

doi:10.11937/bfyy.20171682

银杏凋落叶水浸液对白菜的化感效应

练华山¹, 刘继², 唐懿³

(1. 成都农业科技职业学院, 四川 成都 610000; 2. 成都市农林科学院, 四川 成都 610000;

3. 四川农业大学 园艺学院, 四川 成都 610000)

摘 要:以四川省普遍种植的‘快客35’白菜为试验受体材料,通过向土壤中加入不同浓度的银杏凋落叶水浸液,研究了银杏凋落叶水浸液对白菜生长及生理特性的影响。结果表明:银杏凋落叶水浸液对白菜生长的影响表现为抑制作用,并随着水浸液的浓度增加抑制作用加强;银杏凋落叶水浸液对白菜的光合色素含量的影响为低浓度促进高浓度抑制;随着银杏凋落叶水浸液浓度的增加白菜的超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物歧化酶(POD)活性逐渐升高,过氧化氢酶(CAT)活性和脯氨酸含量先升高后降低,丙二醛(MDA)、可溶性蛋白质含量无显著变化。

关键词:银杏叶;水浸液;化感效应;光合作用

中图分类号:S 634.306⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)24-0022-06

银杏(*Ginkgo biloba* L.)原产中国,是世界上最古老的树种之一^[1],对我国的生态、经济和社会作出了重要贡献^[2]。随着银杏在园林绿化中的广

泛应用,银杏凋落叶对林下经济作物的化感作用受到广泛关注。银杏叶中含有萜类内酯、黄酮、聚异戊烯醇、酚酸等众多化学成分。杨小录等^[3]研究了银杏叶水浸液对小麦的化感作用,结果表明,银杏叶水浸液对小麦生长的化感作用总体表现为抑制作用,且浓度越高,抑制作用越强。陈虹霞等^[4]研究表明,银杏叶聚异戊烯醇提取物对小麦种

第一作者简介:练华山(1979-),男,硕士,副教授,现主要从事蔬菜和花木的教学及科研等工作。E-mail:49939450@qq.com.

收稿日期:2017-07-14

germination rate, germination potential, germination index, shoot dry weight and fresh weight were measured. And growth seedling and seedling index were determination after straw treatments, in order to supply references for wheat straw use in vegetables production. The results showed that the germination of Chinese cabbage seeds was effected with straw extract treatment. The straw treatment of $0.01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ raised the germination rate, germination potential, germination index. The fresh weight increased with treatment of $0.02 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, germination rate and fresh weight raised under $0.03 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ treatment. Chinese cabbage seedling was effected by straw added to continuous cropping soil. The germination rate was inhibited with the 1.0% straw treatment with no decaying management, the inhibitory rate was 16.67% compared with control. The effect of growth index showed $\text{CK}(0\%) > 0.5\% > 1.0\% > 1.5\% > 2.0\%$. In decaying test, the treatment of 1.0% and 1.5% raised the emergence rate, as 4.76% and 19.04% compared with control. After decompose, the inhibition degree of seedling growth was depressed. To 2.0% treatment compared with the control, the top fresh weight reduced 74.53%, and the top dry weight reduced 73.13%. The seedling growth was promoted with the treatment of 1.0% and 1.5%.

Keywords: continuous cropping soil; wheat straw; Chinese cabbage; seedling growth

子萌发和幼苗生长明显抑制。周永斌等^[5]得出低浓度(0.05~0.15 g·L⁻¹)的银杏叶粗提液浸种提高了小白菜、萝卜、波斯菊和番茄发芽率和生物量。

该试验通过土壤浇灌银杏凋落叶粗提液的方法,探究银杏凋落叶粗提液对白菜生长和生理特性的影响,以期初步探究银杏凋落叶对白菜的化感效应。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以四川省普遍种植的‘快客 35’白菜为试验材料。

1.2 试验方法

1.2.1 银杏凋落叶的前期处理

在成都农业科技职业学院校园收集银杏凋落叶,用自封袋装好带回实验室。在 70℃烘箱烘干至恒重,然后剪碎成 0.5~1.0 cm² 小块,再用研钵研成粉末备用。

1.2.2 银杏叶浸提液的制备

称取前期处理过的银杏凋落叶 50 g 装入广口瓶中,加蒸馏水 500 mL,室温下浸泡 48 h,每隔 12 h 振荡 1 次,最后将浸提液经二重过滤,第一重用定性滤纸过滤,第二重用孔径为 0.45 μm 的滤膜抽滤,获得不含微生物的银杏叶浸提母液,浓度为 10.00%(w/v),再分别取 100 mL 母液稀释为 5.00%、2.50%、1.25%(w/v) 的液体,冷藏备用。

1.2.3 试验设计

选取饱满的白菜种子,用 55℃ 的温水浸种 15 min(不断搅拌,自然冷却)后,用纱布包裹放置在 28℃ 恒温箱中培养,湿度为 80%。种子露白后播种于 21 cm×20 cm(直径×高)的花盆中,每盆装水稻土 3 kg。每盆播种 4 株。在白菜幼苗第 2 片真叶展开后,分别用 0(CK,清水)、1.25%(A)、2.50%(B)、5.00%(C)、10.00%(D)的水浸液浇灌,每盆每次 40 mL,5 d 浇灌 1 次,至试验结束,每个处理 2 盆,重复 3 次。40 d 后采样,每盆采取 4 株进行指标测定。

1.3 项目测定

1.3.1 生物量和叶绿素含量

取成熟功能叶片测定其生物量,叶绿素含量

采用丙酮乙醇混合液提取法测定^[6]。

1.3.2 过氧化氢含量和丙二醛(MDA)含量

活性氧过氧化氢(H₂O₂)含量参考 LU 等^[6]的方法测定;膜脂过氧化产物 MDA 含量采用硫代巴比妥酸加热显色法测定^[7]。

1.3.3 抗氧化酶活性

超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑法测定^[6],以抑制 NBT 光化还原的 50% 为 1 个酶活性单位(U);过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法测定^[6],将每分钟吸光度值(OD)增加 0.01 定义为 1 个酶活性单位(U);过氧化氢酶(CAT)活性采用紫外分光光度法测定^[6],以 1 min 内 OD 减少 0.1 为 1 个酶活性单位(U)。将各酶活性除以可溶性蛋白质含量,即可计算出各酶的比活力。

1.3.4 渗透调节物质含量

可溶性蛋白质(SP)含量测定采用考马斯亮蓝 G250 法^[6];脯氨酸(Pro)含量测定采用酸性茚三酮显色法^[6]。

1.4 数据分析

化感效应指数(RI)采用 WILLIAMSON 等^[8]的方法, $RI=1-C/T$ (当 $T \geq C$ 时)或 $RI=T/C-1$ (当 $T < C$ 时)。其中, C 为对照值, T 为处理值, RI 为化感效应指数($RI > 0$ 为促进作用, $RI < 0$ 为抑制作用,绝对值大小与作用强度一致)。化感综合效应 CE 用该处理下株高、地上部干质量的化感效应指数 RI 的算术平均值来表示。所有数据均采用 SPSS 17.0 统计分析软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA),并采用最小显著差数法(LSD 法)进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 银杏叶水浸液对白菜生长的影响

由表 1 可知,用不同浓度梯度(0、1.25%、2.50%、5.00%、10.00%)的银杏叶水浸液处理白菜,白菜的根长随着银杏叶水浸液浓度的升高而逐渐降低,但是各处理与 CK 均无显著差异($P > 0.05$), RI 值分别为 -0.038、-0.047、-0.049、-0.057。各处理白菜的株高随着银杏叶水浸液的浓度的升高而逐渐降低, RI 值均为负值,表现为抑制作用。其中银杏叶水浸液浓度为 10.00%

时,白菜幼苗株高显著低于CK($P<0.05$),比CK降低了13.87%。银杏叶水浸液对白菜地上部鲜质量的影响与株高相似,表现为随着银杏叶水浸液浓度的增加而逐渐减少,其中D(10.0%)处理显著低于CK($P<0.05$),与CK相比减少了4.80%。各处理白菜的地下部鲜质量的变化趋势与根长类似,表现为随着银杏叶水浸液浓度的升高而逐渐减少,RI值均为负值,表现为抑制作用,但各处理地下部鲜质量与CK相比差异不显著($P>0.05$)。

2.2 银杏叶水浸液对白菜光合色素含量的影响

由表2可以看出,各处理叶绿素a含量随着银杏叶水浸液浓度的升高先增加后减少,除D

(10.00%)处理的RI值为-0.057外,其它处理的RI值均为正值,表现为低浓度促进高浓度抑制。银杏叶水浸液对白菜叶绿素b含量的影响与叶绿素a类似,表现为低浓度促进高浓度抑制,但除A(1.25%)处理的RI值为0.326,其它处理的RI值均为负值。白菜叶绿素总含量的变化趋势与叶绿素a类似,表现为随着银杏叶水浸液的浓度的升高而先增加后减少,其中除D(10.00%)处理与CK相比降低了8.08%($P<0.05$)外,其它处理与CK均无显著性差异。各处理的类胡萝卜素随着银杏叶水浸液的浓度的增加而先增加后减少,RI值分别为0.105、0.022、-0.096、-0.132。

表1 银杏叶水浸液对白菜根长、株高、地上部鲜质量和地下部鲜质量的影响

Table 1 Effect of *Ginkgo biloba* extract on cabbage root length, plant height, fresh weight of the overground part and underground part

银杏叶水浸液浓度 Concentration of <i>Ginkgo biloba</i> extract/%	根长 Root length		株高 Plant height		地上部鲜质量 Fresh weight of overground part		地下部鲜质量 Fresh weight of underground part	
	测定值	化感指数	测定值	化感指数	测定值	化感指数	测定值	化感指数
	Observation/cm	RI	Observation/cm	RI	Observation/(g·株 ⁻¹)	RI	Observation/(g·株 ⁻¹)	RI
0(CK)	9.22±0.43a	—	13.7±0.61a	—	35.4±1.67a	—	2.26±0.12a	—
1.25	8.87±0.44a	-0.038	13.2±0.65a	-0.036	35.1±1.73a	-0.008	2.23±0.11a	-0.013
2.50	8.79±0.41a	-0.047	12.9±0.64a	-0.058	34.8±1.71a	-0.017	2.19±0.13a	-0.031
5.00	8.77±0.42a	-0.049	12.5±0.42a	-0.088	34.2±1.69a	-0.034	2.16±0.09a	-0.044
10.00	8.69±0.45a	-0.057	11.8±0.59b	-0.139	33.7±1.63b	-0.048	2.12±0.10a	-0.062

注:表中数据为平均值±标准差,同列指标不同字母表示处理间达差异显著水平($P<0.05$)。以下同。

Notes: The data in the table are average value±standard deviation, different letters in the same column indicated significant difference ($P<0.05$). The same below.

表2 银杏叶水浸液对白菜光合色素含量的影响

Table 2 Effect of *Ginkgo biloba* extract on cabbage the content of photosynthetic pigments

银杏叶水浸液浓度 Concentration of <i>Ginkgo biloba</i> extract/%	叶绿素a含量 Chlorophyll a content		叶绿素b含量 Chlorophyll b content		叶绿素总含量 Chlorophyll (a+b) content		类胡萝卜素含量 Carotenoid content	
	测定值	化感指数	测定值	化感指数	测定值	化感指数	测定值	化感指数
	Observation /(mg·g ⁻¹ FW)	RI	Observation /(mg·g ⁻¹ FW)	RI	Observation /(mg·g ⁻¹ FW)	RI	Observation /(mg·g ⁻¹ FW)	RI
0(CK)	0.336±0.010b	—	0.122±0.003a	—	0.458±0.02a	—	0.136±0.005b	—
1.25	0.449±0.020a	0.134	0.181±0.008a	0.326	0.530±0.02a	0.177	0.152±0.007a	0.105
2.50	0.382±0.010a	0.121	0.121±0.006a	-0.008	0.503±0.01a	0.029	0.139±0.006a	0.022
5.00	0.346±0.008b	0.029	0.109±0.004a	-0.107	0.465±0.02a	0.111	0.123±0.006b	-0.096
10.00	0.317±0.009b	-0.057	0.104±0.005b	-0.148	0.421±0.03b	-0.136	0.118±0.004b	-0.132

2.3 银杏叶水浸液对白菜抗氧化酶活性及丙二醛(MDA)含量的影响

由图1-A可知,银杏叶水浸液处理后白菜的

SOD活性均显著高于CK($P<0.05$),并随着银杏叶水浸液浓度的升高而逐渐升高,与CK相比,分别升高了10.18%、12.31%、17.05%、24.29%。

银杏叶水浸液对白菜 POD 活性的影响与 SOD 类似,各处理的 POD 活性随着银杏叶水浸液浓度的增加而逐渐升高,其中 A(1.25%)、B(2.50%)2 个处理与 CK 相比差异不显著,C(5.00%)、D(10.00%)2 个处理与 CK 相比差异显著($P < 0.05$),分别升高了 20.36%、22.13%(图 1-B)。同时各处理 CAT 活性随着银杏叶水浸液浓度的增加而先升高后降低,其中 B(2.50%)处理显著高于 CK,升高了 231.07%(图 1-C)。而各处理的 MDA 含量与 CK 相比无明显变化(图 1-D)。银杏叶水浸液对小白菜抗氧化酶的影响表现为随着银杏叶水浸液浓度的增加 SOD、POD 活性逐渐升高,CAT 活性先升高后降低。而银杏叶水浸液对小白菜 MDA 含量无太大影响。

2.4 银杏叶水浸液对白菜渗透调节物质的影响

由图 2-A 可知,银杏叶水浸液处理后白菜可溶性蛋白质含量均低于 CK,表现为随着银杏叶水浸液的浓度的升高而逐渐降低,其中除 D(10.00%)处理显著低于 CK($P < 0.05$)外,其它处理与 CK 均无显著性差异。由图 2-B 可知,游离脯氨酸(Pro)含量随着银杏叶水浸液浓度的增加而先增加后减少,各处理 Pro 含量与 CK 差异显著($P < 0.05$),B(2.50%)处理最高,与 CK 相比显著增加了 97.81%(图 2-B)。银杏叶水浸液对白菜 Pro 含量的影响表现为随着银杏叶水浸液的浓度的增加而先增加后减少,银杏叶水浸液对白菜可溶性蛋白质含量影响不大。

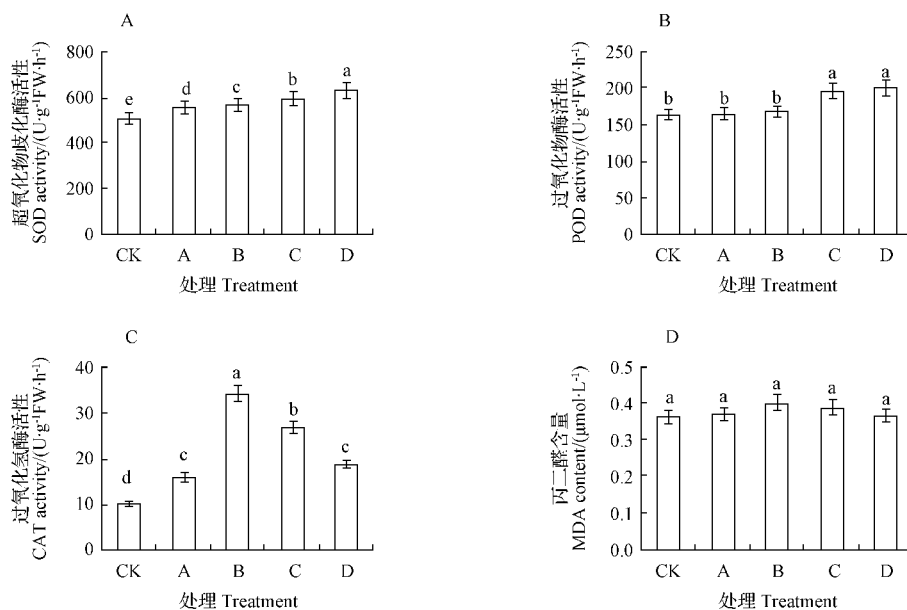


图 1 银杏叶水浸液对小白菜抗氧化酶活性及丙二醛(MDA)含量的影响

Fig. 1 Effect of *Ginkgo biloba* leaf water extracts on antioxidant enzyme activity and malondialdehyde (MDA) content of Chinese cabbage

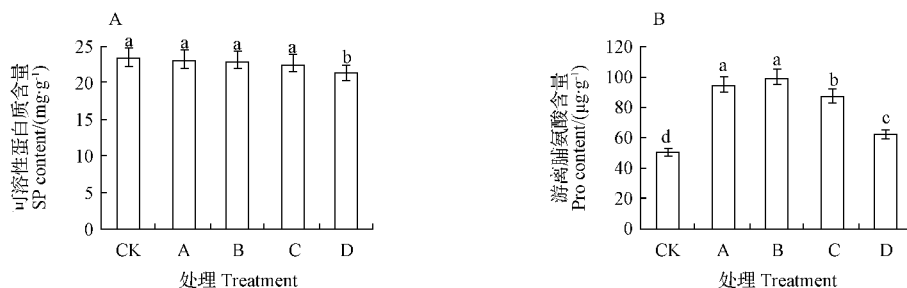


图 2 银杏叶水浸液对小白菜渗透调节物质含量的影响

Fig. 2 Effect of *Ginkgo biloba* extract on content of osmotic adjustment matters of Chinese cabbage

3 讨论与结论

植物的生长指标和形态指标反映了生物量的积累,因此在科学研究中常把生长和形态指标作为代表植物生长能力和状况的指标。银杏叶中含有大量的酚类、黄酮类等物质,这些次生代谢产物对植物抗病虫害,防御天敌,并通过化感作用提高种间竞争力等方面具有重要作用^[9]。该试验研究发现,银杏叶水浸液对白菜根长、株高、地上部鲜质量和地下部鲜质量的影响表现为抑制作用,并随着银杏叶水浸液的浓度增加抑制作用加强,这与张权等^[10]研究山核桃青皮水浸提液对3种植物的化感作用的结果一致。

植物光合作用是生长代谢的重要过程,光合色素是植物吸收太阳光能进行光合作用的重要物质,它与植物光合作用有着密切的关系,因此在植物的生理研究中光合色素含量常作为反映光合作用强弱的一个指标。该试验研究发现,白菜叶绿素a、叶绿素b、叶绿素总量、类胡萝卜素含量随着银杏叶水浸液的浓度的增加而先增加后减少,表现为低浓度促进高浓度抑制。光合色素含量的减少直接影响到植物的光合作用,从而减少了生物量的积累,该试验中,1.25%处理的光合色素含量与CK相比有所增加,1.25%处理的银杏叶水浸液对小白菜光合作用影响表现为促进,10.00%处理的光合色素含量与CK相比减少最多,这表明小白菜光合作用受到的抑制最强。

超氧化物歧化酶(SOD)是一种重要的抗氧化剂,保护暴露于氧气中的细胞,其能够催化超氧化物通过歧化反应转化为氧气和过氧化氢,SOD在保护细胞免受氧自由基的毒害中发挥着重要作用。过氧化物酶(POD)与植物的抗逆性有关,包括抗旱、抗寒、抗盐、抗病等,是植物保护酶系的重要保护酶之一,因此在植物的生理研究上过氧化物酶的活性常作为反映植物遭受胁迫后植物体抗氧化系统响应的一个指标^[11]。过氧化氢酶(CAT)和 H_2O_2 具有较高的亲和力,主要清除线粒体电子传递、脂肪酸氧化中产生的 H_2O_2 。许多胁迫反应使CAT胞内含量发生改变,这也是 H_2O_2 在体内变化的一种标志性反应^[12]。丙二

醛(MDA)是细胞膜脂过氧化作用的产物之一,它能加剧膜的损伤,因此,MDA的含量能够代表膜脂过氧化的程度,也能间接反映植物组织的抗氧化能力的强弱^[13-14]。该试验发现,银杏叶水浸液对小白菜抗氧化酶的影响表现为随着银杏叶水浸液的浓度的增加SOD、POD活性逐渐升高,这与王茜等^[15]核桃凋落叶分解对萝卜生长和生理的影响的研究结果一致,银杏叶水浸液对小白菜CAT活性的影响表现为低促高抑,这与黄建贝等^[16]关于核桃凋落叶分解对小麦生长及生理特性的影响的研究结果不一致,这可能是由于化感物质的来源不同,以及植物材料对化感物质的敏感度不同而导致试验结果不一致。该试验还发现银杏叶水浸液对小白菜MDA含量无太大影响,这与丁伟等^[17]核桃凋落叶分解对莴笋抗氧化系统及光合特性的影响研究结果一致。可能是因为土壤中的银杏水浸液对小白菜造成了胁迫,白菜机体内的抗氧化系统迅速做出响应,清除活性氧,所以MDA含量并无明显变化。

渗透调节是植物适应水分胁迫的重要机制,脯氨酸(Pro)是水溶性最大的氨基酸,在植物的渗透调节中起重要作用。正常情况下,植物体内Pro含量并不高,但遭受胁迫时体内的Pro含量往往增加,它在一定程度上反映植物受胁迫的状况,以及植物对胁迫的忍耐及抵抗能力^[18]。可溶性蛋白质是植物组织的保护物质,其含量的增减可以反映植物受胁迫时机体内部渗透调节平衡的重要指标。该研究发现白菜Pro含量随着银杏叶水浸液的浓度的升高而先增加后减少。该研究还发现,银杏叶水浸液对白菜可溶性蛋白质含量影响不大,这与史洪洲等^[19]核桃青皮分解对小白菜生长和生理的影响的研究结果一致。银杏叶水浸液在一定程度上对小白菜造成了胁迫,通过小白菜机体的渗透调节物质调节,渗透势已恢复至正常水平。

综上所述,银杏叶水浸液减少了白菜的光合色素含量,降低了光合作用,从而影响了生物量的积累,抑制根长、株高等,并且银杏叶水浸液在一定程度上对白菜造成了胁迫,导致白菜抗氧化酶活性和Pro含量提高。因此,银杏凋落叶对白菜的化感表现为抑制作用。

参考文献

- [1] 孙磊,李春斌,范圣第. 银杏叶聚戊烯醇类化合物的制备与分析[J]. 时珍国医国药, 2006, 17(12): 2528-2529.
- [2] 朱丽峰. 银杏在园林绿化中应用现状调查与分析[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.
- [3] 杨小录,王瀚,何九军,等. 银杏叶水提物对小麦的化感作用研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(23): 12885-12887.
- [4] 陈虹霞,王成章,孙燕. 银杏叶聚戊烯醇对小麦种子萌发和幼苗生长的化感作用研究[J]. 林产化学与工业, 2012, 32(5): 7-10.
- [5] 周永斌,李琳琳,王维,等. 银杏凋落叶分解及其主要成分的动力学研究[J]. 辽宁林业科技, 2009(4): 17-20.
- [6] LU B, LIU J, XU L L. Study on three methods of determining contents of H_2O_2 in wheat leaves[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2000, 23(2): 101-104.
- [7] 熊庆娥. 植物生理学实验教程[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2003.
- [8] WILLIAMSON G B, RICHARDSON A D. Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls[J]. Journal of Chemical Ecology, 1998, 14(1): 181-182.
- [9] DANILOV L L, MALTSEV S D, DEYEVA A V, et al. Phosprenyl: A novel drug with antiviral and immunomodulatory activity[J]. Arch Immunol Ther Exp, 1996, 44(5-6): 395-400.
- [10] 张权,姚小华,傅松玲. 山核桃青皮水浸提液对3种植物的化感作用研究[J]. 安徽农业大学学报, 2015(6): 974-979.
- [11] 张以顺. 植物生理学实验教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [12] 董亮,何永志,王远亮,等. 超氧化物歧化酶(SOD)的应用研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2013(5): 53-58.
- [13] 蒋选利,李振岐,康振生. 过氧化物酶与植物抗病性研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2001(6): 124-129.
- [14] 陈金峰,王宫南,程素满. 过氧化氢酶在植物胁迫响应中的功能研究进展[J]. 西北植物学报, 2008(1): 188-193.
- [15] 王茜,徐郑,胡庭兴,等. 核桃凋落叶分解对萝卜生长和生理的影响[J]. 西北植物学报, 2014(12): 2475-2482.
- [16] 黄建贝,胡庭兴,吴张磊,等. 核桃凋落叶分解对小麦生长及生理特性的影响[J]. 生态学报, 2014(23): 6855-6863.
- [17] 丁伟,胡庭兴,李仲彬,等. 核桃凋落叶分解对莴笋抗氧化系统及光合特性的影响[J]. 西北植物学报, 2014(4): 769-777.
- [18] 丁玉梅,马龙海,周晓罡,等. 干旱胁迫下马铃薯叶片脯氨酸、丙二醛含量变化及与耐旱性的相关性分析[J]. 西南农业学报, 2013(1): 106-110.
- [19] 史洪洲,胡庭兴,陈洪,等. 核桃青皮分解对小白菜生长和生理的影响[J]. 西北植物学报, 2014, 34(12): 2467-2474.

Allelopathic Effects of Aqueous Extract of *Ginkgo* Litter Leaves on Chinese Cabbage

LIAN Huashan¹, LIU Ji², TANG Yi³

(1. Chengdu Agriculture College, Chengdu, Sichuan 610000; 2. Chengdu Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Chengdu, Sichuan 610000; 3. College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 610000)

Abstract: The effects of aqueous extract of *Ginkgo* litter leaves on the growth and physiological characteristics of Chinese cabbage ‘Kuaike 35’, which were commonly cultivated in Sichuan Province were studied by applying different concentrations of aqueous extract of *Ginkgo* litter leaves to the soil. The results showed that the effect of aqueous extract of *Ginkgo* litter leaves on the growth of Chinese cabbage was inhibited, and with the increase of the concentration of *Ginkgo biloba* extract the inhibitory effect was enhanced. The effects of aqueous extract of *Ginkgo* litter leaves on the photosynthetic pigment content of Chinese cabbage showed low concentration promote and high concentration inhibition. As the concentration of aqueous extract of *Ginkgo* litter leaves increased, the activity of SOD and POD in cabbage increased gradually, CAT activity and proline content increased first, and then decreased. MDA and soluble protein contents had no significant change.

Keywords: *Ginkgo biloba* leaves; water extract; allelopathy; photosynthesis