含量呈现逐渐增加的趋势,处理 PF3 有最大值为 3.22 mg/g;8、9月随着处理浓度的增加可溶性蛋白质含量呈现先增加后降低的趋势,均在处理 PF2 有最大值,分别为 6.49、6.53 mg/g。方差分析表明,7月各处理与对照无显著性差异,8月处理 PF2 与对照有显著性差异,9月各处理与对照均有显著性差异。

表 4 PP₃₃₃ 和 CPPU 组合对
怀地黄叶片中可溶性蛋白质含量的影响

Table 4 Effect of PP₃₃₃ and different concentration of CPPU on
the content of soluble protein of *Rehmannia glutinosa* f.
hueichingensis plantlet leaves

处理 Treatment	可溶性蛋白质含量 The content of soluble protein/(mg·g ⁻¹)		
	7月 July	8月 August	9月 September
PF0	2.37±0.37a	4.79±0.08b	2.69±0.79c
PF1	2.41±0.47a	4.83±0.71b	5.46±0.70ab
PF2	2.58±0.35a	6.49±0.59a	6.53±0.97a
PF3	3.22±0.20a	5.20±0.08b	4.49±0.45b

2.4 PP₃₃₃ 和 CPPU 组合对怀地黄叶片 POD 和 SOD 活性的影响

从表 5 可以看出,7—9月,对照和各处理的 POD 活性和 SOD 活性均呈现先升高后降低的趋势。在同一生长期,各处理与对照相比 POD 和 SOD 均有所增加。

随着处理浓度的增加,POD 活性在 7 月先升高后降低,在处理 PF2 有最大值,为 27.50 U·g⁻¹·min⁻¹;8、9月 POD 活性逐渐升高,在 PF3 有最大值,分别为 33.33、30.83 U·g⁻¹·min⁻¹。SOD 活性随着处理浓度的增加均呈现逐渐增加的趋势,7、8、9月均在 PF3 有最大值,分别为 138.86、148.00、138.10 U/g。方差分析表明,POD 活性在 7 月处理 PF2 与对照有显著性差异;8月各处理与对照没有显著性差异。9月处理 PF3 与对照有显著性差异。SOD 活性在 7、9月所有处理与对照均有显著性差异;8月处理 PF3 与对照有显著性差异。

表 5 PP₃₃₃ 和 CPPU 组合对
怀地黄叶片 POD 和 SOD 活性的影响

Table 5 Effect of PP₃₃₃ and different concentration of CPPU on
the activities of POD and SOD of *Rehmannia glutinosa* f.
hueichingensis plantlet leaves

测定时间 Measure time /月	处理 Treatment	过氧化物酶活性 POD activity /(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	超氧化物歧化酶活性 SOD activity /(U·g ⁻¹)
7	PF0	18.33±3.82b	112.95±8.53b
	PF1	26.67±5.77ab	128.71±8.46a
	PF2	27.50±2.50a	133.99±7.59a
	PF3	26.67±5.20ab	138.86±6.49a
8	PF0	27.50±2.50b	129.49±7.83b
	PF1	30.00±2.50ab	132.35±12.89ab
	PF2	31.67±2.89ab	137.96±9.83ab
	PF3	33.33±5.20ab	148.00±7.47a
9	PF0	23.33±3.82b	114.29±2.21d
	PF1	25.83±2.89ab	127.85±4.21c
	PF2	28.33±1.44ab	128.93±3.59bc
	PF3	30.83±5.77a	138.10±6.01a

3 讨论

PP₃₃₃ 和 CPPU 对植物叶绿素含量有很大的影响。周凤珏等^[8]用 PP₃₃₃ 处理木薯,可以使叶柄缩短,叶面积减小,叶片中叶绿素和类胡萝卜素含量均大幅度增加。朱永友等^[9]用适宜浓度的 PP₃₃₃ 处理后处理高羊茅后,提高了高羊茅叶绿素 a/b 值。张丽君等^[10]对丽格海棠进行 PP₃₃₃ 喷施处理,结果表明,所有处理的叶绿素含量均高与对照。崔鲜一等^[11]用 CPPU 处理马铃薯后,测定植株叶绿素含量,与对照相比增加 24.97%,处理甜菜、大豆和黄芪,叶绿素含量分别增加 38.05%、37.46% 和 27.08%。该试验研究结果表明,PP₃₃₃ 和 CPPU 喷施处理后,怀地黄叶片中的叶绿素总含量、类胡萝卜素、叶绿素 a/b 比值均高于对照。PP₃₃₃ 处理后在 8 月各处理的叶绿素总含量等指标与对照达到显著性差异,叶绿素含量的提高有利于怀地黄苗进行光合作用,将 CO₂ 转化成有机物进行积累,这与前人在其它植物上的研究结果是一致的;CPPU 处理后,可以明显使叶片的气孔开度变

大,光合作用时 CO_2 进入细胞的阻力小,光合效率提高,有利于有机物质的形成和积累,这可能是处理提高作物产量的原因之一。

可溶性糖作为植物主要的光合产物和碳水化合物代谢、暂时贮藏的主要形式,能够直接、客观的反映植物碳水化合物的合成和运输能力。蛋白质降解是植物叶片衰老的特征之一^[12],被降解的蛋白质主要是可溶性蛋白。植物体内可溶性蛋白质大多数是参与各种代谢的酶类,其含量是了解植物总代谢的一个重要指标。胡春霞^[13]用 PP_{333} 处理南果梨苗木,结果表明 PP_{333} 提高了叶片中可溶性糖含量。武荣花等^[14]用 PP_{333} 对盆栽月季进行喷施处理,处理后盆栽月季的叶片中可溶性糖含量均高于对照,随着处理浓度的升高,叶片中可溶性糖含量也逐渐增加。王芳等^[15]用 PP_{333} 处理高山杜鹃,结果表明 PP_{333} 可以促进蛋白质的合成并延缓蛋白质的降解,较高浓度效果好于低浓度处理。该试验研究结果表明,用 PP_{333} 和 CPPU 处理怀地黄苗,无论是单独使用还是组合处理,处理后植物叶片的可溶性糖含量均高于对照,可能是 PP_{333} 和 CPPU 处理后叶面积减小,植株矮化,地上植株消耗的有机物减少,有利于糖分的积累。仅用 PP_{333} 处理怀地黄苗时,7—9 月各处理和对照的可溶性蛋白质均呈现先增加后降低的趋势,经 PP_{333} 处理后在 9 月可溶性蛋白质的降解速率均小于对照,适宜浓度的 PP_{333} 处理延缓了蛋白质的降解,说明其可能参与了蛋白质的合成和某些酶的活性调节。 PP_{333} 和不同浓度的 CPPU 组合处理在 7—9 月可溶性蛋白质在处理 PF1 和 PF21 呈现逐渐增加的趋势,其它处理和对照则先增加后降低,该组合处理和 PP_{333} 一样,有效的延缓了蛋白质的降解。

植物体内抗氧化防御机制包括酶促机制和非酶促机制。在酶促机制中,超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)等起着至关重要的作用^[16-17]。POD 和 SOD 可以清除植物体内氧自由基的毒害,延缓叶片衰老,从而有利于保护膜系统。王芳等^[15]用 PP_{333} 处理高山杜鹃,随着叶片的衰老, PP_{333} 可以提高叶片中抗氧化酶 SOD 活性,较高浓度处理效果好于较低处理,且后期酶活性下降幅度均比对照小。甄红丽等^[18]对大丽花喷施 PP_{333} 可以有效提高 SOD、POD 活性。CPPU 处理植株后,可以有效提高酶活性,加快新陈代谢。此外,随着处理浓度的增加 POD 和 SOD 活性也逐渐增加。该研究表明, PP_{333} 处理后怀地黄叶片中的 POD 和 SOD 活性均高于对照,且随着处理浓度的增加,POD 和 SOD 活性表现出先增加后降低的趋势,较高浓度(400 mg/L)的 PP_{333} 在 8 月对怀地黄脱毒苗的 POD 活性表现出一定的抑制作

用,此时,SOD 活性和对照相比差别也不是很明显。高浓度处理在 7 月和 9 月对植株的 POD 活性提高的效果不如中低浓度效果明显(100 mg/L 和 200 mg/L),这可能是较高浓度的 PP_{333} 处理超过了最适浓度,反而抑制了酶基因的表达,促使酶活性降低。但是,总体来看,经 PP_{333} 或者是 PP_{333} 和 CPPU 同时处理后怀地黄脱毒苗的 POD 和 SOD 活性均有所提高,POD 和 SOD 活性的提高能够有效阻止高浓度氧的积累,防止膜脂过氧化,延缓植物衰老,这可以有效减缓膜脂过氧化,减轻细胞结构的损伤。

参考文献

- [1] 陈明霞,李向武,李明军,等.多效唑对脱毒怀地黄生长发育、产量及品质的影响[J].北方园艺,2014(18):171-174.
- [2] 陶弘景(梁).名医别录[M].北京:人民卫生出版社,1986.
- [3] 森之立.神农本草经[M].北京:群联出版社,1953:13.
- [4] 陈明霞,周彩云,李翔,等.怀地黄脱毒试管苗培养条件的优化[J].河南农业,2011,40(5):128-132.
- [5] 袁展汽,刘仁根,汪瑞清,等.喷施多效唑对木薯产量及生长的影响[J].广东农业科学,2010(2):13-14.
- [6] 杨青松,曹晓辉.CPPU 和多效唑对木薯增产效应的研究[J].南方农业学报,2011,42(6):594-598.
- [7] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [8] 周凤珏,许鸿源,白坤栋,等. PP_{333} 对木薯生长、光合和蒸腾的影响[J].中国农学通报,2004,20(2):17-20.
- [9] 朱永友,王治. PP_{333} 复合剂对高羊茅生长发育和生理效应的影响[J].草业科学,2000(4):70-73.
- [10] 张丽君,杨映红,王花,等.3 种生长抑制剂对盆栽丽格海棠的矮化实验[J].中国园艺文摘,2009,25(12):35-37.
- [11] 崔鲜一,彭玉梅,程渡,等.块根块茎膨大素的增产机理和应用[J].现代化农业,1996(8):8.
- [12] 徐守真,陈明霞,李明军,等.肥力水平对怀地黄脱毒苗生长发育和生理特性的影响[J].河南农业科学,2013,42(5):136-140.
- [13] 胡春霞.植物生长调节剂及复配对南果梨苗木抗寒性的影响[J].中国农学通报,2012,26(13):179-182.
- [14] 武荣花,李勇,王升,等.植物生长延缓剂对盆栽月季生长发育的影响[J].西北植物学报,2012,32(4):767-773.
- [15] 王芳,肖建忠,李志斌,等. PP_{333} 对高山杜鹃叶片生理特性的影响[J].河北农业大学学报,2012,33(1):50-53.
- [16] SHARMA P, DUBEY S. Involvement of oxidative stress and role of antioxidative defense system in growing rice seedlings exposed to toxic concentrations of aluminum[J]. Plant Cell Reports, 2007, 26(11):2027-2038.
- [17] LIU X L, ZHANG S Z, SHAN X Q, et al. Combined toxicity of cadmium and arsenate to wheat seedlings and plant uptake and antioxidative enzyme responses to cadmium and arsenate cocontamination[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2007, 68(2):305-313.
- [18] 甄红丽,苑兆和,冯立娟,等.多效唑对大丽花生理特性的影响[J].中国农学通报,2012,28(1):153-157.

Effect of Active Ingredients After PP₃₃₃ and CPPU on Physiological Characters of *Rehmannia glutinosa* f. *Hueichingensis*(Chan et Seih) Hsiao Plantlet

CHEN Mingxia^{1,2}, ZHANG Xiaoli^{1,2}, LI Mingjun^{1,2}, LI Jingjing^{1,3}, LI Xiangwu¹

(1. College of Life Science, Henan Normal University, Xinxiang, Henan 453007; 2. Engineering Technology Research Center of Nursing and Utilization of Genuine Chinese Crude Drugs, University of Henan Province, Xinxiang, Henan 453007; 3. Pingdingshan Technology School, Pingdingshan, Henan 467091)

Abstract: The leaves of *Rehmannia glutinosa* f. *Hueichingensis* (Chan et Seih) Hsiao were used as experimental material in this study. During the expansion period of microtuber, PP₃₃₃ and CPPU were sprayed onto the plants at independent variables. The content of photosynthetic pigment, peroxidase (POD), superoxide dismutase (SOD), soluble sugar, and soluble protein were measured on in leaf samples collected on July, August, and September, changes of these physiological indexes were studied to lay the theoretical foundation for high-yield and high-quality production of *Rehmannia glutinosa* f. *hueichingensis* (Chan et Seih) Hsiao. The results showed that, the PP₃₃₃ and CPPU treatment increased the content of total chlorophyll content and the chlorophyll a/b value in leaves but didn't show obvious effect on the content of carotenoid. In the leaves of all treatments, the content of soluble sugar increased with the progress of plant growth. When the concentration of PP₃₃₃ was 200 mg/L, the content of soluble sugar increased firstly and then decreased with the increase of CPPU concentration. In July, the content of soluble sugar reached the maximum value of 47.13 mg/g when the CPPU was at 0.667 mg/L; in August and September, the content of soluble sugar reached the maximum values of 61.61 mg/g and 110.26 mg/g, respectively, when the CPPU was at 1.333 mg/L. The content of soluble protein in the leaves increased firstly and then decreased with plant growth. In the same growth period, the soluble protein content in each treatment was higher than that in the control group. In July, the content of soluble protein showed a trend of increasing with the increase of the concentration of CPPU treatment, and reached the maximum value of 3.22 mg/g when CPPU was at 2.000 mg/L; in August and September, the soluble protein content showed a trend of firstly increased and then decreased with the increase of CPPU, when CPPU was at 1.333 mg/L, the soluble protein reached the maximum values of 6.49 and 6.53 mg/g, respectively. In all control and treatment groups, the POD and SOD activities showed a trend of firstly increasing and then decreasing. In the same growth period, both the SOD and POD activities were higher in treatment groups than control groups. With the increase of the CPPU treatment, the POD activity on July increased firstly and then decreased, and showed a maximum value of $27.50 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ when CPPU was at 1.333 mg/L; in August and September, the POD activity increased with the increase of CPPU treatment, and showed maximum values of 33.33 and $30.83 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, respectively. The SOD activities increased with the increase of CPPU treatment, and the maximum value was 138.86, 148.00 and 138.10 U/g, respectively, in July, August and September. In summary, the combination of PP₃₃₃ and CPPU treatment improved a series of physiological and biochemical indexes in *Rehmannia glutinosa* f. *hueichingensis* (Chan et Seih) Hsiao, such as the photosynthetic pigment content, the POD and SOD activities, the contents of soluble sugar, and the soluble protein content.

Keywords: *Rehmannia glutinosa* f. *hueichingensis* (Chan et Seih) Hsiao; PP₃₃₃; CPPU; physiological characters