

栎树叶片水浸提液对黑麦草幼苗生长的化感作用

张霞, 常海娜, 李海云

(聊城大学 农学院, 山东 聊城 252059)

摘要:以栎树叶片为试材,通过温室盆栽试验,研究了栎树叶片不同浓度水浸液(0.00、12.50、25.00、50.00、100.00 mg·mL⁻¹)对黑麦草苗期生物量、根系形态参数以及养分吸收的影响,以期探讨栎树对黑麦草幼苗生长的化感效应。结果表明:与对照相比,栎树叶片水浸提液显著降低黑麦草幼苗干质量;黑麦草幼苗根系形态参数中的总根长、根表面积和根系体积,以及不同径级(除直径>1.0 mm)的根长和根表面积都随水浸液浓度的升高而减小;水浸液浓度越高,对黑麦草幼苗 N、K、Cu、Fe、Mn、Zn 养分吸收的抑制作用越强。栎树叶片水浸液对黑麦草幼苗的生长有明显的化感抑制作用,且处理浓度越高,抑制作用越强。

关键词: 栎树; 矿质元素; 根系形态; 化感作用; 黑麦草

中图分类号: S 543⁺.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2017)02-0071-05

化感作用是指一种植物(包括微生物)向周围环境中释放化学物质而对其它个体产生有害或有益的

第一作者简介:张霞(1982-),女,硕士研究生,研究方向为园林植物种质资源研究及应用。E-mail: zhangxiahtml@163.com.

责任作者:李海云(1974-),女,博士,副教授,研究方向为园林植物种质资源应用。E-mail: lhy@lccu.edu.cn.

收稿日期: 2016-09-23

作用^[1]。化感物质通过植物根系分泌、残体和凋落物的降解、植物体外释放、雨雾从植物表面淋溶等途径进入环境,影响植物的生长发育^[2-3]。近年来,园林植物化感作用已成为研究的热点,化感作用的研究对于园林植物配置的科学性和植物群落演替有着直接影响,同时也影响园林人工生态系统的稳定和功能发挥^[4]。已先后有红叶李(*Prunus cerasifera*)^[5]、桂花树(*Osmanthus fragrans*)^[6]、火炬树(*Rhus*

Physiological Response of Nine Kinds of Garden Plants to Drought Stress

TIAN Zhiguo^{1,2}, YANG Yan¹, WANG Fei²

(1. College of Art, Changzhou University, Changzhou, Jiangsu 213164; 2. College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Physiological effects of 9 kinds of garden arbors (*Cedrus deodara*, *Ligustrum compactum*, *Pinus bungeana*, *Prunus cerasifera*, *Ginkgo biloba*, *Salix babylonica*, *Sophora japonica*, *Lagerstroemia indica*, *Ailanthus altissima*) for a period of 15 days natural water stress treatment were tested. It will provide value reference to instruct greening in regions arid and semi-arid areas. The results indicated that in the natural water loss conditions, drought-resistance indexes from 9 arbors were basically the same, with the extent of stress, the relative moisture content and chlorophyll content decreased, the relative permeability of plasma membrane and MDA content increased, free proline increased, but changes in species. Additionally, it was concluded that the order of 9 plants drought resistance strength was: *Pinus bungeana*, *Ailanthus altissima*, *Prunus cerasifera*, *Sophora japonica*, *Ligustrum compactum*, *Salix babylonica*, *Ginkgo biloba*, *Cedrus deodara*, *Lagerstroemia indica* by the method of membership function to comprehensive assessment of the six physiological indicators.

Keywords: drought stress; garden arbors; membership function

typhina)^[7]和香樟(*Cinnamomum camphora*)^[8]等多种园林植物被证实具有明显的化感作用。栾树(*Koelreuteria bipinnata* Franch. var. *integrifoliola* (Merr.) T. Chen)属无患子科栾树属落叶乔木或灌木,具有重要的观赏价值,宜作庭荫树、风景树及行道树^[9],但关于栾树的化感作用尚鲜见报道。自然条件下,植物的化感物质主要通过经雨水和雾滴等淋溶途径进入土壤影响伴生植物的生长^[10]。该试验以全缘叶栾树为供体,研究其叶片不同浓度水浸提液对黑麦草幼苗生长的化感作用,旨在模拟不同强度降雨条件下栾树对黑麦草的影响,对促进栾树在园林绿化中的广泛利用和科学种植配置具有指导意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试全缘叶栾树(*Koelreuteria bipinnata* Franch. var. *integrifoliola* (Merr.) T. Chen)叶片于2015年10月采自聊城大学校园内,受体植物黑麦草“金石”(*Lolium perenne* ‘Keystoner’)购自万源园林有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 栾树叶片水浸提液的制备 将采集的栾树叶片用蒸馏水洗净,晾干。取栾树叶片100 g,剪成长约2~3 cm、宽约0.5 cm的小段^[11],放入盛有1 000 mL蒸馏水的广口瓶中,并置于BS-1E培养箱中(25℃,100 r·min⁻¹)振荡48 h后,过滤得到100.00 mg·mL⁻¹的浸提液母液,4℃保存备用。将该母液用蒸馏水稀释,分别获得浓度为12.50、25.00、50.00 mg·mL⁻¹的溶液。

1.2.2 黑麦草幼苗培养 采用沙培法,2016年3月8日将黑麦草种子播种在装有细沙的塑料杯中(杯口直径74 mm、杯底直径49 mm、高90 mm),每杯20粒,每2杯为1次重复,重复5次。出苗后(3月16日)开始每杯浇等量1/2 Hoagland 营养液^[12],3月19日开始用5种不同浓度水浸液(0.00、12.50、25.00、50.00、100.00 mg·mL⁻¹)浇灌处理(每隔3 d浇一次,每杯20 mL),期间补充少量营养液以保持沙子湿润。处理6次后取样测定。

1.3 项目测定

1.3.1 生物量测定 每处理分别取125株(每重复25株,重复5次)105℃杀青30 min,70℃烘干至恒重,称干质量。

1.3.2 根系形态参数的测定 每处理取长势一致的幼苗15株,用根系扫描仪EPSON V750对完整的

根系进行扫描,WinRHIZO 2012分析软件测定总根长、根系总表面积、根系平均直径和根系总体积等指标。

1.3.3 幼苗营养元素含量的测定 将烘干称重后的黑麦草幼苗地上部和根分别研碎、过筛(60目),每处理的地上部和地下部干样分别称取0.3 g进行消煮(H₂SO₄-H₂O₂法)。全氮含量测定采用凯氏定氮法,全磷含量测定采用钒钼磺法,全钾含量测定采用火焰光度计法,Cu、Fe、Mn、Zn含量测定采用原子吸收分光光度计法,均重复3次。养分积累量(mg·株⁻¹)=地上部平均干质量×地上含量(%) + 地下部平均干质量×地下含量(%)。

1.4 数据分析

采用Microsoft Excel 2007及SPSS 19.0软件进行数据处理和方差分析。采用Duncan新复极差法^[13]对各测定数据进行多重比较分析(P≤0.05)。

2 结果与分析

2.1 栾树叶片水浸液对黑麦草幼苗生物量的影响

由图1可知,与对照相比,4种不同浓度(12.50、25.00、50.00、100.00 mg·mL⁻¹)栾树叶片水浸提液均降低了黑麦草幼苗干质量,降低幅度分别为14.69%、21.22%、24.36%、33.11%。说明栾树叶片水浸提液对黑麦草幼苗生长有一定化感抑制作用,浓度越高,抑制作用越大。

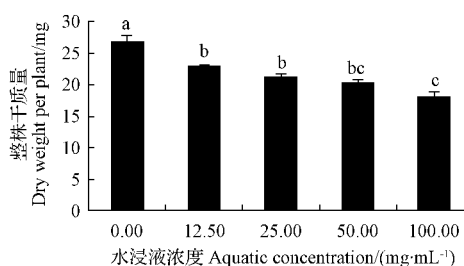


图1 栾树叶片水浸液对黑麦草幼苗干质量的影响

Fig. 1 Effects of aquatic extracts from leaves of *Koelreuteria bipinnata* Franch. var. *integrifoliola* (Merr.) T. Chen on dry weight of *Lolium perenne* seedlings

2.2 栾树叶片水浸液对黑麦草幼苗根系形态参数的影响

从表1可以看出,黑麦草幼苗根系总根长和总表面积均随栾树叶片水浸液浓度的增高而降低,除12.50 mg·mL⁻¹处理外,其它3个浓度(25.00、50.00、100.00 mg·mL⁻¹)处理的总根长和总表面积均显著低于对照,且不同处理间达差异显著水平。栾树叶片水浸提液均显著降低了黑麦草幼苗根系总

体积,100.00 mg·mL⁻¹水浸液处理下降低幅度最大,达到66.67%。50.00、100.00 mg·mL⁻¹栎树叶片水浸提液处理的黑麦草幼苗根平均直径显著高于对照。

表1 栎树叶片水浸液对黑麦草幼苗根系形态参数的影响

Table 1 Effects of aquatic extracts from leaves of *Koeleruteria bipinnata* Franch. var. *integrifoliola* (Merr.) T. Chen on the root morphological parameters of *Lolium perenne* seedlings

浓度 Concentration (mg·mL ⁻¹)	总根长 Total root length/cm	总表面积 Total surface area/cm ²	总体积 Total volume /cm ³	平均直径 Average diameter/mm
0.00	164.24±10.50a	14.85±1.03a	0.12±0.009a	0.30±0.004c
12.50	165.01±10.24a	13.36±0.78a	0.09±0.006b	0.27±0.006d
25.00	131.99±9.95b	10.98±0.85b	0.08±0.007bc	0.27±0.005d
50.00	74.90±6.73c	7.38±0.57c	0.06±0.004cd	0.33±0.009b
100.00	26.67±1.39d	3.80±0.21d	0.04±0.003d	0.46±0.010a

表2 栎树叶片水浸液对黑麦草幼苗不同直径范围内根系长度和根表面积的影响

Table 2 Effect of aquatic extracts from leaves of *Koeleruteria bipinnata* Franch. var. *integrifoliola* (Merr.) T. Chen on root length and root surface area in different diameter range of *Lolium perenne* seedlings

浓度 Concentration (mg·mL ⁻¹)	根直径 Root diameter /mm					
	0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0	>1.0
	根长 Root length /cm					
0.00	90.33±5.39a	48.71±3.68a	17.51±1.10a	5.31±0.71a	1.33±0.29a	0.98±0.31a
12.50	102.03±7.35a	42.18±2.45ab	15.31±1.04ab	3.82±0.48b	1.04±0.16ab	0.56±0.11a
25.00	74.20±5.92b	39.95±3.00b	13.01±1.30bc	3.45±0.47b	0.79±0.11b	0.53±0.10a
50.00	30.92±3.97c	28.44±2.03c	11.28±1.07c	3.06±0.34b	0.70±0.09b	0.49±0.09a
100.00	4.34±0.41d	10.86±0.83d	7.64±0.55d	2.59±0.26b	0.60±0.08b	0.62±0.09a
	根表面积 Root surface area/cm ²					
0.00	3.89±0.22a	4.27±0.32a	2.66±0.17a	1.13±0.15a	0.37±0.08a	0.39±0.13a
12.50	4.21±0.30a	3.72±0.21ab	2.33±0.16ab	0.81±0.10b	0.29±0.04ab	0.21±0.04a
25.00	3.03±0.24b	3.53±0.26b	1.96±0.20bc	0.73±0.10b	0.22±0.03b	0.21±0.04a
50.00	1.35±0.17c	2.52±0.18c	1.71±0.08c	0.65±0.07b	0.19±0.02b	0.19±0.03a
100.00	0.19±0.02d	1.04±0.08d	1.18±0.09d	0.55±0.06b	0.17±0.02b	0.31±0.05a

2.3 栎树叶片水浸液对黑麦草幼苗 N、P、K 养分吸收的影响

从表3可以看出,与对照相比,4种不同浓度(12.50、25.00、50.00、100.00 mg·mL⁻¹)栎树叶片水浸提液均显著降低了黑麦草幼苗地上部N含量,当浸提

该试验将黑麦草幼苗根系的根长和根表面积划分为6个径级,由表2可以看出,5种不同处理均是直径D≤0.6 mm的根长占根系总根长的比例最高(85%~95%),对直径0~0.2 mm的根系根长影响最大,而对直径>1.0 mm的根系长度影响最小。与对照相比,当浸提液浓度≥25.00 mg·mL⁻¹时,显著降低黑麦草幼苗根系不同径级(直径>1.0 mm除外)的根长。

由表2还可知,5种处理均是0~0.4 mm直径范围内的根系表面积占根系总表面积的比例最大,分别为54.95%、59.36%、59.74%、52.44%、32.37%,0.4~0.6 mm范围内次之,0.8~1.0 mm范围内的最小。5种处理相比较,黑麦草幼苗根系不同径级(直径>1.0 mm除外)直径范围内的根表面积,随水浸液浓度的升高均呈减小的趋势,其中直径0~0.2 mm的根系表面积降低幅度最大,0.2~0.4 mm径级的次之。

液浓度≥50.00 mg·mL⁻¹时,显著降低黑麦草幼苗根系N含量。栎树叶片水浸提液处理下,黑麦草地上部和根系的P含量与对照相比差异不显著。与对照相比,4个不同浓度处理均降低地上部K含量,但只有在50.00、100.00 mg·mL⁻¹浓度处理下与对照差异显著。

表3 栎树叶片水浸液对黑麦草幼苗地上部和根系 N、P、K 含量的影响

Table 3 Effect of aquatic extracts from leaves of *Koeleruteria bipinnata* Franch. var. *integrifoliola* (Merr.) T. Chen on shoot and root N, P, K contents of *Lolium perenne* seedlings

浓度 Concentration/(mg·mL ⁻¹)	地上部 Shoot			根系 Root		
	氮 N	磷 P	钾 K	氮 N	磷 P	钾 K
0.00	3.48±0.34a	0.30±0.08abc	3.36±0.01a	1.48±0.03a	0.29±0.05ab	0.96±0.01bc
12.50	2.50±0.09b	0.44±0.09ab	3.16±0.14a	1.06±0.04ab	0.25±0.03b	1.31±0.02b
25.00	2.32±0.03b	0.51±0.06a	3.23±0.03a	1.43±0.05a	0.48±0.12a	1.83±0.04a
50.00	0.96±0.40c	0.20±0.07c	2.66±0.06b	0.73±0.25bc	0.29±0.05ab	1.18±0.27b
100.00	1.55±0.14c	0.27±0.04c	2.24±0.02c	0.53±0.23c	0.42±0.03ab	0.69±0.22c

由表 4 可知,与对照相比,栎树叶片水浸液显著降低黑麦草幼苗的 N 积累量,浓度越高,N 积累量越低;除 25.00 mg·mL⁻¹ 外,栎树叶片水浸液处理的

幼苗 K 积累量均显著低于对照;栎树叶片水浸液处理下,黑麦草幼苗的 P 积累量与对照相比差异不显著。

表 4 栎树叶片水浸液对黑麦草幼苗 N、P、K 积累量的影响

Table 4 Effect of aquatic extracts from leaves of *Koeleruteria bipinnata* Franch. var. *integrifoliola* (Merr.) T. Chen on N, P, K accumulations of *Lolium perenne* seedlings

浓度 Concentration/(mg·mL ⁻¹)	N	P	K
0.00	0.685 9±0.062 2a	0.075 1±0.012 6abc	0.617 6±0.019 3a
12.50	0.431 2±0.006 1b	0.081 0±0.009 1ab	0.542 1±0.010 8b
25.00	0.425 9±0.014 7b	0.104 4±0.006 6a	0.579 3±0.018 2ab
50.00	0.171 2±0.031 8c	0.045 0±0.011 3c	0.410 4±0.023 0c
100.00	0.211 0±0.035 5c	0.053 6±0.006 9bc	0.296 2±0.025 2d

2.4 栎树叶片水浸液对黑麦草幼苗 Cu、Fe、Mn、Zn 养分吸收的影响

表 5 表明,黑麦草幼苗中 Cu、Fe、Mn、Zn 的养分积累量随栎树叶片水浸液浓度的升高基本呈现降低

的趋势。与对照相比,25.00、50.00、100.00 mg·mL⁻¹ 处理的栎树叶片水浸液显著降低了黑麦草幼苗 Fe 积累量,50.00、100.00 mg·mL⁻¹ 的水浸液显著降低 Mn 和 Zn 的积累量。

表 5 栎树叶片水浸液对黑麦草幼苗 Cu、Fe、Mn、Zn 积累量的影响

Table 5 Effect of aquatic extracts from leaves of *Koeleruteria bipinnata* Franch. var. *integrifoliola* (Merr.) T. Chen on Cu, Fe, Mn, Zn accumulations of *Lolium perenne* seedlings

浓度 Concentration/(mg·mL ⁻¹)	Cu	Fe	Mn	Zn
0.00	0.002 0±0.000 1a	0.073 5±0.001 0a	0.015 0±0.000 2a	0.004 9±0.000 5ab
12.50	0.001 8±0.000 2ab	0.067 1±0.002 5a	0.013 3±0.000 3a	0.005 7±0.000 5a
25.00	0.001 2±0.000 1b	0.048 6±0.006 3b	0.012 9±0.000 6a	0.004 0±0.000 7bc
50.00	0.001 4±0.000 2ab	0.038 6±0.002 7b	0.008 0±0.001 2b	0.002 7±0.000 1c
100.00	0.001 2±0.000 2b	0.032 7±0.005 5b	0.005 8±0.002 0b	0.003 1±0.000 0c

3 讨论

根系是植物吸收水分、养分及合成多种生理活性物质的重要器官,直接影响植物地上部冠层的建成、同化物的分配及最终产量的形成^[14]。该研究结果表明,当栎树水浸液浓度大于或等于 25.00 mg·mL⁻¹ 时,与对照相比,黑麦草幼苗干质量、根系总长、总表面积、总体积都受到显著抑制。

根系构型是植物根系生长代谢的结果,决定着植株吸收、运输水分和养分的能力^[15]。植物对营养物质的吸收、运输、利用效率的大小决定着该植物营养水平的高低^[14]。不同直径范围的根系吸收能力存在差别,一般认为细根的吸收能力强于粗根^[16-17]。栎树叶片水浸液对不同径级范围内的根长及表面积影响程度不同,其中对直径 0~0.2 mm 的根系抑制效应最大,0.2~0.4 mm 径级的次之。细根根长和表面积降低,导致根系吸收能力降低进而抑制了黑麦草的生长。该研究发现高浓度栎树叶片水浸液处理明显抑制黑麦草幼苗的 N、K、Cu、Fe、Mn、Zn 的吸收和积累。栎树水浸液浓度为 100.00 mg·mL⁻¹ 时,黑麦草幼苗根系没有侧根,幼根变黑、腐烂,植株

生长缓慢,长势不良,生物量下降,叶片发黄,出现明显的受害症状。

化感作用对受体植物的影响是多方面的,能抑制或延缓种子萌发、影响幼苗正常生长发育。已有研究表明,化感物质首先作用于植物根细胞的细胞膜,通过细胞膜功能的改变进而影响植物的生理生化代谢活动,最终抑制(或促进)植物的生长发育^[18]。该试验中栎树叶片水浸液也是作用于黑麦草幼苗根部,通过影响各项根系形态参数来抑制幼苗对水分和养分的吸收,进而抑制幼苗的生长。该试验只测定了栎树叶片水浸液对黑麦草幼苗生长和养分吸收的影响,其化感作用的生理生化机制有待深入研究,栎树叶片的化感物质也有待分离鉴定。

栎树叶片水浸液对黑麦草幼苗的生长有明显的化感抑制作用,且处理浓度越高,抑制作用越强;黑麦草幼苗根系形态参数中的总根长、根表面积和根系体积随栎树叶片水浸液浓度的升高而减小;栎树叶片的水浸液浓度越高,对黑麦草幼苗 N、K、Cu、Fe、Mn、Zn 养分吸收的抑制作用越强。栎树叶片水浸液主要是通过影响黑麦草幼苗的根系形态参数及养分吸收来抑制幼苗的生长。

参考文献

- [1] RICE E L. Allelopathy[M]. New York: Academic Press Inc, 1984: 1-5.
- [2] 谢星光, 陈晏, 卜元卿, 等. 酚酸类物质的化感作用研究进展[J]. 生态学报, 2014(22): 6417-6428.
- [3] BLUM U, GERIG T M. Relationships between phenolic acid concentrations, transpiration, water utilization, leaf area expansion, and uptake of phenolic acids; nutrient culture studies[J]. Journal of Chemical Ecology, 2005, 31(8): 1907-1932.
- [4] 张岚, 高素萍. 园林植物化感作用研究现状与问题探讨[J]. 浙江林学院学报, 2007, 24(4): 497-503.
- [5] 朱强, 安黎, 邹梦辉, 等. 红叶李水浸液对 4 种草坪植物的化感作用[J]. 浙江农林大学学报, 2014, 31(5): 710-715.
- [6] 李富荣, 何桂银, 周巧劲, 等. 不同生境中桂花叶的化感潜力研究[J]. 广西师范大学学报, 2013, 31(1): 88-93.
- [7] 侯玉平, 柳林, 王信, 等. 外来植物火炬树水浸液对土壤微生物系统的化感作用[J]. 生态学报, 2013, 33(13): 4041-4049.
- [8] 陈洪, 胡庭兴, 王茜, 等. 香樟凋落叶分解物对辣椒生长发育的影响[J]. 西北植物学报, 2014, 34(12): 2525-2534.
- [9] 陈植. 观赏树木学[M]. 增订版. 北京: 中国林业出版社, 1984: 425.
- [10] TUKEY H B J. Leaching of metabolites from above ground plant parts and its implications[J]. Bulletin of Torrey Botanical Club, 1966, 93: 385-401.
- [11] 叶小齐, 吴明, 邵学新, 等. 加拿大一枝黄花水提液对玉米幼苗生长的化感作用及其机理[J]. 草业学报, 2014, 23(6): 217-224.
- [12] HOAGLAND D R, ARNON D I. The water culture method for growing plants without soil[M]. California: California Agriculture Experimental Station, 1950: 32.
- [13] 盖钧镒. 试验统计方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [14] 王永华, 王玉杰, 郭天财, 等. 两种气候年型下不同栽培模式对冬小麦根系时空分布及产量的影响[J]. 中国农业科学, 2012, 45(14): 2826-2837.
- [15] SULLIVAN W M, JIANG Z, HULL R J. Root morphology and its relationship with nitrate uptake in *Kentucky bluegrass*[J]. Crop Science, 2000, 40(3): 765-772.
- [16] 孙曰波. 植物根系形态构型与营养的关系[J]. 潍坊高等职业教育, 2012, 8(1): 46-49.
- [17] 袁继存, 赵德英, 徐锴, 等. 不同矮化中间砧对苹果幼树根系形态及养分质量分数的影响[J]. 西北农业学报, 2016, 25(4): 561-567.
- [18] BOGATEK R, GNIAZDOWSKA A, ZAKRZEWSKA W, et al. Allelopathic effects of sunflower extracts on mustard seed germination and seedling growth[J]. Biologia Plantarum, 2006, 50(1): 156-158.

Allelopathy of *Koelreuteria bipinnata* Franch. var. *integrifoliola* T. Chen Leaf Aqueous Extracts on the Seedling Growth of *Lolium perenne*

ZHANG Xia, CHANG Haina, LI Haiyun

(College of Agriculture, Liaocheng University, Liaocheng, Shandong 252059)

Abstract: *Koelreuteria bipinnata* Franch. var. *integrifoliola* T. Chen leaves were used as test material, the effect of different concentrations (0.00, 12.50, 25.00, 50.00, 100.00 mg · mL⁻¹) leaf aqueous extracts on *Lolium perenne* seedling biomass production, root morphological parameters and nutrient uptake were studied through the greenhouse pot experiment, to discuss the allelopathic effects of *Koelreuteria bipinnata* Franch. var. *integrifoliola* T. Chen leaf aqueous extracts on the *Lolium perenne* seedlings. The results showed that the dry weight of *Lolium perenne* seedlings was remarkably decreased by the *Koelreuteria bipinnata* Franch. var. *integrifoliola* T. Chen leaf aqueous extracts. The root morphology parameters of *Lolium perenne* seedling, total root length, root surface area, root volume, and root length and root surface in different diameter ranges (except root diameter > 1.0 mm) were decreased with the aqueous extracts concentration increasing. The higher concentration of water extractions from *Koelreuteria bipinnata* Franch. var. *integrifoliola* T. Chen leaves, the stronger inhibition on N, K, Cu, Fe, Mn, Zn nutrient absorption of the *Lolium perenne* seedlings. *Koelreuteria bipinnata* Franch. var. *integrifoliola* T. Chen leaf aqueous extracts showed obvious allelopathic inhibition on the growth of *Lolium perenne* seedlings, and the higher concentration was, the higher degree of the repression.

Keywords: *Koelreuteria bipinnata* Franch. var. *integrifoliola* T. Chen; mineral elements; root morphology; allelopathy; *Lolium perenne*