

硼肥对热研 11 号黑籽雀稗 种子产量和发芽的影响

缪纯庆^{1,2}, 梁晓玲¹, 王娟², 白昌军¹

(1. 中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所 农业部华南作物基因资源与种质创制重点开放实验室, 海南 儋州 571737;
2. 张掖市农业科学研究所, 甘肃 张掖 734000)

摘要: 研究硼肥对热研 11 号黑籽雀稗 (*Paspalum atratum* cv. Reyan 11) 种子产量和品质的影响。试验设 9 个硼肥处理, 质量分数范围为 0~4.0%, 分 3 次施入。结果表明, 施硼量 3.0% (3% 的硼酸分 3 次施入: 400 mL+400 mL+600 mL) 的效果最好, 种子产量达 1 124.4 kg·hm⁻²。施硼肥可提高生殖枝数、小花数/小穗、可育小花数/小穗和种子千粒重, 但对小穗数/生殖枝影响不显著; 施硼肥能提高种子的发芽率、发芽势、发芽指数以及芽长和芽质量。施硼量 3.0% 可以使发芽率达到 20.17%, 比对照提高了 30%。

关键词: 构成因素; 潜在种子产量; 实际种子产量; 种了发芽

中图分类号: S543.062 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0629(2012)11-1755-05

* 1

热研 11 号黑籽雀稗 (*Paspalum atratum* cv. Reyan 11) 为高大、疏丛型禾本科牧草^[1], 其叶片宽大, 当生长条件适宜时叶量丰富且适口性好, 产量高, 可饲用部分比例高, 再生性强, 是雀稗属牧草中粗蛋白含量最高、粗纤维含量最低的品种^[2], 是热带、亚热带地区优良的禾本科牧草。该草刈割后再生快, 可用于发展养殖业。然而其种子生产困难, 种子落粒性强, 质量不高, 不利于大面积推广。我国牧草种子生产起步晚, 生产技术落后, 因此, 在生产上急需提出提高种子质量和产量的技术方案^[3]。硼对植物生殖器官的建成和发育有较大的影响。缺硼影响细胞壁结构和膜透性, 使糖运输受阻, 花器中可溶性蛋白和其他营养物质减少, 从而致使植物花粉管萌发和受精作用受到抑制, 直接影响花的可育性和种子结实率^[4]。为此, 研究硼肥对热研 11 号黑籽雀稗种子产量和质量的影响, 探索提高种子产量和质量的最佳硼肥浓度, 以促进热研 11 号黑籽雀稗的推广, 为其种子生产理论与实践提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况 试验在中国热带农业科学院热

带作物品种资源研究所牧草试验基地的试验大棚内进行。该地位于 109°35' E、19°31' N, 海拔 149 m, 地处热带北缘, 属于典型的热带季风海洋性气候, 年平均气温 26.6 °C。试验所用土壤为红壤, 呈酸性, 粘重, 通透性差, pH 值为 5.82, 全氮含量为 63.3 mg·kg⁻¹, 速效磷含量为 1.55 mg·kg⁻¹, 速效钾含量为 28.3 mg·kg⁻¹, 有效硼含量为 0.33 mg·kg⁻¹, 有机质含量为 0.138 2%^[5-6]。

1.2 供试材料 供试热研 11 号黑籽雀稗由中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所试验基地提供。

1.3 试验设计 试验为大棚内的盆栽试验, 采取随机排列, 用于试验的花盆规格 20 cm(直径)×18 cm(高), 每盆装入表土 3.68 kg, 种子经消毒处理后播种, 播种时间 2008 年 3 月 31 日, 播种时每盆同时使用氯化钾 0.19 g、钙镁磷肥 0.33 g 作基肥, 7 d 后间苗, 每盆留 1 株。在植株自然高度达 25 cm 左右时, 每盆施 0.66 g 尿素, 以利于热研 11 号黑籽雀稗良好生长^[7]。

试验用硼酸(含硼量 17.5%)作叶面肥, 分 3 次

收稿日期: 2012-03-05 接受日期: 2012-07-15
基金项目: 热带地区柱花草新品种选育技术研究; 国家科技支撑计划项目(2011BAD17B01-01-5); 农业部物种资源保护“热带牧草种质资源保存”项目; 中央级公益性科研院所基本科研业务费“热带牧草新品种选育及产业化示范”项目(PZS083); 农业部热带作物种质资源保护项目(12RZZY-09)
作者简介: 缪纯庆(1984-), 男, 甘肃民乐人, 本科, 主要从事生态经济农业研究。E-mail: miaoqq_0936@126.com
通信作者: 白昌军 E-mail: baichangjun2000@yahoo.com.cn

施肥。试验设 9 个处理,每处理重复 4 次。施肥量相同,每盆共 1 400 mL,分别于 2008 年 5 月 26 日、10 月 10 日和 11 月 4 日分别施入 400、400 和 600 mL;但施肥质量分数不同,具体施肥处理为施硼酸 0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、3.5% 和 4.0%,以不施硼酸为对照。

1.4 测试项目

1) 生殖枝数:在盛花期,重复测定每个处理生殖枝数(枝·盆⁻¹)。

2) 小穗数:在盛花期,对每个处理随机取 10 个生殖枝,测定每生殖枝的小穗数。

3) 小花数:在盛花期,对每个处理随机取 10 个生殖枝,在上、中、下各取一个小穗,测定小花数。

4) 可育小花数:在盛花期后第 7 天,对每个处理随机取 10 个生殖枝,在上、中、下各取一个小穗,测定可育小花数^[8]。

5) 千粒重:种子风干、脱粒、清选后,数 1 000 粒,称质量,重复 3 次,计算千粒重。

6) 种子潜在产量:

潜在产量 = 每盆生殖枝数 × 每生殖枝小穗数 × 每小穗小花数 × 平均种子质量^[9]。

7) 种子表现产量:

表现产量 = 每盆生殖枝数 × 每生殖枝小穗数 × 每小穗可育小花数 × 平均种子质量^[9]。

8) 实际种子产量:在植株结实后,对整个植株每个生殖枝套上网袋收取种子,然后风干、脱粒、清选,最后称质量^[10]。

9) 发芽率:取种子 100 粒,置于垫有滤纸的培养皿中,每个处理设 4 个重复。于 25 °C、光照条件为光照(3 000 lx)16 h/黑暗 8 h 的培养箱中培养;培养皿中始终保持有可见水状态,以利种子萌发。每天观察 2 次,并于每日 16:00 记录发芽种子数 1 次。种子发芽以露出白色胚芽为标准。13 d 后统计种子的发芽率、发芽指数以及 5 d 内的种子发芽势^[11]。

发芽率 = 发芽种子数 / 供试种子数;

发芽势 = 5 d 内发芽种子数 / 供试种子数;

发芽指数 = $\sum G_t / D_t$ 。

式中, G_t 为第 t 天种子发芽数, D_t 为相应的发芽天数^[12]。

10) 芽长及芽质量:取 25 粒种子,重复 4 次,选取滤纸(30 cm × 40 cm),在轴心画一条中心线,以中心线的两边每隔 2 cm 各画 5 条平行线,在中心线上每隔 1 cm 标明 1 个点,各点粘 1 粒种子,共计 25 粒,再盖两张吸水纸,疏松地卷成卷,用橡皮绳扎住,把纸卷立于聚乙烯袋中,置于 20 °C 恒温箱中培养 10 d,按下式计算芽长:

$$L = (nx_1 + nx_2 + \dots + nx_n) / 25.$$

式中, L 为芽长, n 为平行线内胚芽数, x 为平行线中点至中心线的距离。

然后将幼芽在 105 °C 下烘干 7 h,测芽质量^[13-14]。

1.5 数据处理 采用 SAS 生物统计软件处理数据进行方差分析,Duncan's 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 施硼对种子产量构成因素的影响 随着施硼量的增加,每盆生殖枝数随之增加(2.5% 除外),3.5% 和 4.0% 有所下降(表 1)。其中以 3.0% 最高,为 23.50 枝,其次为 2.0% 和 2.5%,分别为 23.00 和 22.00 枝。除试验处理 0.5% 和 1.0% 外,其他试验处理与对照间差异极显著($P < 0.01$),并且 1.5% ~ 4.0% 之间无显著差异($P > 0.05$)。

试验处理 0.5% ~ 3.0%,小花数/小穗随着施硼量的增加而增加,3.5% 和 4.0% 有所下降。其中以 3.0% 最高,达 1.82 个,其次是 2.5% 和 3.5%,分别为 1.79 和 1.61 个。所有硼酸处理的小花数/小穗均高于对照,1.5% ~ 4.0% 试验处理与对照间差异显著($P < 0.05$),且 2.5%、3.0% 和 3.5% 与对照间差异极显著。

试验处理 0.5% ~ 3.0%,随着施硼量的增加种子千粒重也随之增加,3.5% 和 4.0% 有所下降。除 0.5% 的千粒重略小于对照外,其余试验处理均大于对照,其中以 3.0% 最高,为 5.00 g,其次为 2.5%、2.0% 和 3.5%,千粒重分别为 4.44、3.89 和 3.89 g,均显著高于对照。

结果表明,施 1.5% ~ 4.0% 的硼酸(分 3 次施入:400 mL + 400 mL + 600 mL)能够增加生殖枝数、小花数,并提高种子千粒重,3.0% 效果最佳。

施硼肥对热研 11 号黑籽雀稗小穗数/生殖枝无

表1 施硼对种子产量构成因素的影响

Table 1 Effects of Boron application on seed yield components

硼酸质量分数 Boron concentration	每盆生殖枝数 Reproductive tillers per pot	小穗数/生殖枝 Spikets/ reproductive tiller	小花数/小穗 Florets/ spikelet	可育小花数/小穗 Fertile florets/ spikelet	千粒重 Thousand seed weight/g
0	15.00cC	933.8aA	0.76dC	0.36cB	3.11deC
0.5%	16.75cdBC	948.5aA	0.80dC	0.47bcAB	3.00eC
1.0%	19.50bcABC	956.0aA	0.93dBC	0.63abcAB	3.22cdeC
1.5%	21.75abA	939.0aA	1.20bcABC	0.68abAB	3.33cdeC
2.0%	23.00abA	976.0aA	1.54abcABC	0.79abAB	3.89bcBC
2.5%	22.00abA	1 013.7aA	1.79aA	0.84aA	4.44abAB
3.0%	23.50aA	966.7aA	1.82aA	0.79abAB	5.00aA
3.5%	21.25abAB	983.2aA	1.61abAB	0.74abAB	3.89bcBC
4.0%	20.25abAB	969.5aA	1.00cBC	0.63abcAB	3.78bcdBC

注: 同列不同小写字母间差异显著($P < 0.05$); 不同大写字母间差异极显著($P < 0.01$)。下同。

Notes: Different lowercase and capital letters in the same column show significant difference at 0.05 and 0.01 level, respectively. The same below.

影响(表1)。其中以2.5%的小穗数/生殖枝最高,为1 013.7个,虽然各处理小穗数/生殖枝均比对照有所增加,但是差异不显著($P > 0.05$)。施硼肥对热研11号黑籽雀稗的可育小花数/小穗具有一定影响。其中以2.5%的可育小花数/小穗最高为0.84个,其次是2.0%、3.0%和3.5%,分别为0.79、0.79和0.74个。以对照的小花数/小穗最低,为0.36个。结果表明,施1.5%~4.0%的硼酸(分3次施入:400 mL+400 mL+600 mL)能够降低热研11号黑籽雀稗种子的败育率,显著增加可育小花数/小穗,2.5%效果最佳。

2.2 施硼对种子产量的影响 试验处理0.5%~3.0%,随着施硼量的增加热研11号黑籽雀稗的种子产量随之增加,3.5%和4.0%有所下降(表2)。其中以3.0%处理的潜在种子产量、表现种子产量和实际种子产量均最高,分别为9 124.4、3 960.8和1 124.4 kg·hm⁻²。在实际种子产量中,除试验处理0.5%外,其他处理均与对照间差异极显著($P < 0.01$)。结果表明,施1.0%~4.0%的硼酸(分3次施入:400 mL+400 mL+600 mL)可显著提高热研11号黑籽雀稗的潜在种子产量、表现种子产量和实际种子产量,其中以3.0%的施硼效果最佳。

2.3 施硼对种子发芽的影响 试验处理0.5%~3.0%,随着施硼量的增加热研11号黑籽雀

表2 施硼对潜在种子产量、表现种子产量和实际种子产量的影响

Table 2 Effects of Boron application on potential seed yield, presentative seed yield and actual seed yield kg·hm⁻²

硼酸质量 分数 Boron concentration	潜在种子产量 Potential seed yield	表现种子产量 Presentative seed yield	实际种子产量 Actual seed yield
0	976.4	462.4	231.6gF
0.5%	1 214.4	713.6	268.4gEF
1.0%	1 766.0	1 196.4	366.4fE
1.5%	4 299.2	1 633.2	525.6eD
2.0%	5 158.8	2 646.4	884.4cB
2.5%	4 940.4	3 458.4	1 044.8bA
3.0%	9 124.4	3 960.8	1 124.4aA
3.5%	5 234.0	2 405.6	753.2dC
4.0%	2 907.2	1 831.6	722.4dC

稗种子发芽率也随之增加,3.5%和4.0%有所下降(表3)。除0.5%的发芽率小于对照外,其余试验处理均大于对照,其中以3.0%最高,为20.17%,其次为2.5%、2.0%和3.5%,分别为19.00%、18.83%和18.50%,均显著高于对照($P < 0.05$)。试验处理0.5%~3.0%,随着施硼量的增加热研11号黑籽雀稗种子发芽势也随之增加,3.5%和4.0%有所下降。其中以3.0%最高,为17.00%,其次为2.5%、2.0%和3.5%,分别为16.00%、15.83%和

15.83%，均极显著高于对照($P < 0.01$)。施硼肥对热研 11 号黑籽雀稗种子的发芽指数具有一定影响。其中以 3.0% 最高，为 3.85，其次为 3.5%、2.5% 和 2.0%，发芽指数分别为 3.67、3.65 和 3.62，均极显著高于对照($P < 0.01$)。试验处理 0.5%~3.0%，随着施硼量的增加热研 11 号黑籽雀稗的芽长也随之增加，3.5% 和 4.0% 有所下降。其中以 3.0% 最高，为 3.52 cm，比对照长 1.82 cm。其次为 2.5%、3.5%、2.0% 和 4.0%，芽长分别为 3.32、3.17、3.09 和 2.96 cm，均极显著高于对照($P < 0.01$)。试验处理 0.5%~3.0%，随着施硼量的增加热研 11 号黑籽雀稗的种子活力指数随之增加，3.5% 和 4.0% 有所下降。其中以 3.0% 最高，为 13.55，是对照的

2.95 倍。其次为 2.5%、3.5%、2.0%、4.0% 和 1.5%，活力指数分别为 12.12、11.63、11.19、10.03 和 9.39，均极显著高于对照($P < 0.01$)。结果表明，施 2.0%~3.5% 的硼酸(分 3 次施入：400 mL+400 mL+600 mL)可显著提高热研 11 号黑籽雀稗种子的发芽率、发芽势、发芽指数、芽长和活力指数，3.0% 效果最佳。

所有试验处理的芽质量均高于对照(表 3)，其中以 3.0% 最高，为 0.025 3 g，其次为 2.5%、2.0% 和 3.5%，分别为 0.023 7、0.022 6 和 0.020 9 g，除试验处理 0.5% 外，其他试验处理均极显著高于对照($P < 0.01$)。结果表明，增加施硼量可提高热研 11 号黑籽雀稗种子的芽质量。

表 3 硼肥对种子质量指数的影响

Table 3 Effects of Boron application on seed quality index

硼酸质量分数 Boron concentration	种子发芽率 Germination rate/%	种子发芽势 Germination energy/%	发芽指数 Germination index	芽长 Bud length/cm	芽质量 Seedling weight/g	活力指数 Vigor index
0	15.50dBC	11.50dB	2.70dD	1.70cD	0.018 2fE	4.59cD
0.5%	15.00dC	11.83cdB	2.73dD	1.90cCD	0.018 4fE	5.19cCD
1.0%	15.67dBC	12.17cdB	2.86dD	2.37bcBCD	0.018 7fD	6.78bcBCD
1.5%	16.33cdBC	13.67bcAB	3.31cC	2.81abABC	0.020 1deC	9.30abABC
2.0%	18.83abcAB	15.83abA	3.62bAB	3.09abAB	0.022 6cB	11.19abAB
2.5%	19.00abAB	16.00abA	3.65bAB	3.32aAB	0.023 7bB	12.12aAB
3.0%	20.17aA	17.00aA	3.85aA	3.52aA	0.025 3aA	13.55aA
3.5%	18.50abcABC	15.83abA	3.67abA	3.17aAB	0.020 9dC	11.63aAB
4.0%	17.33bcdABC	14.33abcAB	3.39cBC	2.96abAB	0.019 7eCD	10.03cBC

3 讨论与结论

施硼对热研 11 号黑籽雀稗种子产量有一定的影响，试验处理 0.5%~3.0%，随着施硼量的增加，种子产量逐渐增加。其中以 3.0% 的硼酸(分 3 次施入：400 mL+400 mL+600 mL)的潜在种子产量、表现种子产量和实际种子产量均最高，分别为 9 124.4、3 960.8 和 1 124.4 kg·hm⁻²，均极显著高于对照($P < 0.01$)。试验结果与在小麦(*Triticum aestivum*)、油菜(*Brassica campestris*)和棉花(*Gossypium hirsutum*)的研究结果一致^[15-17]。对于缺硼土壤来说，施用硼肥对种子产量有显著影响。

施硼肥可以改善种子的产量构成因素，提高热研 11 号黑籽雀稗单位面积生殖枝数、小花数/小穗、

可育小花数/小穗和种子千粒重，而对小穗数/生殖枝无显著影响。其中 2.5% 的硼酸(分 3 次施入：400 mL+400 mL+600 mL)对种子产量构成因素的影响最大，极显著高于对照($P < 0.01$)。试验结果与在黑麦草(*Lolium perenne*)和白三叶(*Trifolium repens*)的研究结果一致^[18-20]。

施硼对热研 11 号黑籽雀稗种子质量有一定程度的改善，能提高种子的发芽率、发芽势、发芽指数、芽长和芽质量。其中以 3.0% 的硼酸(分 3 次施入：400 mL+400 mL+600 mL)的最高，分别为 20.17%、17.00%、3.85、3.52 cm 和 0.025 3 g，分别是对照的 1.30、1.48、1.26、1.93 和 1.39 倍，均极显著高于对照。

参考文献

- [1] 全国牧草品种审定委员会. 牧草与饲料作物新品种[J]. 草地学报, 2004, 12(4): 341-346.
- [2] 程金凤, 刘国道, 白昌军. 9种雀稗属牧草品种比较试验[J]. 热带农业科学, 2004, 24(2): 9-12.
- [3] 刘自学. 中国草业的现状与展望[J]. 草业科学, 2002, 19(1): 6-8.
- [4] 曹仪植, 宋占午. 植物生理学[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1998: 24-28.
- [5] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 224-226, 311-312.
- [6] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 252-270.
- [7] 程金凤. 不同氮肥和刘割期对黑籽雀稗产量和质量的影响[D]. 儋州: 华南热带农业大学, 2004: 21-29.
- [8] 王文强, 付玲玲, 白昌军. 热研11号黑籽雀稗开花生物学特性[J]. 中国农学通报, 2007, 23(8): 495-498.
- [9] 乔安海, 韩建国, 巩爱岐, 等. 氮肥对垂穗披碱草种子产量和质量的影响[J]. 草地学报, 2006, 14(1): 48-51, 56-56.
- [10] 韩建国. 实用牧草种子学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1997: 179-199.
- [11] 侯海军, 胡新文, 符少萍, 等. 双氧水对热研11号黑籽雀稗种子萌发的影响[J]. 热带农业科学, 2005, 25(4): 24-25.
- [12] 赵利, 牛俊义, 李长江, 等. 地肤水浸提液对胡麻化感效应的研究[J]. 草业学报, 2010, 19(2): 190-195.
- [13] 张学斌. 施硼对棉花生理生化和产量品质的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2008: 16-20.
- [14] 张守润. 氮磷配施对生长1年苦参的影响[J]. 草业科学, 2010, 27(1): 124-129.
- [15] 王淑芬. 硼对油菜生长发育及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2003, 31(2): 318-319.
- [16] 赵光方. 根外追肥对小麦籽粒的产量和品质的影响[J]. 北京农业科学, 1986(6): 17-19.
- [17] 祖艳群, 林克惠. 硼在植物体中的作用及对作物产量和品质的影响[J]. 云南农业大学学报, 2000(4): 359-363.
- [18] 刘法涛, 杨志忠. 硼酸对黑麦草种子产量的影响[J]. 四川草原, 1993(2): 21-25.
- [19] 肖贻茂. 硼肥、钼肥提高水稻种子产量的效果总结[J]. 四川草原, 1985(2): 42-45.
- [20] 占丽平, 鲁剑巍, 杨娟, 等. 施肥对黑麦草生长和产量的影响[J]. 草业科学, 2011, 28(2): 260-266.

Influences of boric fertilizer on seed yield and quality of *Paspalum atratum* cv. Reyan 11

MIAO Chun-qing^{1,2}, LIANG Xiao-ling¹, WANG Juan², BAI Chang-jun¹

(1. Tropical Crops Genetic Resources Institute of CATAS, Key Laboratory of Crop Gene Resources and Germplasm Enhancement in Southern China, Ministry of Agriculture, Danzhou 571737, China;

2. Zhangye Academy of Agricultural Sciences, Zhangye 734000, China)

Abstract: Effects of boric fertilizer application on seed yield and germination of *Paspalum atratum* cv. Reyan 11 were studied by a pot experiment in this study. The experiment included 9 different boric concentration treatments (0~4.0%). Each treatment was divided into 3 applications. The results showed that seed yield reached the highest of 1 124.4 kg · ha⁻¹ with 3.0% boric treatment. 3.0% boric treatment significantly raised seed yield components, including fertile tiller number per pot, floret number per spikelet, fertile floret number per spikelet and thousand grain weight. The fertilizer also raised seed germination rate, germination potential, germination index, seedling height and weight. Seed germination rate under 3.0% boric treatment reached to 20.17% and 30% increase compared with control.

Key words: seed yield component; potential seed yield; actual seed yield; seed germination

Corresponding author: BAI Chang-jun E-mail: baichangjun2000@yahoo.com.cn