



田荷婷,杨小梅,戴思文,等.紫根水葫芦水浸提液与压榨液对补血草生长发育的影响[J].黑龙江农业科学,2021(9):68-73.

紫根水葫芦水浸提液与压榨液对补血草生长发育的影响

田荷婷,杨小梅,戴思文,王铭凡,尚金程,杨诗琪,岳莉然

(东北林业大学 园林学院,黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:为促进外来入侵种紫根水葫芦的资源化利用,以补血草(*Limonium sinense*)种子为研究对象,采用紫根水葫芦(*Eichhornia crassipes*)的水浸提液与压榨液处理补血草种子,分析不同处理下补血草相关萌发生长指标及化感效应,探索水葫芦提取物对补血草生长发育机制的影响。结果表明:补血草种子的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数随着紫根水葫芦浸提液浓度的升高呈现出先上升后下降的趋势;而其幼根长度随着浓度的升高呈现出下降趋势,浸提液对幼苗期补血草的根长度、地下部分生物量及壮苗指数有明显的抑制作用,而在压榨液处理中,均表现为抑制作用。化感综合效应显示,水浸提液质量浓度为 $37.50 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时对补血草的生长起到促进作用, $50.00 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时为抑制作用,而压榨液对补血草生长为抑制作用。因此,适宜浓度的紫根水葫芦水浸提液有利于补血草整体生长,可以达到水葫芦无害化利用的目的,而压榨液不能直接施用于生长初期的补血草。

关键词:紫根水葫芦;补血草;化感作用;资源化利用

在自然界中,植物通过向周围环境释放自身分泌的化学物质来促进或抑制周围植物生长发育的现象称为化感作用^[1]。多数外来入侵物种对周围植物也存在化感作用,化感作用是外来植物物种入侵的“化学武器”^[2],通过改变土壤理化性质^[3-4],对周围植物产生影响,多数外来植物会对乡土植物产生抑制作用^[5-7],并且化感作用普遍存在于生态系统中,通过化感物质对受体产生化感效应^[8],植物的化感物质可通过浸提法和吸附法得到^[9],为模拟自然条件一般采用蒸馏水提取,因而植物水浸提液及压榨液会含有化感物质,当直接施用于植物时,可产生化感作用。

水葫芦(*Eichhornia crassipes*)系雨久花科(Pontederiaceae)凤眼莲属(*Eichhornia*)多年生水生植物。现已确认水葫芦含有N-苯基-2-萘胺、亚油酸和亚油酸甘油酯等物质,这些物质向环境中释放会影响周围植物的细胞膜透性、光合作用和酶合成等途径,从而影响植物的生长^[10-11],

因而可以取代土著植物群,形成水葫芦单优种群。水葫芦繁殖能力和适应能力强,因而是中国湿地生态系统中最具威胁的入侵物种之一^[12],也是世界上最难治理的水生植物之一^[13]。人们以防治为主,通常采用物理去除、施用除草剂和释放生物控制剂防治治理水葫芦。因此,了解水葫芦的化感效应,研究无害化处理与资源化利用结合的防除技术十分必要。水葫芦仍有其良好的利用价值,水葫芦的综合利用包括作为有机肥^[14]、绿肥^[15-16]、食用^[17]、监测环境污染、利用化感物质抑藻净化水体^[18-19]和生产可再生资源的原料如乙醇^[20]、沼气^[21]等。水葫芦资源的综合利用措施很多,但可应用于实际生产实践的措施极少。因而,如何利用水葫芦进行合理的实际应用是目前急待解决的关键问题。

补血草(*Limonium sinense*)为蓝雪科(Plumbaginaceae)补血草属(*Limonium*)多年生草本。补血草生长能力、适应能力强,多在沿海盐渍化的低洼湿地上生长且东北分布广泛,园林上用作天然干花、鲜切花材料。本研究将水葫芦浸提液与压榨液施用于补血草,探讨紫根水葫芦浸提液及压榨液处理下补血草萌发生长状况及化感效应,分析水葫芦提取物对补血草生长发育机制的影响,以期为评估外来入侵种水葫芦的有效防除和资源化综合利用提供理论依据。

收稿日期:2021-06-04

基金项目:大学生创新创业项目(202010225208);中央高校基本科研业务费专项资金项目(2572014BA22)。

第一作者:田荷婷(2000—),女,在读学士,专业为风景园林。E-mail:1248372695@qq.com。

通信作者:岳莉然(1978—),女,博士,副教授,从事园林植物种质资源的开发与利用研究。E-mail:ms_yueliran@163.com。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2019 年在东北林业大学园林学院植物综合实验室进行。供试紫根水葫芦为浙江金华水葫芦基地培育的无性繁殖苗,补血草种子采购于哈尔滨益农种业公司。

1.2 方法

1.2.1 水浸提液和压榨液的制备 取新鲜叶片 15 g,5%NaClO 溶液消毒 120 s 后,在蒸馏水下冲洗,吸干水分后剪成 3 mm×3 mm 大小,后置 于 300 mL 蒸馏水中,20 ℃、110 r·min⁻¹ 震荡 24 h,制得的粗提液(50 mg·mL⁻¹)在 4 ℃保存备用。使用前取出放至室温,分别稀释为 100%、75%、50%和 25%的水浸提液,以蒸馏水为对照(即 0%)。另取无水渍叶片 197.25 g 榨取 90 mL 汁液,过滤备用。

1.2.2 种子萌发试验 采用培养皿滤纸法,分别加入上述不同浓度的处理液 10 mL,每皿 30 粒消毒种子,3 次重复,置于(25±1)℃培养 7 d,每 24 h 观察记录种子萌发情况,待发芽末期连续 72 h 无萌发时视为发芽结束,7 d 后统计发芽数,计算发芽势、发芽率(GR)、发芽指数(GI)和活力指数。

1.2.3 幼苗生长试验 将补血草种子用上述方法再次消毒处理,置于蛭石塑料盆中(加 500 mL 蒸馏水使蛭石湿润),每盆 60 粒,3 次重复,置于光照培养箱(25±1)℃内培养 7 d,出芽后留取 30 棵生长状况相似的真叶幼苗,加入不同质量浓度处理液 10 mL,培养 7 d 后再次加入处理液 10 mL。7 d 后统计茎粗,株高,根长,地上、地下部干、鲜物质量,壮苗指数和化感效应指数。

发芽势(%)=(日发芽种子数达到高峰期时的发芽种子总数/供试种子总数)×100

发芽率(GR/%)： $GR = [\sum (Gt/N)] \times 100$

发芽指数(GI)： $GI = \sum (Gt/Dt)$

活力指数(VI)： $VI = GI \times S$

式中:Gt 为在 t 日内的发芽数;Dt 为相应的发芽时间;N 为种子总数;S 为种苗伸长量。

壮苗指数=(根冠比+茎粗/株高)×全株干物质量

化感效应指数(RI):参照 Williamson 等的方法^[22],化感效应指数(RI): $RI=1-C/T(T \geq C)$, $RI=T/C-1(T < C)$,式中 C 为对照组测定值,T 为处理组测定值。 $RI>0$ 为促进,RI 绝对值的大小体现化感效应的强度。

1.2.4 数据处理 采用 Excel 2016 进行数据统计,SPSS 22.0 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 紫根水葫芦水浸提液及压榨液对补血草种子萌发的影响

2.1.1 萌发指标 由表 1 可知,补血草种子在不同处理下,各萌发指标随着浓度的升高呈现出先上升后下降的趋势,即各萌发指标在低质量浓度(12.50~25.00 mg·mL⁻¹)时表现为促进生长,高质量浓度(37.50~50.00 mg·mL⁻¹)时表现为抑制生长。在 25.00 mg·mL⁻¹ 时,水浸提液促进作用最强,发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数分别为 44.44%、40.00%、26.03 和 193.84,分别比对照增加了 25%、71%、48%和 17%;发芽势和发芽指数较对照显著增加。在 50.00 mg·mL⁻¹ 时,水浸提液抑制作用最强,发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数分别为 32.22%、21.11%、15.82 和 104.58,分别比对照减少了 9%、9%、10%和 37%。压榨液处理时均为显著抑制,发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数分别为 7.78%、1.11%、1.47 和 2.47,分别比对照减少了 78%、95%、92%和 99%。

表 1 紫根水葫芦的水浸提液及压榨液对补血草种子萌发的影响

处理	浓度/(mg·mL ⁻¹)	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	活力指数
水浸提液	0	35.56±0.02 ab	23.33±0.03 b	17.58±2.84 b	166.31±26.29 ab
	12.50	42.22±0.03 a	38.89±0.02 a	23.09±1.86 ab	187.60±28.55 ab
	25.00	44.44±0.05 a	40.00±0.05 a	26.03±3.52 a	193.84±35.72 a
	37.50	38.89±0.03 ab	34.44±0.04 a	21.81±3.00 ab	149.98±29.92 ab
	50.00	32.22±0.02 b	21.11±0.03 b	15.82±1.35 b	104.58±18.42 b
压榨液	100.00	7.78±0.03 c	1.11±0.01 c	1.47±0.68 c	2.47±0.82 c

注:同列不同字母表示各处理间差异显著(P<0.05),下同。

2.1.2 幼根长 幼根的长度是初生幼苗生长状况好坏的重要体现。由表 2 可知,补血草的幼根长随着紫根水葫芦浸提液质量浓度的升高呈逐渐下降趋势。水浸提液质量浓度为 50.00 mg·mL⁻¹ 时抑制效果最明显,补血草幼根长为 6.51 cm,比对照减少了 31%。压榨液处理对幼根长抑制显著,幼根长为 1.88 cm,比对照减少了 80%。

表 2 紫根水葫芦的水浸提液及压榨液对补血草幼根长的影响

处理	浓度/(mg·mL ⁻¹)	幼根长/mm
水浸提液	0	9.47±0.32 a
	12.50	8.04±0.59 ab
	25.00	7.40±0.64 b
	37.50	6.75±0.63 b
	50.00	6.51±0.58 b
压榨液	100.00	1.88±0.22 c

2.2 紫根水葫芦水浸提液及压榨液对补血草幼苗生长的影响

2.2.1 幼苗株高及根长 由表 3 可知,补血草的根长随着紫根水葫芦浸提液质量浓度的升高大致

呈逐渐下降趋势,但是株高无显著影响。水浸提液质量浓度为 12.50 mg·mL⁻¹ 时对株高起促进作用,株高为 2.35 cm,比对照增加了 4%,*RI* 为 0.04。压榨液处理抑制作用最强,株高为 2.08 cm,比对照减少了 8%,*RI* 为 -0.08。而根长在 12.50、25.00 和 50.00 mg·mL⁻¹ 浓度下,分别为 3.72、3.28 和 3.77 cm,均与对照差异显著,分别比对照减少了 24%、33% 和 23%。压榨液对根长有显著抑制,根长为 3.14 cm,比对照减少了 36%,并且补血草地上部分与地下部分的伸长量抑制作用大小表现为根长>株高。

表 3 紫根水葫芦的水浸提液及压榨液对补血草株高及根长的影响

处理	浓度/(mg·mL ⁻¹)	株高/cm	根长/cm
水浸提液	0	2.25±0.15 ab	4.91±0.51 a
	12.50	2.35±0.07 a	3.72±0.29 b
	25.00	2.20±0.07 ab	3.28±0.07 b
	37.50	2.18±0.04 ab	3.98±0.07 ab
	50.00	2.12±0.04 ab	3.77±0.28 b
压榨液	100.00	2.08±0.03 b	3.14±0.47 b

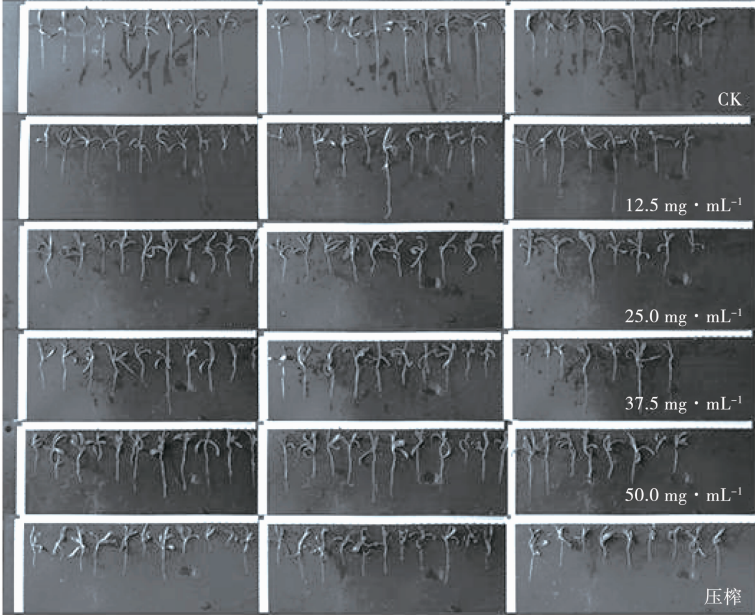


图 1 紫根水葫芦的水浸提液及压榨液处理下补血草的株高及根长表现

2.2.2 幼苗生物量 由表 4 可知,地下部分生物量在不同处理下与对照相比均呈现下降的趋势,而地上部分生物量无显著影响。水浸提液质量浓度为 37.50 mg·mL⁻¹ 对地上部分生物量为最强促进作用,地上部分鲜重、干重分别为 73.69 和

4.17 mg,分别比对照增加了 19% 和 15%;压榨液处理对地上部分生物量表现为抑制作用,地上部分鲜重、干重分别为 56.72 和 2.90 mg,分别比对照减少了 8% 和 20%,其中对地上部分干重抑制作用较对照差异显著。而在 25.00 mg·mL⁻¹

时,水浸提液对地下部分生物量为显著抑制,地下部分鲜重、干重分别为 6.30 和 0.89 mg,分别比对照减少了 30%和 28%。压榨液处理对地下部分生物量表现显著抑制作用,地下部分鲜重、干重分别为 5.38 和 0.67 mg,分别比对照减少了 40%和 46%。

表 4 水葫芦的水浸提液及压榨液对补血草幼苗生物量的影响

处理	浓度/(mg·mL ⁻¹)	地上部分鲜重/mg	地下部分鲜重/mg	地上部分干重/mg	地下部分干重/mg
水浸提液	0	61.75±0.66 ab	8.97±0.80 a	3.63±0.55 ab	1.24±0.04 a
	12.50	61.47±0.50 ab	7.54±0.73 ab	3.61±0.32 ab	0.92±0.03 c
	25.00	64.99±0.43 ab	6.30±0.22 bc	3.07±0.09 b	0.89±0.06 c
	37.50	73.69±0.36 a	8.57±0.32 a	4.17±0.36 a	1.18±0.09 ab
	50.00	66.46±0.09 ab	8.69±0.91 a	3.98±0.16 ab	1.05±0.03 bc
压榨液	100.00	56.72±0.36 b	5.38±0.61 c	2.90±1.87 c	0.67±0.06 d

2.2.3 壮苗指数 衡量幼苗素质时,壮苗指数是重要评价依据,数值越高,幼苗越强健。由表 5 可知,各处理壮苗指数与对照处理相比均呈现下降的趋势。水浸提液浓度为 25.00 mg·mL⁻¹时壮苗指数与对照相比表现为显著抑制,壮苗指数为 9.51×10⁻³,比对照减少了 26%。压榨液处理下壮苗指数与对照相比表现为显著抑制,壮苗指数为 8.29×10⁻³,比对照减少了 36%。

2.3 紫根水葫芦水浸提液及压榨液对补血草化感效应的综合影响

由表 6 可知,补血草种子的相关萌发指标、地上部分鲜重的化感效应指数均随着浸提液浓度升高而降低;幼根长的化感效应指数为负值,且随着浸提液浓度增加而降低,抑制效果变强;而株高在浸提液质量浓度为 25.00~50.00 mg·mL⁻¹时的化感效应指数随质量浓度的升高而逐渐降低;幼

苗根长、幼苗地下部分生物量、壮苗指数的化感效应指数均为负值,表现为低浓度(12.50~25.00 mg·mL⁻¹)浸提液抑制作用较强,高浓度(37.50~50.00 mg·mL⁻¹)浸提液抑制作用较弱;各测量指标的化感效应指数在压榨液处理下均为负值且绝对值最大,即抑制作用最强。

表 5 水葫芦的水浸提液及压榨液对补血草幼苗壮苗指数的影响

处理	浓度/(mg·mL ⁻¹)	壮苗指数
水浸提液	0	1.29×10 ⁻² ±8.33×10 ⁻⁴ a
	12.50	1.08×10 ⁻² ±9.59×10 ⁻⁴ ab
	25.00	9.51×10 ⁻³ ±4.31×10 ⁻⁴ bc
	37.50	1.26×10 ⁻² ±5.21×10 ⁻⁴ a
	50.00	1.27×10 ⁻² ±11.36×10 ⁻⁴ a
压榨液	100.00	8.29×10 ⁻³ ±8.27×10 ⁻⁴ c

表 6 水葫芦的水浸提液及压榨液对补血草的化感效应指数

处理	浓度/(mg·mL ⁻¹)	发芽率	发芽势	发芽指数	活力指数	幼根长	株高	幼苗根长	地上部分鲜重	地下部分鲜重	地上部分干重	地下部分干重	壮苗指数	综合效应
水浸提液	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12.50	0.16	0.40	0.24	0.11	-0.15	0.04	-0.24	0	-0.16	-0.01	-0.26	-0.16	0.12
	25.00	0.20	0.42	0.32	0.14	-0.22	-0.02	-0.33	0.05	-0.30	-0.15	-0.28	-0.26	-0.22
	37.50	0.09	0.32	0.19	-0.10	-0.29	-0.03	-0.19	0.16	-0.04	0.13	-0.05	-0.03	0.46
	50.00	-0.09	-0.10	-0.10	-0.37	-0.31	-0.06	-0.23	0.07	-0.03	0.09	-0.15	-0.02	-0.99
压榨液	100.00	-0.78	-0.95	-0.92	-0.99	-0.80	-0.08	-0.36	-0.08	-0.40	-0.20	-0.46	-0.36	-5.57

3 讨论与结论

研究表明,在被污染的废水或富营养化湖泊中栽种水葫芦后再进行打捞,有利于净化被污染的废水或富营养化湖泊中的营养物质^[23],但是如果水葫芦打捞不及时,死亡后的残体腐烂分解过程中将释放大量的氮、磷等物质,有可能导致水体二次污染^[24],并且水葫芦植株的含水率通常大于

95%,含有中空结构因而体积较大,在运输和应用方面的难点多,严重阻碍了水葫芦的资源化综合利用。因此,大量种植水葫芦后的处理尤为重要,逐渐成为了研究热点,也是政府管控外来物种的引入、遏制已入侵植物恶性蔓延及实现对已入侵植物种的有效防除和科学管理的根据。作为最具威胁性、最难处理的入侵植物,水葫芦繁殖能力

强,易于扩散和取代土著植物群,并在水库、渔业、灌溉和水上作业方面造成严重影响,因此,探寻水葫芦的浸提液、压榨液对常见园林植物的影响具有重要的现实意义,有利于水葫芦的后期处理和利用。

本研究研究表明不同浓度的水葫芦浸提液对补血草不同生长时期的影响存在差异,而压榨液处理下的各项测量指标均表现抑制作用,说明浸取液中的代谢组分含量存在差异而导致补血草生长发育存在差异。补血草种子的相关萌发指标随着紫根水葫芦浸提液质量浓度的升高呈现出先升后降的趋势,在低质量浓度($12.50 \sim 25.00 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)时促进生长,高质量浓度($37.50 \sim 50.00 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)时抑制生长,这与冯慧芳^[25]推测凤眼莲不同浓度发酵沼液对青菜生长表现“低促高抑现象”和吴贤珍等^[26]研究中的水葫芦水提物对茼蒿、萝卜、大白菜幼苗的生长影响中有显著的低浓度促进作用相一致。因此,水葫芦浸提液低浓度施用于园林植物,既有利于水葫芦的资源化利用,也利于植物的生长,不失为一个处理水葫芦的好办法。而补血草种子的幼根长随着水浸提液质量浓度的升高而呈逐渐下降趋势,这可能是由于种子萌发时初生幼苗对化感物质比较敏感因而受到抑制,这与曲同宝等^[27]研究的火炬树水浸提液的浓度对波斯菊有着不同程度的化感效应相一致。

水葫芦浸提液对补血草幼苗根长、地下部分生物量、壮苗指数均表现为负向化感作用,而对株高、地上部分生物量无显著影响,这与周新伟等^[28]研究的水葫芦浸提液的浓度升高,黄瓜、番茄、白菜的苗高也不断增加不一致;而与杨青松等^[29]探讨的凤眼莲花水浸提液浓度越高,黄菖蒲幼苗抑制作用越强相一致,因此推测不同研究产生差异,可能因为供体植物不同组织部位含有的化感物质有所不同,并且化感物质会相互影响,因而会减弱抑制作用,甚至产生促进作用。就地上、地下部分生长量而言,抑制作用大小表现为根长>株高,推测可能因为同一时期紫根水葫芦的自身某种物质作用导致植物本身的地下部分化感作用增强,以上指标多体现抑制生长,说明了水葫芦化感作用比较强,从而造成水葫芦的快速蔓延。

在本试验中紫根水葫芦水浸提液对补血草种子萌发及幼苗生长阶段各指标的化感综合效应指数在水浸提液质量浓度为 $37.50 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时正值

最大,表现为促进作用;而在水浸提液质量浓度为 $50.00 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时为负值且绝对值最大,表现为抑制作用;压榨液处理均为负值,表现为抑制补血草生长。因此,在探寻水葫芦资源合理应用的过程中,应注重化感作用的影响。适宜质量浓度的水葫芦水浸提液有利于补血草萌发生长,同时也对水葫芦进行了合理的利用,而压榨液会抑制补血草生长,因而不能直接施用。试验仅完成了补血草生长初期相关指标的测定,未涉及到植物的整个生长阶段且室内研究模拟自然状况不够,有些试验虽然表明在室内条件下供体植物化感作用明显,能影响受体植物生长发育相关指标,但在自然条件下化感作用会减弱甚至消失,可能因为提取液中很多物质不是化感物质且植物化感作用影响周围受体植物的具体途径并不十分明确^[30-31]。所以今后应研究植物整个生长过程,增加田间试验模拟自然界中化感植物作用机理,并进一步分析和探讨紫根水葫芦的有效防除及资源化利用的更多可能性。

参考文献:

- [1] 柴强,黄高宝.植物化感作用的机理、影响因素及应用潜力[J].西北植物学报,2003(3):509-515.
- [2] DUKE S O, BLAIR A C, DAYAN F E, et al. Is(-)-catechin a novel weapon of spotted knapweed (*Centaurea stoebe*) [J]. Journal of Chemical Ecology, 2009, 35(2):141-153.
- [3] 张明莉,常宏磊,马森.基于 Biolog 技术的外来种意大利苍耳与本地种苍耳根际土壤微生物功能多样性的比较[J].草业学报,2017,26(10):179-187.
- [4] 曲同宝,马文育,杨滕希,等.火炬树根水浸提液对黑心菊土壤微生物碳源利用的影响[J].东北林业大学学报,2019,47(1):56-60.
- [5] 全国明,章家恩,徐华勤,等.入侵植物马缨丹不同部位的化感作用研究[J].中国农学通报,2009,25(12):102-106.
- [6] 董芳慧,刘影,冷家明,等.恶性入侵植物刺苍耳浸出液对油麦菜种子的化感作用研究[J].草业学报,2017,26(2):146-152.
- [7] 刘济明,陈敬忠,孙运刚,等.紫茎泽兰叶水提液对七种乡土植物幼苗生长和叶绿素的化感影响[J].广西植物,2019,39(1):79-86.
- [8] 林娟,殷金玉,杨丙钊,等.植物化感作用研究进展[J].中国农学通报,2007(1):68-72.
- [9] 王安可,毕毓芳,温星,等.植物化感物质的研究现状[J].分子植物育种,2019(17):5829-5835.
- [10] 刘洁生,陈芝兰,杨维东,等.凤眼莲根系丙酮提取物抑制赤潮藻类生长的机制研究[J].环境科学学报,2006(5):815-820.
- [11] 耿小娟,范勇,王晓青,等.水葫芦化感物质 N-苯基-2-萘胺对铜绿微囊藻生长的影响[J].四川大学学报(自然科学版),2009,46(5):1493-1496.

- [12] 王虹扬,黄沈发,何春光,等. 中国湿地生态系统的外来入侵种研究[J]. 湿地科学, 2006(1): 7-12.
- [13] OGWANG J A, MOLO R. Threat of water hyacinth resurgence after a successful biological control program[J]. Bio-control Science and Technology, 2004, 14(6): 623-626.
- [14] 董志德,石亮成,周玲,等. 凤眼莲有机肥料堆制技术研究及肥料应用[J]. 广西农业科学, 2010, 41(11): 1205-1207.
- [15] 徐祖信,高月霞,王晟. 水葫芦资源化处置与综合利用研究评述[J]. 长江流域资源与环境, 2008(2): 201-205.
- [16] 徐在宽. 水葫芦对水质改良效果的研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2000(S1): 116-117.
- [17] ADEYEMI O, OSUBOR C C. Assessment of nutritional quality of water hyacinth leaf protein concentrate [J]. Egyptian Journal of Aquatic Research, 2016, 42 (3): 269-272.
- [18] 刘海琴,邱园园,闻学政,等. 4 种水生植物深度净化村镇生活污水厂尾水效果研究[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(4): 616-626.
- [19] 周庆,王岩,宋伟,等. 凤眼莲净化藻华养殖尾水过程中的潜在病原菌风险 [J]. 江苏农业学报, 2019, 35 (2): 340-345.
- [20] MATHUR S M. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes* [Mart.]solms) Chopper cum Crusher; A solution for lake water environment [J]. Journal of Energy Technologies and Policy, 2013, 3(11): 299-306.
- [21] ASHIRA R, ROSINA N, BUSISWA N, et al. New insights into the metagenomic link between pre-treatment method, addition of an inoculum and biomethane yield during anaerobic digestion of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) [J]. Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 2019, 94(10): 6129.
- [22] WILLIAMSON G B, RICHARDSON D. Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls [J]. Journal of Chemical Ecology, 1988, 14(1): 181.
- [23] CIFUENTES J, BAGANALL L O. Pressing characteristics of water hyacinth [J]. Journal of Aquatic Plant Management, 1976, 14: 71-75.
- [24] 李文杰,姚寰球,陈斌,等. 水葫芦压滤脱水与鲜汁强化除磷工艺[J]. 环境工程学报, 2019, 13(1): 195-203.
- [25] 冯慧芳. 凤眼莲发酵沼液对青菜生长和品质的影响及机理初探[D]. 南京: 南京师范大学, 2011.
- [26] 吴贤珍,戴进用,胡坚,等. 水葫芦水浸液对 4 种受体植物的生物活性的研究[J]. 热带农业工程, 2010, 34(3): 1-5.
- [27] 曲同宝,李怡莹,马文育. 火炬树水浸提液对波斯菊种子萌发和幼苗生长的影响 [J]. 东北林业大学学报, 2017, 45(11): 26-31.
- [28] 周新伟,沈明星,吴进兴,等. 水葫芦水浸提液及压榨液对几种蔬菜幼苗的化感作用 [J]. 江苏农业科学, 2012, 40(2): 123-124.
- [29] 杨青松,赵艳,熊勇,等. 凤眼莲不同部位水浸提液对黄菖蒲种子萌发和幼苗生长的影响 [J]. 种子, 2013, 32(3): 1-4.
- [30] 陈锋,孟永杰,帅海威,等. 植物化感物质对种子萌发的影响及其生态学意义 [J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(1): 36-46.
- [31] POLITYCKA B. Peroxidase activity and lipid peroxidation in roots of cucumber seedlings influenced by derivatives of cinnamic and benzoic acids [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 1996, 18(4): 365-370.

Effects of Aqueous Extract and Press Liquid of *Eichhornia crassipes* on the Growth and Development of *Limonium sinense*

TIAN He-ting, YANG Xiao-mei, DAI Si-wen, WANG Ming-fan, SHANG Jin-cheng, YANG Shi-qi, YUE Li-ran

(College of Landscape Architecture, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: In order to promote the resource utilization of alien invasive species *Eichhornia crassipes*, we investigated the seed of *Limonium sinense* as the research object, using aqueous extract and press liquid of *Eichhornia crassipes* to treat the seeds of *Limonium sinense*. Related germination and growth indicator index of *Limonium sinense* were analyzed, in order to explore the effect of *Eichhornia crassipes* extract on the growth and development mechanism of *Limonium sinense*. The results showed that the germination percentage, germination potential, germination index, and vigor index increased first and then decreased with the increase of extract concentration, while the young root length showed a downward trend. The aqueous extract of *Eichhornia crassipes* had obvious inhibitory effect on the root length, underground biomass and seedling index of the seedling stage. however, in terms of press liquid, both showed inhibition comprehensive effect of allelopathic effect showed that the concentration of aqueous extract was $37.50 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, which promoted the growth of *Limonium sinense*, inhibited at $50.00 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, while *Limonium sinense* was restrained on treated by press liquid extracts. Therefore, the suitable concentration of aqueous extract of *Eichhornia crassipes* was beneficial to the overall growth of *Limonium sinense*, to achieve the purpose of the harmless utilization of *Eichhornia crassipes*, and the pressing liquid could not be directly applied to the early growth of *Limonium sinense*.

Keywords: *Eichhornia crassipes*; *Limonium sinense*; allelopathy; resource utilization