

DOI: 10.5846/stxb201306091493

周兵, 闫小红, 肖宜安, 王宁, 旷志强. 不同生境下入侵植物胜红蓟种群构件生物量分配特性. 生态学报, 2015, 35(8): 2602-2608.

Zhou B, Yan X H, Xiao Y A, Wang N, Kuang Z Q. Module biomass of *Ageratum conyzoides* populations in different habitats. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(8): 2602-2608.

不同生境下入侵植物胜红蓟种群构件生物量分配特性

周 兵^{1,*}, 闫小红^{1,2}, 肖宜安¹, 王 宁¹, 旷志强¹

¹ 井冈山大学生命科学学院, 吉安 343009

² 南京林业大学森林资源与环境学院, 南京 210037

摘要:为探究入侵植物胜红蓟在种群构件水平上的生长特性,以更好地了解其整体的生存策略和入侵性,通过测定胜红蓟各构件的生物量、各构件生物量相关性、繁殖构件/营养构件比和根冠比,对 I 房前屋后、II 菜园地、III 桔园和 IV 路边 4 种不同生境下的胜红蓟种群构件的生物量分配进行了分析研究。结果表明:不同生境下胜红蓟种群各构件的生物量既存在差异,又存在相同的趋势,即:茎生物量>叶生物量>根生物量>花果生物量;生境 II 胜红蓟总生物量、茎、叶和花果生物量均最大,生境 IV 的均最小,两者之间均存在显著差异($P < 0.05$);不同生境中胜红蓟种群的根、茎、叶、花果生物量分配与其各构件生物量大小顺序并不一致,前者各生境间的差异小于后者各生境间的差异;4 种生境下繁殖构件与营养构件生物量比大小顺序依次为 IV>III>II>I,其值分别为 0.069、0.061、0.050 和 0.042,根冠比大小顺序依次为 III>I>IV>II,其值分别为 0.211、0.179、0.154 和 0.090;胜红蓟植株株高与各构件及各构件之间存在极显著正相关($P < 0.01$),株高与各构件的相关性中,株高与茎生物量的相关性最强,相关系数为 0.525,各构件的相关性中,茎生物量与叶和花果生物量的相关性较强,其相关系数均大于 0.900。胜红蓟种群在不同生境下各构件的生物量、繁殖构件/营养构件比和根冠比表现出的差异显示了其较强的表型可塑性和对异质环境的适应性,可能增强了其入侵性。不同生境下胜红蓟种群各构件生物量相同的趋势及生物量分配比间相对较小的差异显示了胜红蓟种群构件生物量分配模式的相对稳定性。胜红蓟种群各构件间的极显著相关性显示了其整体性的生存策略。

关键词:生境;胜红蓟;种群构件;生物量分配;入侵性

Module biomass of *Ageratum conyzoides* populations in different habitats

ZHOU Bing^{1,*}, YAN Xiaohong^{1,2}, XIAO Yi'an¹, WANG Ning¹, KUANG Zhiqiang¹

¹ School of Life Sciences, Jinggangshan University, Ji'an 343009, China

² College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China

Abstract: In order to investigate the growth characteristics of invasive plant *Ageratum conyzoides* at the level of population module, and understand its survival strategies and invasiveness, the module biomass, the correlation among module biomass as well as, the ratios of reproductive module biomass/nutritional module biomass and of root/shoot were measured to determine its module biomass allocation in four different habitats (i.e. I front or behind house, II vegetable farm, III orange orchard and IV roadside). The results showed that, the module biomass of *A. conyzoides* in different habitats was different but it had same tendency, i.e. stem>leaf >root>flower and fruit. The total biomass and the biomass of stem, leaf, flower and fruit in habitat II were the highest, the lowest in habitat IV, and there were significant differences between these two habitats ($P < 0.05$). The subsequence of module biomass allocation was inconsistent with that of module biomass in different habitats, and the differences for the former were less than those for the later. The ratios of reproductive module biomass/nutritional module biomass in four habitats followed as the subsequence of IV>III>II>I, with the values of

基金项目:国家自然科学基金(31240015);江西省自然科学基金(20114BAB214011);江西省高等学校科技落地计划项目(KJLD12079);江西省教育厅科技项目(GJJ11717)

收稿日期:2013-06-09; **网络出版日期:**2014-05-16

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhoubing113@126.com

0.069, 0.061, 0.050 and 0.042 respectively, the root/shoot ratios followed as the subsequence of III > I > IV > II, with the values of 0.211, 0.179, 0.154 and 0.090 respectively. There were highly significant positive correlation between plant height and module biomass, among biomass of different modules of *A. conyzoides* ($P < 0.01$). For the correlation between plant height and module biomass, the correlation between plant height and stem biomass was the strongest with the correlation coefficient of 0.525; for the correlation among biomass of different modules, the correlation coefficient between stem biomass and leaf, flower and fruit biomass was above 0.900. The differences of module biomass, ratios of reproductive module biomass/nutritional module biomass and root/shoot of *A. conyzoides* in different habitats suggested its strong phenotype plasticity and adaptability to heterogeneous habitats, which may enhance its invasiveness. The same trends and relatively lower differences among module biomass of *A. conyzoides* in different habitats indicated the relative stability of biomass allocation patterns. The highly significant correlation among the modules of *A. conyzoides* population showed its integrity strategy of survival.

Key Words: habitats; *Ageratum conyzoides*; population module; biomass allocation; invasiveness

外来入侵植物常常占据多样化的生境,具有较强的适应性、繁殖力和散布力、种间竞争与抑制力等^[1-4]。表型可塑性增强了生物对变化环境的适应能力,使得其具有更宽的生态幅和更好的耐受性,从而占据更广阔的地理范围和更加多样化的生境^[5]。由于表型可塑性与适应性的密切联系,表型可塑性成为某些入侵物种的重要特征之一^[6]。然而,不同物种之间,同一物种的不同种群之间,表型可塑性存在差异^[7-9]。与本地植物和非入侵植物相比,入侵植物常具有更强的表型可塑性^[10-11],但也有研究显示了不同的结果^[12]。表型可塑性对环境的反应可表现为形态、生理以及进化方面的特征,而入侵植物由于环境变化而产生的形态和生理学适应性特征可能是其成功入侵的关键^[13]。种群构件生物量作为植物表型可塑性的主要表现形式之一,既反映了植物种群对环境的适应能力和生长发育规律,也反映了环境对植物种群的影响程度^[14]。近年来,许多学者将种群构件理论引入到入侵植物的表型可塑性研究,在探索入侵植物入侵性及入侵机理方面发挥了重要作用^[15-17]。

胜红蓟(*Ageratum conyzoides* L.)别名藿香蓟、咸虾花、白花草、胜红药等,是菊科(Asteraceae)藿香蓟属(*Ageratum* sp.)一年生草本植物。原产中南美洲、墨西哥一带,自19世纪通过人工引种进入中国之后,迅速扩散,现广泛分布于我国长江流域及以南地区。在低山、丘陵及平原地带的农田、路旁、荒地、桔园、茶园等普遍生长^[18]。由于其较强的化感效应^[19-21]、光竞争能力^[22]和种子繁殖能力^[23]等特性,胜红蓟具有较强的入侵性,在入侵地常形成优势群落,抑制其它植物的生长,严重降低了入侵地生态系统的生物多样性^[24]。同时,胜红蓟还是多种作物病害的寄主^[25-26],为病害的发生提供了条件。因此,研究其生物学特性,揭示其入侵机制,探讨其防控和利用技术成为当前胜红蓟研究的关键和热点问题。

目前,针对胜红蓟的研究主要集中在其化感作用^[19-21, 27]、对土壤理化性状的影响^[28]、对农药与重金属的富集作用^[29-31]、化学成分及其生物活性^[32-36]等方面,而针对其生物学特性及防治方面的研究相对较少^[37],胜红蓟种群构件生物量分配特性以及这些特性与其入侵性存在什么样的关系,还不清楚。胜红蓟可入侵多种生境^[18],因而其可能具有较强的表型可塑性和环境适应性,但需要进行验证。为此,本文通过研究不同生境下胜红蓟种群构件的生物量分配特性,并探讨生物量分配特性与其入侵性的关系,为揭示胜红蓟的入侵机制,预防其继续扩散,减少其危害提供理论基础。本文主要检验下面几个问题:1)胜红蓟种群构件生物量分配是否存在较强的表型可塑性;2)较强的表型可塑性是否提高了胜红蓟的环境适应性,从而增强了其入侵性;3)胜红蓟种群各构件间是否存在显著的相关性,从而体现其整体生存策略。

1 研究地区与研究方法

1.1 样地概况

研究区设在江西省吉安市,该地属赣江中游,罗霄山脉中段,25°58'32"—27°57'50" N, 113°46'—115°56'

E。属亚热带季风湿润性气候,气候温和、光照充足、雨量充沛,年平均气温为 17.1—18.6 ℃,年平均降水量为 1487 mm。具有四季分明、雨热同季、无霜期长等气候特点。

1.2 研究方法

1.2.1 取样

2012 年 9 月至 10 月期间,在全面踏查的基础上,于胜红蓟花果期,分别选择房前屋后、菜园地、桔园、路边 4 个生境,生境情况见表 1。每个生境取 5 个面积为 1 m × 1 m 的样方,样方间距不小于 5 m,调查每个样方内胜红蓟种群个体数量,在每个样方中随机采集 10 株完整的胜红蓟。用小锄头和小尖铲等工具挖掘整个植株,尽量保护其整株的完整性。测量每株个体的高度,将植株根系全部挖出,一起带回实验室,用水浸泡去掉根部泥土,冲洗干净后将植株的根、茎、叶、花果等器官分离,分别装袋,在 70 ℃ 下烘干至恒重,用电子天平逐株逐项称重。

表 1 4 个不同生境的环境状况

Table 1 Conditions of four different habitats

生境类别 Habitat type	环境状况 Environmental conditions	主要伴生植物 Major associated plants	土壤理化性质 Physical and chemical properties of the soil						
			pH	阳离子交换量 Cation exchange capacity/ (cmol/kg)	含水量 Water content/%	有机质 Organic matter/ (g/kg)	N/ (mg/kg)	P/ (mg/kg)	K/ (mg/kg)
I 房前屋后 I front or behind house	水渠旁,黑土,杂草 少,潮湿阴凉,光照 一般	风轮菜(<i>Clinopodium chinense</i>),美洲商陆 (<i>Phytolacca americana</i>)	7.28	27.99	2.87	23.10	105.40	26.58	58.99
II 菜园地 II vegetable farm	黑土,已荒废一段时 间,生有较多杂草, 光照充足	马唐(<i>Digitaria sanguinalis</i>),香附子 (<i>Cyperus rotundus</i>), 荔枝草(<i>Salvia plebeia</i>)	6.57	59.88	1.95	29.40	126.66	37.24	44.52
III 桔园 III orange orchard	小山丘上,黄土,杂 草较少,光照充足	马唐(<i>Digitaria sanguinalis</i>)	6.96	42.00	1.75	20.47	100.52	22.80	36.45
IV 路边 IV roadside	村庄小路,黄土,多 杂草,光照充足	狗牙根(<i>Cynodon dactylon</i>),空心莲子 草(<i>Alternanthera philoxeroides</i>),艾蒿 (<i>Artemisia argyi</i>), 鸡眼草 (<i>Kummerowia striata</i>)	7.35	61.94	1.09	1.22	62.26	20.68	55.43

测定 pH 水土比为 5:1

1.2.2 数据处理

采用 Excel 软件进行数据处理,并运用 SPSS 19.0 统计软件进行单因素方差分析,采用 Duncan 检验法进行差异显著性分析,采用 Pearson 相关性检验法分析胜红蓟种群各构件间的相关性。

2 结果与分析

2.1 不同生境下胜红蓟种群构件的生物量

表 2 显示了不同生境下胜红蓟种群构件的生物量。可见,不同生境下,各构件生物量存在较大差异。生境 II 菜园地的胜红蓟单株总生物量最大,为 10.86 g,次之为生境 I 房前屋后,但两者之间没有显著差异,生境 II 显著高于生境 III 桔园(6.50 g)和 IV 路边(1.92 g),最小生境 IV 的总生物量仅为最高生境 II 生物量的

17.68%。生境 I 的根生物量最大(1.17 g)显著高于其它 3 个生境($P < 0.05$),生境 IV 的最小(0.25 g),仅为生境 I 的 21.37%。生境 II 的茎、叶和花果生物量均最大(分别为 5.61、3.79、0.71 g),生境 IV 的均最小(分别为 0.78、0.75、0.14 g),两者之间均存在显著差异($P < 0.05$)。

表 2 不同生境下胜红蓟种群构件的生物量

Table 2 Module biomass of *Ageratum conyzoides* populations in different habitats

生境 Habitat	根生物量 Root biomass/g	茎生物量 Stem biomass/g	叶生物量 Leaf biomass/g	花果生物量 Flower and fruit biomass/g	总生物量 Total biomass
I 房前后 I front or behind house	1.17±0.12a	3.74±0.48b	3.21±0.36ab	0.44±0.10a	8.55±1.02ab
II 菜园地 II vegetable farm	0.75±0.08b	5.61±0.72a	3.79±0.39a	0.71±0.13a	10.86±1.28a
III 桔园 III orange orchard	0.89±0.11b	2.63±0.49b	2.49±0.40b	0.49±0.10a	6.50±1.09b
IV 路边 IV roadside	0.25±0.03c	0.78±0.07c	0.75±0.07c	0.14±0.02b	1.92±0.17c

表中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

2.2 不同生境下胜红蓟种群构件的生物量分配比

不同生境下胜红蓟种群构件的生物量分配比见表 3。可见,不同生境下胜红蓟种群各构件生物量分配间存在一定差异。生境 III 桔园胜红蓟种群构件根和叶生物量分配、生境 II 菜园地的茎生物量分配及生境 IV 路边的花果生物量分配最大,分别为 17.19%、41.77%、49.01% 和 6.20%;而生境 II 胜红蓟种群构件根和叶生物量分配、生境 III 的茎生物量分配及生境 I 房前屋后的花果生物量分配最小,分别为 8.09%、38.25%、35.31% 和 3.91%,且最大值与最小值之间存在显著差异($P < 0.05$)。

表 3 不同生境下胜红蓟种群构件的生物量分配比

Table 3 Module biomass allocation of *Ageratum conyzoides* populations in different habitats

生境 Habitat	根生物量分配 Allocation of root biomass/%	茎生物量分配 Allocation of stem biomass/%	叶生物量分配 Allocation of leaf biomass/%	花果生物量分配 Allocation of flower and fruit biomass/%
I 房前后 I front or behind house	14.95±0.61b	42.19±0.83b	38.96±0.82ab	3.91±0.05b
II 菜园地 II vegetable farm	8.09±0.05d	49.01±1.25a	38.25±1.09b	4.66±0.47ab
III 桔园 III orange orchard	17.19±0.64a	35.51±0.94a	41.77±0.98a	5.54±0.60ab
IV 路边 IV roadside	13.10±0.70c	41.83±1.59b	38.87±1.32ab	6.20±0.70a

2.3 不同生境下胜红蓟种群繁殖营养构件生物量比

图 1 显示了不同生境下胜红蓟种群繁殖构件与营养构件生物量比。可见,4 种生境下该比值间存在一定差异,但仅生境 I 房前屋后和生境 IV 路边之间存在显著差异($P < 0.05$)。4 种生境下的繁殖构件与营养构件生物量比大小顺序依次为 IV>III>II>I,其值分别为 0.069、0.061、0.050 和 0.042。

2.4 不同生境下胜红蓟种群的根冠比

不同生境下胜红蓟种群根冠比见图 2。可见,不同生境间胜红蓟种群根冠比存在显著差异($P < 0.05$)。生境 III 桔园胜红蓟种群根冠比最大,之后依次为生境 I 房前屋后、生境 IV 路边和生境 II 菜园地,其值分别为 0.211、0.179、0.154 和 0.090,最大值是最小值的 2.344 倍。

2.5 胜红蓟种群各构件生物量的相关性

表 4 显示了胜红蓟种群各构件生物量间的相关性。植株高度与根、茎、叶、花果和总生物量间存在极显著正相关($P < 0.01$),且与茎生物量的相关系数最大,为 0.525。根生物量与茎、叶、花果、总生物量以及株高间存在极显著正相关($P < 0.01$),且与叶生物量的相关系数最大,与株高的相关系数最小,分别为 0.876 和 0.183。茎生物量与其它构件生物量间也存在极显著正相关($P < 0.01$),且茎生物量与叶、花果和总生物量间相关系数较大,均大于 0.900。叶生物量与其它构件生物量、花果生物量与其它构件生物量间均存在极显著正

相关($P < 0.01$),且叶、花果生物量与总生物量间的相关系数均大于 0.980。

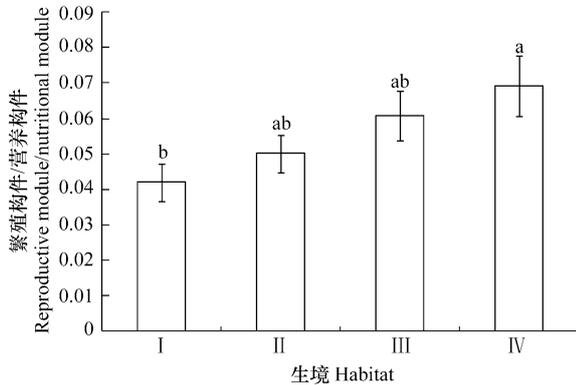


图1 不同生境下胜红蓟种群繁殖构件/营养构件生物量比

Fig.1 The ratio of reproductive module biomass to nutritional module biomass of *Ageratum conyzoides* populations in different habitats

I:房前屋后; II菜园地; III桔园; IV路边,不同的小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

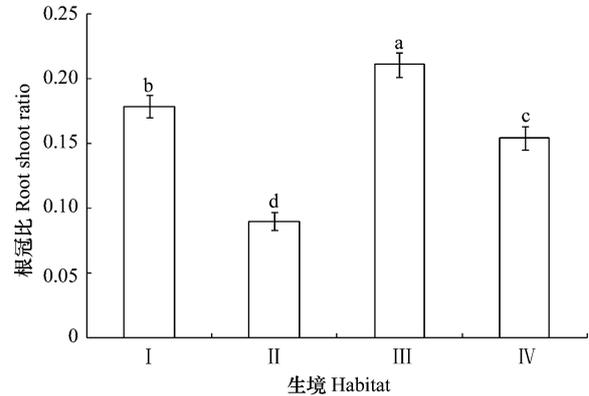


图2 不同生境下胜红蓟种群的根冠比

Fig.2 The root/shoot ratio of *Ageratum conyzoides* populations in different habitats

表4 胜红蓟种群各构件生物量的相关性

Table 4 Correlation among module biomass of *Ageratum conyzoides* populations

构件 Module	株高 Plant height	根生物量 Root biomass	茎生物量 Stem biomass	叶生物量 Leaf biomass	花果生物量 Flower and fruit biomass	总生物量 Total biomass
株高 Plant height	1	0.183 **	0.525 **	0.427 **	0.367 **	0.464 **
根生物量 Root biomass		1	0.766 **	0.876 **	0.691 **	0.846 **
茎生物量 Stem biomass			1	0.943 **	0.900 **	0.986 **
叶生物量 Leaf biomass				1	0.847 **	0.982 **
花果生物量 Flower and fruit biomass					1	0.904 **
总生物量 Total biomass						1

** 表示极显著相关($P < 0.01$)

3 讨论

植物在不同器官中的生物量分配不是固定的,常因光照、温度、水分、营养及生物等环境条件的变化而存在差异^[38]。多年生草本植物 *Convolvulus demissus* 在取食胁迫下,其对茎的生物量分配更多,而在干旱胁迫下,其对根的生物量分配更多^[39]。在6%—80%的透光率范围内,欧洲山毛榉(*Fagus sylvatica*)地上部生物量生产为1.7—261.0 g^[40]。不同土壤环境条件下,地枫皮(*Illicium difengpi*)幼苗生物量分配存在差异,低养分水平(火烧土有机质含量仅为1.05%)时,根生物量比和根/冠比增大,高养分水平(石灰土有机质含量高达40.4%)时,叶生物量比增加^[41]。不同生境下胜红蓟种群各构件生物量存在差异,菜园地胜红蓟总生物量、茎、叶和花果生物量均最大,路边的均最小,两者之间均存在显著差异,前者是后者的5.66、7.19、5.05和5.07倍,这可能与相应生境内土壤肥力水平有关,因经常耕作菜园地常具有较高的肥力,其有机质含量高达29.40 g/kg,这将有利于植物中物质的积累和植株的生长,而路边土壤有机质含量仅为1.22 g/kg,很难为植物的生长提供充足的养分。这种不同生境下所表现出的构件生物量差异显示了胜红蓟较强的表型可塑性和对异质环境的适应性,从而在一定程度上增强了其入侵能力。而各构件的生物量分配比虽然存在差异,但小于相对应的生物量差异,除根生物量分配比外,不同生境下茎、叶和花果生物量分配比的最大值对最小值的倍数均小于1.5倍,且不同生境下各构件生物量均表现为茎>叶>根>花果,这些特性均显示了胜红蓟各构件间生物量分配模式的相对稳定性。

不同生境条件下,胜红蓟繁殖器官的生物量分配比为 3.91%—6.20%,繁殖构件与营养构件生物量比为 0.042—0.069,表明胜红蓟在繁殖构件的生物量分配相对较少。显著低于同为菊科的入侵植物钻形紫菀 (*Aster subulotus*) (23.8%)^[16] 和大狼把草 (*Bidens frondosa*) (22.68%)^[17] 在繁殖构件的生物量分配。胜红蓟在有机质含量相对较低时(路边),繁殖构件与营养构件生物量比却相对较大,在繁殖构件中分配比例相对较高(6.20%)。虽然胜红蓟在花序上的生物量分配比例较低,但胜红蓟种子细小,千粒重仅约 0.12 g^[42],因此其种子产量非常大。且胜红蓟种子萌发率极高,其室内种子萌发率高达 97.6%^[23]。同时,胜红蓟虽然以有性繁殖为主,其还具有较强的营养繁殖特性,在节上可产生不定根,扦插也能生根成活^[37]。这些特性显示了胜红蓟强大的后代繁殖能力,这为其在更广阔的生境中扩散创造了条件。

植物体地上生物量和地下生物量之间的相关性深刻影响到植物个体生长情况^[43],而根冠比是生物量在地下-地上之间分配的直接体现^[44]。胜红蓟在不同生境条件下根冠比存在显著差异,桔园中的根冠比最大,菜园地的根冠比最小,前者是后者的 2.34 倍。桔园的土壤相对干旱,为了获得生长所需要的水分和无机营养,加强根系的生长是最有效的策略之一。干旱环境下,植物的根冠比增加在草本植物 *Convolvulus demissus*^[39]、木本植物麻疯树 *Jatropha curcas*^[45]、入侵植物 *Berberis darwinii*^[46] 和荒漠植物涩芥 (*Malcolmia africana*) 与角果藜 (*Ceratocarpus arenarius*)^[47] 等植物的生物量分配特性方面得到验证。

相关性检验表明,胜红蓟种群各构件生物量间以及各构件生物量与株高间存在极显著正相关。在资源受限的生境中,株高和各构件生物量间的关系对植物生长调节尤为重要^[48]。胜红蓟株高与茎生物量的相关性最强,相关系数为 0.525。入侵植物钻形紫菀^[16]、大狼把草^[17] 和小花山桃草 (*Gaura parviflora*)^[49] 均表现出类似的相关性。在胜红蓟根、茎、叶及花果生物量相关性方面,茎生物量与叶、花果生物量的相关性较强,相关系数均大于 0.900。虽然在入侵植物钻形紫菀^[16]、大狼把草^[17] 和小花山桃草 (*Gaura parviflora*)^[49] 中各构件间也存在显著相关性,但这些入侵植物各构件间的相关性并未表现出一定的规律,这可能与植物的生物学特性及所处生境的异质性有关。

综上所述,胜红蓟种群各构件生物量、繁殖构件/营养构件及根冠比在不同生境下的差异,显示了其相对较强的表型可塑性和环境适应性,这将可能增强了该入侵植物的入侵性。胜红蓟不同生境下各构件生物量表现出的相同大小顺序及相对较小的生物量分配差异显示了该植物生物量分配模式的相对稳定性。胜红蓟各构件间的极显著相关性显示了各构件间的紧密联系及其整体性的生存策略。

参考文献 (References):

- [1] Mack R N, Simberloff D, Lonsdale W M, Evans H, Clout M, Bazzaz F A. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, 2000, 10(3): 689-710.
- [2] 万方浩, 郑小波, 郭建英. 重要农林外来入侵物种的生物学与控制. 北京: 科学出版社, 2005: 5-54.
- [3] Pyšek P, Richardson D M. Traits associated with invasiveness in alien plants: Where do we stand? // Nentwig W, ed. *Biological Invasions*, Section II. Berlin: Verlag-Springer, 2007: 97-125.
- [4] Prentis P J, Wilson J R U, Dormontt E E, Richardson D M, Lowe A J. Adaptive evolution in invasive species. *Trends in Plant Science*, 2008, 13(6): 288-294.
- [5] Sultan S E. Phenotypic plasticity and plant adaptation. *Acta Botanica Neerlandica*, 1995, 44(4): 363-383.
- [6] Baker H G. The evolution of weeds. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1974, 5(1): 1-24.
- [7] Pigliucci M, Murren C J, Schlichting C D. Phenotypic plasticity and evolution by genetic assimilation. *Journal of Experimental Biology*, 2006, 209(12): 2362-2367.
- [8] Vilela A, González-Paleo L, Rondanini D, Ravetta D. Biomass allocation patterns and reproductive output of four *Oenothera* L. accessions native to Argentina. *Industrial Crops and Products*, 2008, 27(3): 249-256.
- [9] Xu B C, Xu W Z, Huang J, Shan L, Li F M. Biomass allocation, relative competitive ability and water use efficiency of two dominant species in semiarid Loess Plateau under water stress. *Plant Science*, 2011, 181(6): 644-651.
- [10] Richards C L, Oliver B, Muth N Z, Gurevitch J, Pigliucci M. Jack of all trades, master of some? On the role of phenotypic plasticity in plant invasions. *Ecology Letters*, 2006, 9(8): 981-993.
- [11] Davidson A M, Jennions M, Nicotra A B. Do invasive species show higher phenotypic plasticity than native species and, if so, is it adaptive? A meta analysis. *Ecology Letters*, 2011, 14(4): 419-431.
- [12] Palacio-López K, Gianoli E. Invasive plants do not display greater phenotypic plasticity than their native or non invasive counterparts: a meta analysis. *Oikos*, 2011, 120(9): 1393-1401.

- [13] 宫伟娜, 万方浩, 谢丙炎, 郭建英. 表型可塑性与外来入侵植物的适应性. 植物保护, 2009, 35(4): 1-7.
- [14] 王伯荪, 李鸣光, 彭少麟. 植物种群生态学. 广州: 广东高等教育出版社, 1995: 8-27.
- [15] Feng Y L, Wang J F, Sang W G. Biomass allocation, morphology and photosynthesis of invasive and noninvasive exotic species grown at four irradiance levels. Acta Oecologica, 2007, 31(1): 40-47.
- [16] 潘玉梅, 唐赛春, 岑艳喜, 蒲高忠, 韦春强, 陈秋霞. 钻形紫菀开花期种群构件的生物量分配. 热带亚热带植物学报, 2010, 18(2): 176-181.
- [17] 周兵, 闫小红, 肖宜安, 余亚辰, 曾建军, 胡雪华. 外来入侵植物大狼把草种群构件生物量结构研究. 广西植物, 2012, 32(5): 650-655.
- [18] 徐海根, 强胜. 中国外来入侵物种编目. 北京: 中国环境科学出版社, 2004: 132-133.
- [19] 孔垂华, 黄寿山, 胡飞. 胜红蓼化感作用研究 V. 挥发油对真菌、昆虫和植物的生物活性及其化学成分. 生态学报, 2001, 21(4): 584-587.
- [20] Kong C H, Hu F, Xu X H. Allelopathic potential and chemical constituents of volatiles from *Ageratum conyzoides* under stress. Journal of Chemical Ecology, 2002, 28(6): 1173-1182.
- [21] Kong C H. Ecological pest management and control by using allelopathic weeds (*Ageratum conyzoides*, *Ambrosia trifida*, and *Lantana camara*) and their allelochemicals in China. Weed Biology and Management, 2010, 10(2): 73-80.
- [22] Banyikwa F F, Rulangorang Z K. Growth analysis of ground-nut (*Arachis bypogea*) in competition with *Ageratum conyzoides*. Turrialba, 1985, 35(3): 215-219.
- [23] 郝建华, 吴海荣, 强胜. 部分菊科入侵种种子(瘦果)的萌发能力和幼苗建群特性. 生态环境学报, 2009, 18(5): 1851-1856.
- [24] Dogra K S, Kohli R K, Sood S K, Dobhal P K. Impact of *Ageratum conyzoides* L. on the diversity and composition of vegetation in the Shivalik hills of Himachal Pradesh (Northwestern Himalaya), India. International Journal of Biodiversity and Conservation, 2009, 1(4): 135-145.
- [25] Kashina B D, Mabagala R S, Mpunami A A. First report of *Ageratum conyzoides* L. and *Sida acuta* Burm F. as new weed hosts of tomato yellow leaf curl-Tanzania virus. Plant Protection Science, 2003, 39(1): 18-22.
- [26] 王向阳. 广西胜红蓼黄脉病样中发现多种菜豆金色花叶病毒属的病毒. 植物病理学报, 2007, 37(6): 679-682.
- [27] 江贵波, 洪丹凤, 陈少雄, 黄丹莹, 詹伟宏, 林凯城. 入侵物种胜红蓼挥发物和渣液对蔬菜的化感作用. 新疆农业大学学报, 2012, 35(3): 196-199.
- [28] 张桂花, 文少白, 李光义, 李勤奋. 不同生育期的胜红蓼对土壤理化性状的影响. 热带作物学报, 2010, 31(7): 1206-1211.
- [29] 王长方, 胡进锋, 王俊, 游泳, 陈峰, 陈翔. 柑桔园中胜红蓼对三氯杀螨醇的富集. 农业环境科学学报, 2007, 26(6): 2334-2338.
- [30] 刘碧英, 潘远智, 赵杨迪, 蔡蕾, 候艳, 杨慧, 张建芳. Pb 胁迫对藜香蓼 (*Ageratum conyzoides*) 营养积累与分配的影响. 农业环境科学学报, 2011, 30(3): 435-442.
- [31] 杨期和, 何彦君, 李姣清, 刘惠娜, 涂常青, 刘德良, 叶万辉. 煤矸石废弃地中胜红蓼的重金属富集研究. 生态环境学报, 2012, 21(10): 1749-1755.
- [32] 刘光华, 曾玲, 梁广文, 黄赟, 曾春燕. 胜红蓼提取物对拟澳洲赤眼蜂的影响. 广东农业科学, 2007, 43(6): 57-59.
- [33] Moreira M D, Picango M C, Barbosa L C A, Guedes R N, Barros E C, Campos M R. Compounds from *Ageratum conyzoides*: isolation, structural elucidation and insecticidal activity. Pest Management Science, 2007, 63(6): 615-621.
- [34] Patil R P, Nimbalkar M S, Jadhav U U, Dawkar W, Govindwar S P. Antiaflatoxic and antioxidant activity of an essential oil from *Ageratum conyzoides* L. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90(4): 608-614.
- [35] Hussien T A, Mohamed N S, Moustafa M F M, El-Sayed M A. A new natural pyrrolone from the Egyptian *Ageratum* species. European Journal of Chemistry, 2010, 1(2): 140-141.
- [36] Nasrin F. Antioxidant and cytotoxic activities of *Ageratum conyzoides* stems. International Current Pharmaceutical Journal, 2013, 2(2): 33-37.
- [37] 吴海荣, 胡学难, 强胜, 刘琳莉. 广州地区胜红蓼物候学观察与调查研究. 杂草科学, 2010, 28(3): 18-21.
- [38] Poorter H, Niklas K J, Reich P B, Oleksyn J, Poot P, Mommer L. Biomass allocation to leaves, stems and roots: Meta-analyses of interspecific variation and environmental control. New Phytologist, 2012, 193(1): 30-50.
- [39] Quezada I M, Gianoli E. Counteractive biomass allocation responses to drought and damage in the perennial herb *Convolvulus demissus*. Austral Ecology, 2010, 35(5): 544-548.
- [40] Jarčuška B, Barna M. Plasticity in above-ground biomass allocation in *Fagus sylvatica* L. saplings in response to light availability. Annals of Forest Research, 2011, 54(2): 151-160.
- [41] 王满莲, 孔德鑫, 邹蓉, 柴胜丰, 陈宗游, 唐辉. 不同土壤环境对地枫皮幼苗生长和生物量分配的影响. 作物杂志, 2013, 29(3): 67-71.
- [42] 林忠宁, 刘明香, 韩海东, 陈敏健. 胜红蓼种子发芽检验标准化研究. 种子, 2008, 27(4): 106-108.
- [43] Hui D F, Jackson R B. Geographical and interannual variability in biomass partitioning in grassland ecosystems: a synthesis of field data. New Phytologist, 2006, 169(1): 85-93.
- [44] Enquist B J, Niklas K J. Global allocation rules for patterns of biomass partitioning in seed plants. Science, 2002, 295(5559): 1517-1520.
- [45] Achten W M J, Maes W H, Reubens B, Mathijs E, Singh V P, Verchot L, Muys B. Biomass production and allocation in *Jatropha curcas* L. seedling under different levels of drought stress. Biomass and Bioenergy, 2010, 34(5): 667-676.
- [46] McAlpine K G, Jesson L. Biomass allocation, shade tolerance and seedling survival of the invasive species *Berberis darwinii* (Darwin's barberry). New Zealand Journal of Ecology, 2007, 31(1): 1-12.
- [47] 程军回, 张元明. 水分胁迫下荒漠地区 2 种草本植物生物量分配策略. 干旱区研究, 2012, 29(3): 432-439.
- [48] Hermans C Hammond J P, White P J, Verbruggen N. How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? Trends in Plant Science, 2006, 11(12): 610-617.
- [49] 刘龙昌, 范伟杰, 董雷鸣, 玉山江·艾尼. 入侵植物小花山桃草种群构件生物量结构及种子萌发特征. 广西植物, 2012, 32(1): 69-76.