

不同温度对茅苍术生长发育 及挥发油组分的影响*

□曾 燕** 郭兰萍** (中国中医科学院中药研究所 北京 100700)

陈保冬 (中国科学院生态环境中心 北京 100085)

李红岭 (北京市农业局小汤山特菜基地 北京 102211)

林淑芳 吴志刚 (中国中医科学院中药研究所 北京 100700)

摘 要:目的:研究不同温度对苍术生长发育及挥发油组分的影响。方法:设置低温组(T_1)、适宜温度组(T_2)、高温组(T_3)3组,各重复8个,生长6个月,收苗。采用t检验比较生物量;GC-MS分析、鉴定苍术根茎挥发油中所含的有机化合物;BIOLLOG微平板每孔颜色平均变化率检测苍术根际微生物群落功能多样性。以此观察苍术挥发油组分及根际环境的综合变化。结果:①不同温度下生长的苍术的株高和总生物量有显著差异($P<0.05$)。②不同温度下苍术根茎挥发油中归一化百分含量大于0.01%的组分相差较大。三者共有组分有7个。其中 T_1 处理鉴定出17个组分, T_2 处理鉴定出21个组分, T_3 处理鉴定出21个组分;挥发油总含量($\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$): $T_1(23.0597)<T_2(24.7491)<T_3(26.1917)$ 。③ T_1 和 T_3 使得SOD升高, T_1 使得CAT降低, T_3 和 T_1 均使POX升高。④不同温度下苍术土壤微生物群落BIOLLOG代谢剖面(AWCD)发生一定程度的变化,其变化程度与培育的时间及不同温度环境有关。 T_1 、 T_3 条件的AWCD较 T_2 低。结论:不同温度对苍术生长发育、挥发油成分、叶片酶活性和土壤微生物群落均有影响。

关键词:苍术 温度胁迫 生长发育 挥发油

doi: 10.3969/j.issn.1674-3849.2010.05.019

苍术来源于菊科苍术属植物茅苍术 *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. 或北苍术 *Atractylodes chinensis*

(DC.) Koidz. 的干燥根茎,为我国常用中药材,具有燥湿健脾、祛风散寒、明目的功效。挥发油成分是苍术的主要活性成分^[1]。

收稿日期: 2010-01-27

修回日期: 2010-04-22

* 国家自然科学基金项目(30672616):环境胁迫下AM影响苍术质量的机理研究,负责人:郭兰萍;国家自然科学基金项目(30672617):基于3S技术的中药道地性研究及空间信息分析数据库的构建,负责人:郭兰萍;国家科技支撑计划(2006BAI09B03):有效恢复中药材生产立地条件与土壤微生态环境修复技术研究,负责人:郭兰萍;国家中医药管理局行业专项(200707014):苍术等道地药材鉴别特征提取,负责人:郭兰萍;国家重点基础研究发展计划(2006CB504700):中药药性理论继承与创新研究,负责人:黄璐琦。

** 联系人:曾燕,博士生,主要研究方向:中药资源,Tel:010-64014411-2956,E-mail:zyzy1221@126.com;郭兰萍,研究员,硕士生导师,主要研究方向:中药资源生态学研究,Tel:010-64011944,E-mail:soil2006@126.com。

[World Science and Technology/Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica] 773

传统认为江苏茅山地区的苍术质量最好,为道地药材。该区域在苍术整个分布区中属于温度最高、湿度最大的地带。长期的生产实践和对苍术的生态生物学的研究表明,苍术喜温暖、通气、凉爽、较干燥气候,耐寒,怕高温高湿。郭兰萍等^[2-3]研究表明,苍术挥发油组分积累的气候适宜区与其生长发育的气候适宜区并不一致,30℃以上的高温是苍术生长发育的限制因子,但有利于苍术挥发油的积累,并提出茅山地区的苍术在生长发育中受到高温的胁迫,其道地药材的形成具有逆境效应。

中药的有效成分通常是植物次生代谢产物,有学者认为植物次生代谢产物的产生多是植物对抗逆境的结果,其含量随逆境强度增加而增加^[4]。一般来说,环境温度对植物的生长发育、代谢以及根际环境都会有一系列的影响,本实验以不同温度下生长的苍术为材料,考察苍术生长发育、挥发油积累、根际微生物等方面的变化,以期寻找出温度对苍术生长发育及挥发油组分的影响,并为揭示苍术道地药材形成的逆境效应提供思路,同时为中药材栽培地的选择提供参考。

一、材料与方法

1. 苍术材料

供试土壤采自北京小汤山。苍术种子采自江苏茅山,经中国中医科学院中药研究所黄璐琦研究员鉴定为茅苍术 *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. 的种子。将苍术种子催芽,挑取长势好且比较一致的苍术苗移栽于塑料花盆(20cm×20cm)中,每盆种3棵,分别放于蔬菜低温棚(16±4℃,设定为T₁样品)、适宜温度棚(26±4℃,设定为T₂样品)、高温棚(35±4℃,设定为T₃样品)。各设8个重复,共24个样品,栽培时间为2006年10月10日,2007年4月15日收获苍术,洗净待用。

2. 挥发油总量及组分分析

(1) 挥发油的提取。

分别取T₁、T₂、T₃根及其根茎样品,按《中国药典》2005版附录XD挥发油测定法甲法进行苍术挥发油提取。提取完毕后,用乙酸乙酯定容至10mL,利用GC-MS进行分析。

(2) 根茎挥发油含量的测定及GC-MS分析。

实验条件:TRACE GC-TRACE MS气质联用仪器。石英毛细管色谱柱:DB-5 MS 30m,0.25mm ID,

0.25μm df,程序升温60~240℃,4℃·min⁻¹,进样温度240℃,检测温度250℃。载气:氦气,进样量0.5μL,分流比20:1,载气流速20mL·min⁻¹。质谱电离方式:EI,电子能量70eV,离子源温度200℃,全扫描,扫描范围35~455 amu(m/z)。NIST谱图库检索。

3. 酶活性测定

苍术栽培6个月后采叶片,采用氮蓝四唑法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性;紫外吸收法测定过氧化氢酶(CAT)活性;愈创木酚法测定过氧化物酶(POX)活性;紫外吸收法测定抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性。

4. 根际土壤微生物功能多样性的分析

收获苍术的同时,收集根际土壤,采用Garland法进行BIOLLOG检测^[5],测定苍术根际微生物群落功能多样性。具体操作:①称取相当于10g烘干土壤的新鲜土壤加入到装有100mL灭菌的生理盐水(0.85%)的250mL三角瓶中,在旋涡振荡机上振荡30min;②取2mL上述土壤浸提液加入18mL灭菌的生理盐水(0.85%)中,重复一次,将稀释1000倍后的菌液加入ECO板中,每孔用排枪加150μL;③将接种的微孔板在25℃培养,分别于48h、72h、96h、120h、144h和168h在578nm处读取数据。

5. 数据分析

使用SPSS10.0软件,t检验比较生物量。根际微生物群落功能采用BIOLLOG微平板每孔颜色平均变化率(Average Well Color Development,AWCD)来描述,AWCD值=[Σ(C-R)]/95,其中C是所测得的95个反应孔的吸光值,R是对照孔A1的吸光值。Biodap软件计算土壤微生物多样性指数。

二、结果与分析

1. 不同温度对苍术生长发育的影响

对3组样品的平均株高、叶片数、单株须根数和单株总生物量进行单因素方差分析(见表1):不同温度条件下生长的苍术在株高和总生物量都有显著性

表1 不同温度条件对苍术植株生长发育的影响(n=8)

处理	株高(cm)	叶片数	平均单株总生物量(g)
T ₁	6.14c	3.25b	0.46c
T ₂	9.94a	5.50a	1.20a
T ₃	7.41b	3.12b	0.93b

注:同一列标用不同字母表示处理间差异显著(P<0.05)。

差异 ($P<0.05$), 其中 T_2 处理组长势最好。

2. 不同温度对苍术挥发油总量和组分的影响

对 T_1 、 T_2 、 T_3 共 3 个样品进行挥发油分析, 测得挥发油总含量 ($\text{mL} \cdot \text{g}^{-1}$): $T_1(23.0597) < T_2(24.7491) < T_3(26.1917)$ 。

苍术地下部分挥发油 GC-MS 分析显示(见表 2), 不同温度条件下的 3 组苍术根茎挥发油中归一化百分含量相对较大的主要组分变异较大。对挥发油进行 GC-MS 分析, 共鉴定出 36 个化合物(见表 2)。其中 T_1 处理鉴定出 17 个化合物, T_2 处理鉴定出 21 个化合物, T_3 处理鉴定出 21 个组分。 T_1 、 T_2 、 T_3 三者共有组分有 7 个: τ -Elemene、[s-(R*, s*)]-3-(1, 5-dimethyl-4-hexenyl)-6-methylene-Cyclohexene、Eudesm-4(14)-en-11-ol、3, 5, 6, 7, 8, 8a-hexahydro-4, 8a-dimethyl-6-(1-methylethenyl)-2(1H)Essential oilenone、Hexadecanenitrile、Tetradecanamide、(Z)-9-Octadecanamide。

3. 温度胁迫对苍术叶片酶活性的影响(见表 3)

不同温度环境对植物保护酶的含量影响很大, 如以适宜温度 T_2 作为对照, 高温环境的 T_3 处理, 使得苍术植物保护酶含量增高, 其中使 SOD、POX、APX 显著增高 ($P<0.05$), 这是植物抗逆境的反应, 有利于植物生长。

4. 不同温度对苍术根际土壤微生物功能多样性的影响(见表 4)

表 2 不同温度条件下生长的苍术挥发油组分 GC-MS 分析鉴定出的化合物

处理	编号	含量(%)	化合物
T_1	1	2.09	1a β , 2, 3, 4, 4a α , 5, 6, 7b β -octahydro-1, 1, 4 β , 7-tetramethyl-1H-Cycloprop[e]azulene
	2	2.4	2-(3-Isopropyl-methyl-4-methyl-pent-3-en-1-ynyl)-2-methyl-cyclobutanone
	3	6.29	l3-Thujopsene
	4	7.17	[5.4.0.02, 8]undec-9-ene, 2, 6, 6, 9-tetramethyl-Tricyclo
	5	2.775	τ -Elemene
	6	4.24	Cedr-8(15)-ene
	7	5.525	1-(1, 5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-Benzene
	8	8.825	Cedrene
	9	5.435	[s-(R*, s*)]-3-(1, 5-dimethyl-4-hexenyl)-6-methylene-Cyclohexene
	10	1.195	1a β , 2, 3, 4, 4a α , 5, 6, 7b β -octahydro-1, 1, 4 β , 7-tetramethyl-1H-Cycloprop[e]azulene
	11	5.195	6-ethenyl-4, 5, 6, 7-tetrahydro-3, 6-dimethyl-5-isopropenyl-, trans-Benzofuran
	12	0.45	Eudesm-4(14)-en-11-ol
	13	6.305	4-Styrylpyridazine
	14	1.28	3, 5, 6, 7, 8, 8a-hexahydro-4, 8a-dimethyl-6-(1-methylethenyl)-2(1H)Essential oilenone
	15	1.16	Hexadecanenitrile
	16	2.23	Tetradecanamide
	17	2.705	(Z)-9-Octadecanamide
T_2	1	0.32	1-ethenyl-1-meth-2,4-bis(1-methylethenyl)-Cyclohexane
	2	1.23	2-(3-Isopropyl-4-methyl-pent-3-en-1-en-1-ynyl)-2-methyl-cyclobutanone
	3	4.18	(-)-1,4 α ,9,9-tetramethyl-3H-3 $\alpha\beta$,7-Methanoazulene, 2,4,5,6,7 α ,8-hexahydro
	4	5.15	Eremophila-1(10),11-diene
	5	0.01	Caryophyllene
	6	5.09	τ -Elemene
	7	1.01	(Z)- β -Farnesene
	8	5.88	2, 4a α , 5, 6, 7, 8, 9, 9a-octahydro-3, 5, 5-trimethyl-9-methylene-1H-Benzocycloheptene
	9	0.37	1-methyl-4-5-me-Cyclohexene
	10	13.6	Cedrene
	11	5.81	[s-(R*, s*)]-3-(1, 5-dimethyl-4-hexenyl)-6-methylene-Cyclohexene
	12	3.59	1a β , 2, 3, 4, 4a α , 5, 6, 7b β -octahydro-1, 1, 4 β , 7-tetramethyl-1H-Cycloprop[e]azulene

续表 2

处理	编号	含量(%)	化合物
	13	0.3	4-methyl-1,1'-Biphenyl
	14	3.31	Hinesol
	15	12.2	6-ethenyl-4,5,6,7-tetrahydro-3,6-dimethyl-5-isopropenyl-, trans-Benzofuran
	16	5.73	Eudesm-4(14)-en-11-ol
	17	1.735	3,5,6,7,8,8a-hexahydro-4,8a-dimethyl-6-(1-methylethenyl)-2 (1H)Essential oilenone
	18	0.67	Dehydroxy-isocalamendiol
	19	0.12	Hexadecanenitrile
	20	1.52	Tetradecanamide
	21	2.27	(Z)-9-Octadecenamide
T ₃	1	1.13	1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-1,4-dimethyl-7-(1-methylethenyl)-, [1S-(1 α ,4 α ,7 α)]-Azulene
	2	2.1	1a β ,2,3,4,4a α ,5,6,7b β -octahydro-1,1,4 β ,7-tetramethyl-1H-Cycloprop[e]azulene
	3	2.65	(11)-Caryophyllene
	4	2.825	(-)-1,4 α ,9,9-tetramethyl-3H-3 α β ,7-Methanoazulene,2,4,5,6,7 α ,8-hexahydro
	5	6.9	(V4)-Longifolene
	6	0.01	Caryophyllene
	7	0.01	τ -Elemene
	8	0.69	β -Farnesene
	9	0.63	(Z)-7,11-dimethyl-3-methylene-1,6,10-Dodecatriene
	10	1.45	α -Caryophyllene
	11	5.35	1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-Benzene
	12	5.44	[s-(R*,s*)]-3-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-6-methylene-Cyclohexene
	13	1	Hinesol
	14	1.18	α -Longipinene
	15	3.38	Eudesm-4(14)-en-11-ol
	16	16.19	[1,1'-Biphenyl]-4-carboxaldehyde
	17	2.05	4,8a-dimethyl-6-(1-methylethenyl)-2 (1H)Essential oilenone-3,5,6,7,8,8a-hexahydro
	18	1.43	Hexadecanenitrile
	19	1.03	n-Hexadecanoic acid
	20	1.765	Tetradecanamide
	21	3.62	(Z)-9-Octadecenamide

在整个培养过程中,不同温度土壤微生物群落 BIOLOG 代谢剖面(AWCD)发生一定程度的变化,AWCD 值在 72h 之前未表现出明显的变化,培育 72h 后开始出现差异。由于反应的初始浓度较低,3 种处理土壤微生物群落代谢剖面(AWCD)均未到达平台期。三者 AWCD 值在整个温育过程 T₁ 和 T₃ 差异不显著,T₂ 在反应 72h 后始终 AWCD、Shannon 和 McIntosh's 值最大,在反应 168 h 后,T₁、T₂、T₃ 组的土壤 AWCD 值分别达到 0.901、0.999 和 0.890,T₂ 的 AWCD 值最大。在整个过程中,Shannon 多样性指数、Shannon 均匀度指数、McIntosh's 多样性指数和 McIntosh's 均匀度指数四者变化趋势一致。

在反应 72h 后,T₂ 的各项指标均高于 T₁、T₃,说明 T₂ 有利于土壤微生物群落功能多样性的提高。可见,不同温度处理对于增强苍术土壤微生物群落的生理代谢活性,增强其碳源利用程度有一定影响,T₂ 有利于土壤微生物群落功能多样性的提高,是苍术的最适宜生长温度。

三、讨 论

本研究发现,随着苍术生长环境温度的变化,植株产生了一系列的生理生化反应。植株本身产生了一系列的抗逆境生理反应,最终导致了苍术的生长、挥发油和根际分泌物的一系列变化。对于作为药材的苍术来讲,T₂ 环境虽然是植

物生长的适宜温度,更利于植物总生物量的积累,但高温却更有利于其药用成分挥发油总量的积累。

据报道^[2],温度的胁迫是影响苍术生长发育的生态限制因子之一,其结果将影响植物的生长发育与有效成分的积累。苍术挥发油积累所需的生境与其生长发育的适宜条件可能并不一致,高温胁迫有利于苍术药效成分挥发油的积累,苍术药材品质的形成体现出明显的逆境效应。

环境胁迫是环境梯度中离开了梯度中间的、植物生活的最适点而靠近最高点或最低点的那种环境。由于环境胁迫造成植物外部形态和生理上的影响,在生长发育上多抑制植物生长,如高温胁迫影响植物的光合作用、呼吸作用、蒸腾作用等生理活动,从而影响植物的生长^[6-7];同时,多数植物会以代谢物的含量或分布部位产生生理补偿效应^[8],次生代谢产物的产生多是植物对抗逆境的结果^[9-10],对于药用植物,则主要表现出药用成分的变化上。不少学者发现

次生代谢物随逆境强度增加而增加^[11-12],如干旱胁迫对银杏中槲皮素含量的提高有促进作用^[13];雷公藤幼苗在环境胁迫条件下根系中雷公藤红素的含量分别提高了 10.8%、14.4%和 13.0%,其中光照对雷公藤红素含量的增加最明显^[14]。

本研究对于中药材栽培有一定的指导意义。药用植物生长的最佳适宜区并不一定是优质中药材形成的最佳适宜区,只有通过相关的科学研究,在产量、质量和效益之间找到最佳平衡点,才能确定中药材种植的最佳适宜区,才能更好地开展中药材栽培,带动地方经济。

但是,由于中药材栽培时间一般较长,受实验条件所限,本实验苍术只生长了 6 个月,而苍术药材的实际栽培时间一般为 2 年,实验结果对于生产的实际指导意义有待于进一步的研究。

参考文献

- OSAMI T, EIJI M, SUSUMU T, et al. A comparative study on essential oil components of wild and cultivated *Atractylodes lancea* and *A. chinensis*. *Plan. Med.*, 1996, (62):444-449.
- 郭兰萍,黄璐琦,阎洪,等.基于地理信息系统的苍术道地药材气候生态特征研究. *中国中药杂志*, 2005, 30(8):565-568.
- 郭兰萍,黄璐琦,蒋有绪,等.影响苍术挥发油组分的气候主导因子及气候适宜性区划研究. *中国中药杂志*, 2007, 32(10):888-893.
- Chapin F S III, Arnold J B, Christopher B F, et al. Plant response to multiple environmental factors. *Bioscience*, 1987, 37:49-77.
- Garland J L, Mills AL. Classification and characterization of samples of microbial communities on the basis of patterns of community level sole-carbon-source utilization. *Appl Environ Microbiol*, 1991, 57:2351-2359.
- 云建英,杨甲定,赵哈林.干旱和高温对植物光合作用的影响机制研究进展. *西北植物学报*, 2006, 3:641.
- 商侃侃,张德顺,王铖.高温胁迫下植物抗性生理研究进展. *园林科技*, 2008, 1:1-5.
- 郑珍贵,缪红.营养和环境因子对长春花激素自养型细胞生长和阿玛碱生成的影响. *植物学报*, 1999, 41(2):1841-189.
- Tang C S, Cai W F, Kohl K, et al. Plant stress and allelopathy. *ACS. Symp. Ser.*, 1995, 582:142-147.
- Hall A B, Blum U, Fites R C. Stress modification of allelopathy in *Helianthus annuus* L. debris on seed germination. *J. Bot.*, 1982, 69:776-783.
- Josep P, Joan L. Effect of carbon dioxide, water

表 3 不同温度对苍术叶片各种酶的影响(n=8)

处理	酶活 (UmolH ₂ O ₂ min12mg ⁻¹ protein)			
	SOD	CAT	POX	APX
T ₁	108.07b	140.82c	1505.28a	155.08c
T ₂	46.55c	235.27ab	251.52c	178.34b
T ₃	113.70a	243.20a	608.48b	313.48a

注:同一列标用不同字母表示处理间差异显著(P<0.05)。

表 4 不同温度对苍术根际土壤微生物功能多样性的影响 BIOLOG 检测结果

指标	处理	培养时间					
		48h	72h	96h	120h	144h	168h
AWCD	T ₁	0.2611	0.4584	0.5943	0.7293	0.8210	0.9006
	T ₂	0.3142	0.4938	0.6741	0.8083	0.9386	0.9991
	T ₃	0.2652	0.4970	0.6231	0.7398	0.8572	0.8900
Shannon 多样性指数	T ₁	3.7431	3.8896	4.0671	4.2248	4.2910	4.3210
	T ₂	3.8917	4.0905	4.2567	4.3400	4.3692	4.3841
	T ₃	3.6750	3.8134	4.0117	4.1473	4.2165	4.2585
Shannon 均匀度指数	T ₁	0.9000	0.9037	0.9255	0.9436	0.9490	0.9556
	T ₂	0.8986	0.9362	0.9483	0.9575	0.9662	0.9672
	T ₃	0.9013	0.8976	0.9155	0.9335	0.9466	0.9441
McIntosh's 多样性指数	T ₁	2.8632	5.3466	6.8909	8.4166	9.5159	10.2095
	T ₂	3.9232	5.4856	7.5917	9.1047	10.2322	10.9110
	T ₃	2.7752	5.7692	7.3073	8.4752	9.5470	10.2762
McIntosh's 均匀度指数	T ₁	0.9470	0.9532	0.9640	0.9725	0.9757	0.9788
	T ₂	0.9440	0.9683	0.9770	0.9806	0.9841	0.9847
	T ₃	0.9457	0.9474	0.9608	0.9705	0.9757	0.9754

- supply and seasonally on terpene content and leaching of phenolics from sunflowers grown under varying phosphates nutrient conditions. *Canad. J. Bot.* 1976, 54:593.
- 12 孔垂华, 胡飞, 骆世明. 胜红蓟对作物的化感作用. *中国农业科学*, 1997, 30(5):95.
- 13 何丙辉, 钟章成. 不同环境胁迫下银杏构件种群药用成分变化的研究. *西南农业大学学报*, 2003, 25(1):7~10.
- 14 杜玮伟, 姚小洪, 黄宏文. 环境胁迫对雷公藤中雷公藤红素含量的影响. *植物生态学报*, 2009, 33(1):180~185.

The Effects of Different Temperature on the Growth and Components of Essential Oil of *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC.

Zeng Yan¹, Guo LanPing¹, Chen Baodong², Li Hongling³, Lin Shufang¹, Wu Zhigang¹

- (1. Institute of Chinese Materia Medica, Academy of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100700, China;
2. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China;
3. Xiaotangshan Specific Vegetable Base of Beijing Municipal Bureau of Agriculture, Beijing 102211, China)

Abstract: Three treatment groups were set up to study the effects of different temperatures on the growth and components of essential oil of *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC., namely low temperature (T_1), suitable temperature (T_2) and high temperature (T_3), each treatment repeated for eight times. The plants were harvested after six months. The total biomass was compared by t test, the method of GC-MS was conducted for the analyses and identification of the compounds in the essential oil of rhizoma. The functional diversity of rhizosphere about microbial community was tested by BIOLOG. The comprehensive change was observed. The results of statistical analysis were as follows: 1) Differences in the plant height and total biomass were all statistically significant ($P < 0.05$). 2) GC-MS analysis of the essential oil in the underground part of the plants showed that, under different temperatures, the percentages $> 0.01\%$ of the essential oil in the rootstalk of the plants were different. Seven components were simultaneously found in all groups. T_1 identified 17 components, T_2 22 components, and T_3 21 components. The total content of essential oil (mg/g) ranked in the order of $T_1 (23.0597) < T_2 (24.7491) < T_3 (26.1917)$. 3) T_1 and T_3 increased the superoxide dismutase (SOD) activity, T_1 decreased catalase (CAT) activity, and both T_1 and T_3 increased peroxidase (POX) activity. 4) The average well color development (AWCD) of soil microbe community changed in varying degrees under different temperatures, depending upon the cultivation time and temperature. The Shannon's diversity index, Shannon's evenness index, McIntosh's diversity index and McIntosh's evenness index of the soil environment changed in the same tendency. The AWCD value was relatively low under the condition of T_1 and T_3 than under that of T_2 . All the above results indicate that the temperature stress has certain effects on the growth of *A. lancea*, the components of its essential oil, the activity of enzymes in the leaves, soil microbe community, and the allelopathic substances in root system soil.

Keywords: Rhizoma *atractylodis*, Temperature stress, Development, Essential oil

(责任编辑:李沙沙, 责任译审:张立巍)