

紫茎泽兰对大蒜产量的影响及其经济阈值*

朱文达¹ 曹焯程^{2**} 涂书新^{3**} 袁友民¹ 王明锐¹

1. 湖北省农科院植保土肥研究所, 武汉 430064;

2. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100081; 3. 华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070

摘要 在大田条件下,研究了紫茎泽兰对大蒜产量的影响及其经济危害允许水平和经济阈值,分析了紫茎泽兰密度与大蒜减产率的最优回归模型及危害大蒜产量的水分和养分竞争机制。结果表明,在紫茎泽兰对土壤养分和水分的竞争干扰下,大蒜产量随紫茎泽兰密度的增加而逐渐显著降低。双曲线模型可以较好地拟合紫茎泽兰密度(x)与大蒜产量损失率(y)间的关系($1/y = -0.018286 + 0.43575/x, F = 261.79^{**}$)。大蒜田采用人工拔除杂草、10%草胺磷和 24%氨基吡啶酸对紫茎泽兰进行防除时,紫茎泽兰的经济危害允许水平分别为 2.630%、0.277%和 0.369%,经济阈值分别为 1.09 株/m²、0.12 株/m²和 0.16 株/m²。

关键词 紫茎泽兰; 大蒜; 产量; 经济阈值

中图分类号 S 451.24 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2010)03-0295-05

紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum* Spreng)为菊科泽兰属多年生杂草,原产于南美洲,后作为观赏植物引种到欧洲,而后又引种到澳大利亚和亚洲,现已广泛分布于全世界热带及亚热带的 30 多个国家和地区。在中国,紫茎泽兰于 1949 年从缅甸和越南传入云南南部,由于其极强的适应能力和竞争能力,现已传播至长江中下游地区。紫茎泽兰的入侵不仅影响本土植物的生长,改变或恶化生态系统的结构和功能,加速生物多样性的丧失和物种的灭绝,而且还严重影响当地的农业生产。

早在 20 世纪 70—80 年代,我国学者就注意到了紫茎泽兰在云贵地区的危害,并对该杂草的生态特性进行了初步研究^[1]。近年来,研究者对紫茎泽兰的生态学、营养学以及分子遗传学等方面均做过深入研究^[2-6]。紫茎泽兰作为农田新型杂草已导致农作物严重减产减收^[7]。目前对紫茎泽兰的防治方法有多种^[2,8],但有关紫茎泽兰防治经济阈值的研究极少。笔者在大田条件下,观察了紫茎泽兰对大蒜产量的影响及其经济危害允许水平和经济阈值,分析了紫茎泽兰密度与大蒜减产率的最优回归模型及危害大蒜产量的水分和养分竞争机制,旨在为紫茎泽兰的防除提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在湖北省农业科学院南湖农场蔬菜地进行。试验地为典型的旱旱连作菜地,前茬为叶菜类蔬菜,未曾种植大蒜。试验地田块地势平坦,肥力均匀,排灌方便。土壤 pH 值 6.7,有机质 2.3%。土壤翻耕深度 15~20 cm。畦面宽 2 m,畦沟深 0.20 m,畦沟宽 0.25 m。耕翻整地时施用 25%复混肥 750 kg/hm²。大蒜品种为徐州白蒜。2008 年 10 月 8 日播种,行距 10 cm,株距 14 cm。播种沟深 4 cm,播后覆土 1.5 cm。大蒜幼苗越冬前追施越冬有机肥 600 kg/hm²,翌年土壤解冻后施返青肥尿素 150 kg/hm²,在鳞茎膨大初期追施尿素 75 kg/hm²。定植时间 2009 年 2 月 7 日。试验地按照常规方法进行栽培管理。

1.2 试验设计

试验设紫茎泽兰 7 种密度处理,即 0(无草对照)、1、2、5、10、20、40 株/m²。每处理重复 4 次,共计 28 个小区。每个小区面积 4 m²(2 m×2 m),随机区组排列。试验开始时按上述设计在试验区人工接种紫茎泽兰幼苗,并在试验期间人工拔除其余杂草。

收稿日期:2010-03-31; 修回日期:2010-04-23

* 农业部农业公益性行业专项基金(200803021-070 和 200803034)资助

** 通讯作者. 曹焯程, E-mail: aochencao@ippcaas.cn; 涂书新, E-mail: stu@mail.hzau.edu.cn

朱文达,男,1938 年生,研究员. 研究方向:农田杂草防除. E-mail: zhwda@163.com

1.3 调查方法及测定分析

在蒜薹采收后 30 d 收获大蒜头。收获前 1 d 轻浇水 1 次,使土壤湿润,起蒜时用锹将大蒜鳞茎连根挖出,分小区全部收获。洗净鳞茎附土后清除鳞茎,晾干后称重。

植物水分测定采用烘干法;土壤有机质测定采用重铬酸钾滴定法;土壤全氮采用 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消煮开氏定氮法(Foss Tercator 2300);土壤有效磷采用 0.5 mol/L $NaHCO_3$ 浸提—钼锑抗比色法;土壤速效钾采用 NH_4Ac 浸提—火焰光度法;土壤 pH 值采用 pH 计法。植株全氮采用 $H_2SO_4-K_2SO_4-CuSO_4$ 消化开氏定氮法。植物全磷、全钾的测定采用文献[9]中的方法进行。

1.4 数据处理及统计分析

调查数据采用 MS Excel 2003 进行处理和画图,并采用 SAS 8.2 统计分析软件进行方差分析、回归分析和相关分析。采用 11 种一元回归模型,对不同密度紫茎泽兰与大蒜产量损失值进行回归拟合,根据显著水平高低和拟合误差水平筛选出最佳的拟合模型。

大蒜田紫茎泽兰的经济危害允许水平主要受大蒜产量、价格及杂草防除费用等因素的影响,即

$$\text{经济危害允许水平} = \frac{C}{Y \times P \times E} \times 100\%$$

式中 C 为紫茎泽兰防治费用(药剂成本和施工费), Y 为当地大蒜预期产量, P 为大蒜市场价格, E 为防除效果。根据大蒜生产所允许的紫茎泽兰的经济危害允许水平,同时依据筛选的杂草密度与大蒜产量损失的最佳模型计算相应的经济阈值。

2 结果与分析

2.1 紫茎泽兰对大蒜产量的影响

由图 1 可知,在田间随着紫茎泽兰密度的增加,大蒜产量不断下降,从无草时的 19 316.39 kg/hm² 下降到 4 412.14 kg/hm²。当田间紫茎泽兰的密度 < 2 株/m² 时,大蒜的产量降幅为 6% 左右,且随着紫茎泽兰密度的提高,大蒜产量迅速下降,当紫茎泽兰的密度为 40 株/m² 时,大蒜的产量达到最大降幅 77%。试验结果表明,田间紫茎泽兰的发生显著降低了大蒜产量。

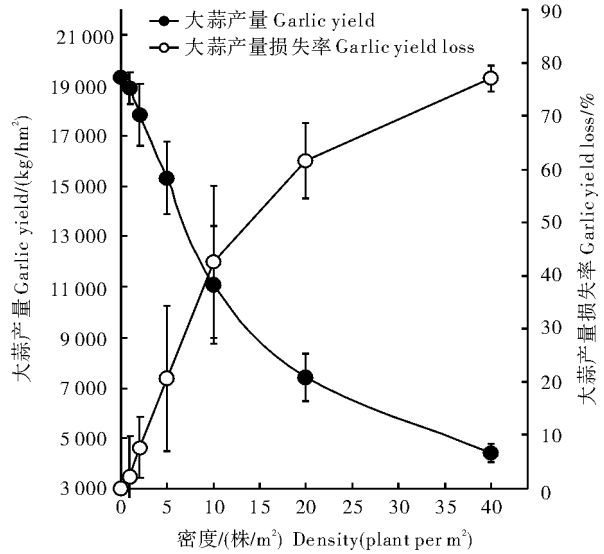


图 1 紫茎泽兰不同密度下大蒜的产量及其损失率
Fig. 1 The garlic yield and yield loss influenced by the density of *E. adenophorum*

2.2 紫茎泽兰造成大蒜减产的因素

由表 1 可知,大蒜田间紫茎泽兰对大蒜地养分的吸收非常明显。

表 1 大蒜地不同密度紫茎泽兰植株地上部氮磷钾的累积量¹⁾

Table 1 Accumulation of N, P and K by different density of *E. adenophorum* grown in garlic field kg/hm²

密度/(株/m ²) Density(plant per m ²)	氮 N			磷 P			钾 K		
	茎 Stem	叶 Leaf	合计 Total	茎 Stem	叶 Leaf	合计 Total	茎 Stem	叶 Leaf	合计 Total
1	0.61 d	0.91 e	1.52 e	0.28 d	0.11 c	0.39 d	1.82 e	0.68 e	2.50 e
2	1.10 d	1.97 de	3.07 e	0.53 d	0.25 c	0.78 d	3.05 e	1.37 de	4.42 e
5	2.46 d	5.19 d	7.65 d	1.08 d	0.54 c	1.62 d	6.96 d	3.52 d	10.48 d
10	5.08 c	8.96 d	14.04 c	2.51 c	1.02 ac	3.53 c	14.10 c	6.37 c	20.47 c
20	9.62 b	15.84 b	25.46 b	4.22 b	1.88 b	6.10 b	21.53 b	10.82 b	32.35 b
40	15.08 a	25.02	40.10 a	6.60 a	3.13 a	9.73 a	45.95 a	19.47 a	65.42 a
SE	0.68	1.17	1.39	0.27	0.32	0.43	0.52	0.84	1.13

1)表中纵列数据后字母相同者,表示在 0.05 水平上差异不显著(表 2 同)。

The data within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level(the same as Table 2).

测定结果表明,随着田间紫茎泽兰密度的增加,紫茎泽兰累积的氮、磷、钾养分显著增加。统计分析表明,大蒜产量损失率与紫茎泽兰累积氮、磷、钾量显著相关,相关系数分别是 0.910 4、0.897 5 和 0.892 6 ($P < 0.001, n = 24$)。这说明在大蒜田间紫茎泽兰吸收养分越多,大蒜产量下降越大。

由于紫茎泽兰生长迅速、生物量大,紫茎泽兰对土壤水分的累积量也非常巨大(表 2)。统计分析表明,不同密度条件下,紫茎泽兰地上部含水量与大蒜产量损失率也存在极显著正相关,相关系数为 0.917 4 ($P < 0.001, n = 24$)。除氮、磷、钾和水分外,紫茎泽兰由于其超强的适应能力,在生长过程中还会累积大量的其他矿质营养和微量元素。外来植物入侵生态系统的原因和机制是多方面的,如竞争排斥本地植物物种、改变营养循环和干扰生态等^[10-12]。土壤养分和水分均是保障大蒜生长发育和产量形成的重要因素,紫茎泽兰对土壤养分和水分的吸收可能成为大蒜减产的重要原因。另外,紫茎泽兰还显著改变土壤 pH 值以及分泌他杀性化合物,也可能是造成作物减产的因素^[13-14]。

表 2 大蒜地不同密度紫茎泽兰吸收土壤水分的累积量

Table 2 Water uptake by different parts of

E. adenophorum grown in garlic field kg/hm²

密度/(株/m ²) Density (plant per m ²)	茎中水分 Water in stems	叶中水分 Water in leaves	合计 Total water
1	284.9 e	216.5 e	501.4 e
2	577.1 e	626.0 de	1 203.1 e
5	1 274.3 d	1 078.6 d	2 352.9 d
10	2 601.7 c	1 949.0 c	4 550.7 c
20	4 334.9 b	3 597.1 b	7 932.0 b
40	8 081.3 a	5 291.0 a	13 372.3 a
均方差 SE	106.40	224.65	227.64

2.3 紫茎泽兰密度与大蒜产量关系的回归模型

应用 SAS 8.2 软件,选用 11 种一元回归模型对大蒜产量损失率(y)与紫茎泽兰密度(x)间的关系进行拟合(表 3),结果表明双曲线模型(模型 3)、对数模型(模型 4)和平方根模型(模型 10)的拟合效果较好,幂函数模型(模型 5、7)拟合效果较差。综合考虑模型拟合的相关性、显著性和拟合误差,可见双曲线模型 $1/y = -0.018 286 + 0.435 75/x$ ($F = 261.79^{**}$)能较好地表示紫茎泽兰密度(x)与大蒜产量损失(y)之间的关系。

根据拟合效果,选择模型 3 的双曲线模型进行经济阈值的分析计算。

表 3 紫茎泽兰密度与大蒜产量损失率

一元回归模型的筛选 ($n = 6$)¹⁾

Table 3 Screening for unitary regression models of the garlic yield loss and the density of *E. adenophorum* ($n = 6$)

编号 No.	回归模型 Regression models	r	F	S(x/y)
1	$y = a + bx$	+0.932 8**	26.80**	12.31
2	$y = a + b/x$	-0.813 6*	7.83*	19.86
3	$1/y = a + b/x$	+0.992 4**	261.79**	0.02
4	$y = a + b \log(x)$	+0.982 3**	109.81**	6.40
5	$\log(y) = a + bx$	+0.775 0 ns	6.02 ns	0.43
6	$\log(y) = a + b \log(x)$	+0.974 7**	76.21**	0.15
7	$\ln(y) = \ln(d) + bx$	+0.775 0 ns	6.02 ns	0.99
8	$\ln(y) = \ln(d) + b/x$	-0.965 2**	54.48**	0.41
9	$y = a + bx^2$	+0.815 2*	7.92*	19.79
10	$y = a + b \text{sqrt}(x)$	+0.985 1**	131.09**	5.88
11	$\text{sqrt}(y) = a + b \text{sqrt}(x)$	+0.953 2**	39.80**	0.99

1)表中*和**分别表示显著水平 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$, ns 表示不显著。

* and ** stand for the significance at levels of $P < 0.05$ and $P < 0.01$ respectively, ns stand for not significant.

2.4 经济危害允许水平及其经济阈值的确定

在目前的大蒜生产水平下,大蒜蒜瓣产量为 19 000 kg/hm²,蒜瓣收购价为 4.50 元/kg。大蒜田间紫茎泽兰一般进行人工拔除或化学防除。人工拔除的费用较高,一般 3 次需 2 000.00 元/hm²,可达到 80%左右的防效。进行化学防除时,除药剂费用外,还需要一定的施药用工费用,10%草甘膦和 24%氨基吡啶酸的防治费用分别为 225.00 元/hm²和 300.00 元/hm²。显然,紫茎泽兰的经济危害允许水平因防除措施的不同存在一定差异(表 4)。

根据紫茎泽兰的经济危害允许水平,由拟合的紫茎泽兰密度与大蒜产量损失的关系模型 $1/y = -0.018 286 + 0.435 75/x$ 可得出大蒜田间紫茎泽兰防治的相应经济阈值。

计算结果表明,人工防除紫茎泽兰的经济阈值为 1.09 株/m²,即当大蒜田间紫茎泽兰密度达到 1.09 株/m²以上时,就必须进行人工防除,以控制紫茎泽兰产生的危害。

同样,在大蒜田间使用 10%草甘膦水剂防除紫茎泽兰时,计算得出的紫茎泽兰经济阈值较低,只有 0.12 株/m²;当在大蒜田间使用 24%氨基吡啶酸防除紫茎泽兰时,计算得出紫茎泽兰的经济阈值为 0.16 株/m²。

表 4 紫茎泽兰对大蒜的经济危害水平及其经济阈值

Table 4 Economic infestation levels and economic threshold of *E. adenophorum* for garlic

防除措施 Control measure	防除费用/(元/hm ²) Control cost (yuan per hm ²)	防除效果/% Control efficacy	经济危害允许水平/% Economic infestation level	经济阈值/(株/m ²) Economic threshold (plant per m ²)
人工除草 Manual weeding	2 000	80	2.630	1.09
10%草甘膦水剂 Glyphosate	225	95	0.277	0.12
24%氨基吡啶酸 Picloram	300	95	0.369	0.16

3 讨 论

一般认为,经济阈值是指杂草干扰作物生长至作物成熟所引起的损失值等于除草成本时杂草的群体水平,其单位用密度(株/m²)来表示。经济阈值的计算,除了需要选定特定的产量水平、杂草防治成本和防治效率等几个参数外,尚需借助建立的杂草密度与产量损失率的最佳模型。

许多研究者针对不同的防治对象和作物提出了不同的最佳模型。朱文达和涂书新^[15]在对麦田看麦娘 *Alopecurus aequalis* 的经济阈值研究中提出了幂函数模型。朱文达等^[16]对油菜田小飞蓬 *Conyza canadensis* 的经济阈值研究中提出了二次曲线模型等。魏守辉等^[17]在对大蒜地空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides* 防治的经济阈值研究中提出了对数函数模型。刘兴远等^[18]对春大豆田间杂草防治的经济阈值研究中提出了 Logistic 曲线模型。由此可见,应用这些模型都取得了较好的效果,选用何种模型可根据实际计算结果决定。

试验结果表明,在湖北地区大蒜田间杂草的经济阈值可从大蒜返青后 1 个月左右计算。若在该时期保持田间杂草少于经济阈值,可确保大蒜产量损失低于经济危害允许水平,而在此阶段的前后时期杂草都不会造成草害。由于化学药剂防治效果好、成本低,所以在实际应用中,紫茎泽兰的防除应选择化学除草剂。

经济阈值的计算除直接与作物产量水平、产量价格和防除成本有关外,还受许多因素的影响,如不同地域、气候条件及其杂草群体的发生规律等,因此,在对紫茎泽兰的实际防治中,具体经济阈值的选择还需综合参考诸多因素,制定出适合本地区的生态经济阈值。

参 考 文 献

- [1] 刘伦辉,谢寿昌,张建华,等.紫茎泽兰在我国的分布、危害与防除途径的探讨[J].生态学报,1985(1):12-15.
- [2] 王志飞,孟玲,李保平,等.紫茎泽兰与黑麦草苗期相对竞争力 and 生长特征的研究[J].热带亚热带植物学报,2008,16(3):199-204.
- [3] 李会娜,刘万学,戴莲,等.紫茎泽兰入侵对土壤微生物、酶活性及肥力的影响[J].中国农业科学,2009,42(11):3964-3971.
- [4] 孙晓玉,陆兆华,于兴军,等.紫茎泽兰种群年龄结构动态及对控制的指示意义[J].植物生态学报,2005,29(3):373-379.
- [5] 蒋智林,刘万学,万方浩,等.紫茎泽兰与本地植物群落根际土壤酶活性和土壤肥力的差异[J].农业环境科学学报,2008,27(2):660-664.
- [6] 段惠,强胜,苏秀红,等.用 AFLP 技术分析紫茎泽兰的遗传多样性[J].生态学报,2005,25(8):2109-2115.
- [7] 鲁萍,桑卫国,马克平.外来入侵种紫茎泽兰研究进展与展望[J].植物生态学报,2005,29(6):1029-1037.
- [8] 陈才俊,廖国会,秦立新,等.紫茎泽兰化学防除效果的药剂筛选试验[J].贵州农业科学,2009,37(10):101-103.
- [9] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [10] CALLAWAY R M, THELEN G C, RODRIGUEZ A, et al. Soil biota and exotic plant invasion[J]. Nature, 2004, 427: 731-733.
- [11] DAVIS M A, GRIME J P, THOMPSON K. Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invisibility [J]. Journal of Ecology, 2000, 88: 528-534.
- [12] KLIRONOMOS J N. Feedback with soil biota contributes to plant rarity and invasiveness in communities[J]. Nature, 2002, 417: 67-70.
- [13] 张磊,王文琪,王进军,等.紫茎泽兰生殖生长期叶片矿质营养元素动态变化研究[J].中国农学通报,2007,23(12):306-311.
- [14] 庄启明,侯婧,周东新,等.紫茎泽兰化学成分化感作用及生物活性[J].北京师范大学学报,2008,44(6):610-613.
- [15] 朱文达,涂书新.湖北省麦田看麦娘的危害及经济阈值的初步研究[J].华中农业大学学报,1997,16(3):268-271.
- [16] 朱文达,曹堃程,喻大昭,等.小飞蓬对油菜产量性状的影响及其经济阈值[J].华中农业大学学报,2008,27(2):217-222.
- [17] 魏守辉,曹堃程,朱文达,等.空心莲子草对大蒜生长的影响及其经济阈值[J].华中农业大学学报,2008,27(4):464-468.
- [18] 刘兴远,董海,刘小舟.春大豆田杂草生态经济防除阈期研究[J].杂草科学,2005(3):27-29.

Effects of *Eupatorium adenophorum* Spreng on the Garlic Yield and Its Economic Thresholds

ZHU Wen-da¹ CAO You-cheng² TU Shu-xin³ YUAN You-min¹ WANG Ming-rui¹

1. *Institute of Plant Protection and Soil Science, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China;*

2. *Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;*

3. *College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China*

Abstract A field experiment was carried out to study the damage of *Eupatorium adenophorum* Spreng to garlic yield and its economic thresholds. The optimum regression model for the garlic yield loss and the density of *Eupatorium adenophorum* Spreng weed was established and the competitive mechanisms of nutrients and water to affect effecting garlic yield were discussed. The results showed that the garlic yield decreased significantly with the increasing density of weeds. The hyperbola model ($1/y = -0.018286 + 0.43575/x$, $F = 261.79^{**}$) could well fit the relation between the garlic yield loss (y) and the weed density (x). The economic infestation levels for the *Eupatorium adenophorum* Spreng by manual weeding, 10% Glyphosate and 24% Picloram were 2.630%, 0.277% and 0.369% respectively, and the economic threshold were about 1.09, 0.12 and 0.16 plant per m^2 respectively.

Key words *Eupatorium adenophorum* Spreng; garlic; yield; economic threshold

(责任编辑:陈红叶)