

施肥对扁穗冰草种子产量及其组成因素的影响

孙铁军^{1,3} 韩建国¹ 赵守强² 岳薇²

(1. 中国农业大学草地研究所,农业部草地植被恢复与重建重点开放实验室,北京 100094;
2. 河北省张家口市塞北管理区,河北 张家口 076576; 3. 北京草业与环境研究发展中心,北京 100089)

摘要 以扁穗冰草为材料,通过肥料的施用与行内疏枝组合处理,2年的试验结果表明:限制扁穗冰草种子产量的主要营养元素依次是氮、磷、钾。连续2年施氮,种子产量显著增加,秋施N 45 kg/hm²、春施N 90 kg/hm²、行内疏枝到45 cm的扁穗冰草种子产量最高达924.3 kg/hm²;同一施氮量下,秋春季2次施氮的扁穗冰草种子产量高于春季一次施氮处理,另外,氮、磷、钾配施可以显著提高扁穗冰草种子产量。单位面积生殖枝数是影响扁穗冰草种子产量的主要组成因素,秋季施氮可以显著增加第二年单位面积生殖枝数,春季施磷有利于生殖枝数、小穗数、种子千粒重增加;春季施钾可以增加每小穗小花数、每小穗种子数及种子千粒重,疏行处理可以提高每生殖枝小穗数和小花数、每小穗种子数、种子千粒重。

关键词 扁穗冰草; 种子产量; 生殖枝; 施肥

中图分类号 S 812.4

文章编号 1007-4333(2005)03-0015-06

文献标识码 A

Effect of fertilizer application on seed yield and yield components of *Agropyron cristatum*

Sun Tiejun^{1,3}, Han Jianguo¹, Zhao Shouqiang², Yue Wei²

(1. Institute of Grassland Science, China Agricultural University, Key Laboratory of Grassland Vegetation Restoration and Reconstruction, MOA, Beijing 100094, China; 2. Saibei Administration District, Zhangjiakou, 076576, China;
3. Beijing Research and Development Center for Grass and Environment, Beijing 100089, China)

Abstract *Agropyron cristatum* (Wheatgrass) was grown under fertilizer application and treated with row spacing. The data in both 2002 and 2003 indicated that nitrogen (N) was the most important element in *Agropyron cristatum* seed production. The elements of phosphorus (P) and potassium (K) were also important. Seed yield of *Agropyron cristatum* increased significantly due to N fertilizer application from 2002 to 2003. The highest yield of 924.3 kg/hm² was obtained in the plot with 45 cm row spacing, N 45 kg/hm² in autumn and N 90 kg/hm² in spring. N application in both autumn and spring resulted in higher seed yield than only in spring although N quantity was same. The number of fertile tiller was the most important factor in the seed yield formation. It increased significantly with N application in last autumn. Using P fertilizer in spring was benefit to develop fertile tiller, spikelet and seed weight. However, K fertilizer application in spring was in favor of floret, seed number and seed weight. Spikelet, floret, seed number and seed weight of *Agropyron cristatum* were also improved by thinning row spacing.

Key words *Agropyron cristatum*; seed yield; fertile tillers; fertilizer application

种子产量是种子生产的首要问题,通过对播种期、播种量、播种行距、施肥量、施肥时间等的研究,选择适当的田间管理技术,使生产效益得到大幅度

提高^[1]。施肥可以提高禾本科牧草各种子产量组成成分的数量,即增加单位面积的生殖枝数、每生殖植小穗数、每小穗小花数、每小穗种子数以及千粒

收稿日期: 2004-12-31

基金项目: 高等学校博士点基金资助项目(20010019004); 国家“948”重大项目(202009)

作者简介: 孙铁军,博士,现在北京草业与环境研究发展中心工作; 韩建国,教授,通讯作者,主要从事草业科学研究。

重。氮肥是影响种子产量的关键^[2],不同种类牧草在不同种植区的最佳施氮量不同,但一定范围内,随施氮量增加种子产量增加,当施氮量达到某一水平,产量不再增加^[3]。

我国北方草原退化、荒漠化、盐渍化严重,草场改良及退耕还草的需求与日俱增,扁穗冰草分蘖能力强,根系发达,具有抗寒、抗旱性,是良好的水土保持和固沙植物,适于旱作人工草地或补播草地。国外研究结果表明,施氮、磷肥可改变土壤中氮、磷含量,增加禾本科牧草种子产量组成因素,提高种子产量,其中美国通过改进管理技术和施肥条件,使牧草种子产量从 150 ~ 300 kg/hm² 提高到 1 125 kg/hm²^[4],加拿大萨斯喀彻温省东北部地区氮、磷肥配施使无芒雀麦种子产量从 290 kg/hm² 提高到 1 240 kg/hm²^[5],其他国家和地区在对鸭茅、多年生黑麦草、河岸雀麦等牧草种子生产的研究中也得出了类似的结论^[6~8],但在扁穗冰草种子产量方面的报道不多。国内与扁穗冰草种子生产有关的研究主要是在植物体形态发育方面^[9],关于高原地区大田生产扁穗冰草种子产量的报道很少,仅陈志宏等在北京市顺义区试验田内进行了小范围研究,得出施氮可改善种子产量组成因素,秋春各施 N 67 kg/hm² 时,种子产量最高^[10]的结论。我国河北省坝上高原气候干燥,阳光充足,土壤以栗钙土、草甸土为主,适合于扁穗冰草种子生产,但由于缺乏专业技术管理,目前每年牧草种子产量仅为 250 ~ 350 kg/hm²。因此,笔者旨在研究施肥对我国北方高原区扁穗冰草种子产量及产量组成因素的影响,进一步探索施肥对生殖枝分化的作用,寻求提高种子产量的最佳施肥方式,为该地区牧草种子生产管理提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试区概况及材料

试验区位于河北省张家口市塞北管理区,地处锡林郭勒草原南缘,河北省沽源县北部坝上高原,北纬 41°45' ~ 41°57'、东经 115°39' ~ 115°48',海拔 1 400 m,属高寒大陆性季风气候,一年内除夏季受东南暖湿气流影响外,较长时间受蒙古高压寒冷干旱气候控制。该地区年均气温 1.4℃, 10℃ 的年积温 1 513.1℃,无霜期 100 d 左右,年均降雨量 297 mm,主要集中在 7、8、9 月,年均风速 4.3 m/s,年均大风日数 49 d,年日照时数 2 930.9 h,以栗钙土、草甸土为主。该地区 2002—2003 年的月降雨量与月

平均温度见图 1(降雨量用量雨器与量筒测量,气温用辽阳精密仪器厂生产的 DWJ1-1 自动气温记录仪——双金属温度计测量)。扁穗冰草 (*Agropyron cristatum*) 品种为 Fairway,种子引自原产地加拿大。

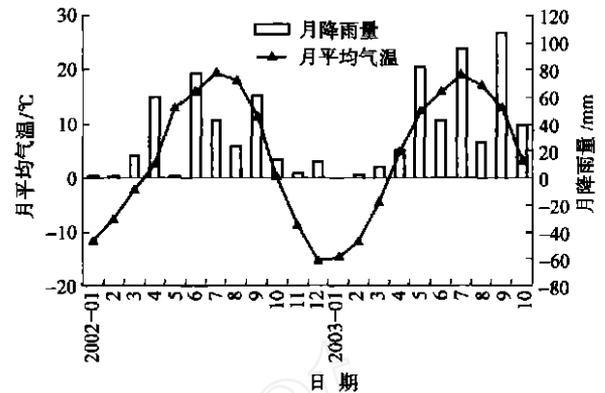


图 1 试验期内月平均气温与月降雨量

Fig. 1 Monthly temperature and precipitation from Jan 2002 to Oct 2003

1.2 小区设置

试验区设置在扁穗冰草种子田(面积为 20 hm²)内,设 48 个小区,每小区面积 5 m × 6 m,小区总面积 1 440 m²,试验区外围有 1 m 宽的隔离带。土壤为暗栗钙土,土层厚度 40 ~ 60 cm,有机质质量分数 3.959%,全氮质量分数 0.257%,速效氮 169.857 mg/kg,速效磷 4.179 mg/kg,速效钾 179.585 mg/kg,pH 9.33。2001 年 7 月上旬播种,播种量 15.0 kg/hm²,行距 15 cm,同时拌播种肥磷酸二铵 75 kg/hm²。

1.3 施肥处理

2002-05-08(2002 年春)、2002-08-27(2002 年秋)与 2003-05-01(2003 年春)追施氮肥(尿素)、磷肥(过磷酸钙与磷酸二铵)、钾肥(硫酸钾),其中施肥处理 15 个,对照 1 个,每处理重复 3 次。2002-06-20 在春季追施氮磷肥之后喷施叶面肥(氮素,质量分数 1% 尿素溶液)7.5 kg/hm²,其中处理 6、7 施用过磷酸钙,处理 8、10 和 11 施用磷酸二铵;2003 年春季追施磷酸二铵后进行疏行处理,使行距增加到 30 和 45 cm,05-20 在春季追肥后喷施抗倒伏剂(质量分数 0.15% 的 PP333 溶液)2.5 kg/hm²(表 1)。试验期间,返青期、拔节期、抽穗期、灌浆期以及果后营养期各浇水 1 次,灌水量 15 ~ 20 cm,并且冬季前深浇封冻水,灌水量 20 ~ 25 cm。

1.4 试验方法

1) 产量测定。2002、2003 年种子成熟期在各地

表 1 扁穗冰草施肥及疏行处理

Table 1 Fertilization and row spacing treatment with *Agropyron cristatum*kg · hm⁻²

处理 编号	2002 年 施肥处理	2003 年 ^b 施肥处理	2002 年春			2002 年秋		2003 年春			行距/ cm
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
CK	春 0	秋 0 春 0(CK)	0	0	0	0	0	0	0	0	15
1	春 N45	秋 0 春 N45	45	0	0	0	0	45	0	0	15
2	春 N90	秋 0 春 N90	90	0	0	0	0	90	0	0	15
3	春 N135	秋 0 春 N135	135	0	0	0	0	135	0	0	15
4	春 N180	秋 0 春 N180	180	0	0	0	0	180	0	0	15
5	春 P45	秋 N45 春 N180	0	45	0	45	0	180	0	0	15
6	春 N90P45 ^a	秋 N45 春 N180/ PP333	90	45	0	45	0	180 + PP ^d	0	0	15
7	春 N90P45	秋 N45 春 N90P45	90	45	0	45	0	90	45	0	15
8	春 K30	秋 0 春 N180 K30	0	0	30	0	0	180	0	30	15
9	春 N90P45 K30	秋 N45P45 春 N180 K30	90	45	30	45	45	180	0	30	15
10	春 N90P45/ N7.5	秋 N45P45 春 N90	90 + 7.5 ^c	45	0	45	45	90	0	0	15
11	春 N90/ 行距 30	秋 N45 春 N90/ 行距 30	90	0	0	45	0	90	0	0	30
12	春 N90/ 行距 45	秋 N45 春 N90/ 行距 45	90	0	0	45	0	90	0	0	45
13	春 N90	秋 N45 春 N90	90	0	0	45	0	90	0	0	15
14	春 N90	秋 N90 春 N90	90	0	0	90	0	90	0	0	15
15	春 N90	秋 N45 春 N135	90	0	0	45	0	135	0	0	15

注: N 为氮素, P 为 P₂O₅, K 为 K₂O; 下同。a. 处理 7 的磷肥是过磷酸钙; b. “2003 年施肥处理”包括 2002 年秋季与 2003 年春季施肥; c. 2002 年 6 月 20 日喷施叶面肥氮素 7.5 kg/hm²; d. 2003 年 5 月 20 日喷施抗倒伏剂 PP333 2.5 kg/hm²。

理中随机选择 1 m × 1 m 样方 3 个进行测定, 刈割生殖枝, 自然干燥后脱粒、清选、称重, 计算单位面积种子产量。

2) 产量组成因素测定。2002、2003 年开花盛期与灌浆期分别在各处理随机选取生殖枝 30 枝, 测量每枝小穗数、每小穗小花数和种子数, 种子成熟期(2002-08-21 与 2003-08-19) 测量 3 个 1 m × 1 m 样方内的生殖枝数、营养枝数, 计算每 m² 分蘖数。

3) 千粒重测定。用电子种子数粒仪 (Contafill 型) 分别数各处理净种子 1 000 粒, 称重, 重复 3 次, 计算种子千粒重。

2 结果与分析

2.1 春季施肥对扁穗冰草种子产量及其产量组成因素的影响

1) 春季施肥与种子产量。

与对照相比, 2002 年春季单施氮肥对扁穗冰草种子产量影响显著, 随施氮量增加, 种子产量增加, 施 N 180 kg/hm² 时, 种子产量最高达 605.3 kg/hm² (表 2), 而单施磷肥、钾肥对种子产量影响不显著。

比较处理 6、7 看出, 氮、磷配施处理可以增加种子产量, 其中施用过磷酸钙与磷酸二铵效果相近; 在氮、磷配施处理基础上, 增施钾肥对种子产量影响不显著; 抽穗初期 (06-20) 喷施叶面肥可以使种子产量得到较大提高。结果表明 2002 年限制扁穗冰草种子产量形成的主要营养元素依次是氮、磷、钾。

2003 年春季不同施氮量与种子产量相关性极显著 ($r = 0.984$)。随着施氮量的增加, 种子产量增加, 施 N 180 kg/hm² 时, 种子产量最高达 772.5 kg/hm² (表 3)。比较各处理的实际种子产量与各产量组成因素之间的相关性得出, 实际种子产量与单位面积生殖枝数相关性显著 ($r = 0.937$), 表明单位面积生殖枝数是影响种子产量的主要组成因素。

连续 2 年不施肥, 2003 年扁穗冰草种子产量比 2002 年下降 50.9%, 连续 2 年春季施氮, 除处理 1 外各施氮处理的种子产量均提高, 其中施 N 135 kg/hm² 时, 提高幅度最大为 85.6%。

2) 春季施肥与产量组成因素。

2002 年春季单施氮肥处理的扁穗冰草各产量组成因素随施氮量增加而增加, 与对照相比, 除每

表2 2002年春季施肥对扁穗冰草实际种子产量、产量组成因素及分蘖的影响
Table 2 Effect of fertilization application on seed yield, yield components and tillers for *Agrocyron cristatum* in the spring of 2002

处理编号	施肥处理	营养枝数/ (枝·m ⁻²)	生殖枝数/ (枝·m ⁻²)	生殖枝小穗数/ (个·枝 ⁻¹)	小花数/ (朵·小穗 ⁻¹)	种子数/ (粒·小穗 ⁻¹)	千粒重/ g	实际种子产量/ (kg·hm ⁻²)
CK	春0	784.0 a	194.3 bc	21.3 a	6.3 ab	3.0 a	1.967 a	227.1 b
1	春N45	788.3 a	287.0 abc	26.2 a	6.7 ab	3.4 a	2.267 a	367.7 ab
2	春N90	675.3 ab	427.0 a	26.2 a	6.3 ab	3.8 a	2.367 a	465.6 ab
3	春N135	705.3 ab	261.7 abc	27.4 a	6.8 ab	3.5 a	1.800 a	357.1 ab
4	春N180	679.7 ab	363.0 ab	25.7 a	6.8 ab	3.9 a	2.500 a	605.3 a
5	春P45	689.3 ab	235.0 abc	21.8 a	5.8b	2.9 a	2.033 a	296.0 ab
6	春N90P45 *	554.3 ab	269.7 abc	25.1 a	6.4 ab	3.2 a	2.433 a	371.6 ab
7	春N90P45	693.7 ab	217.0 abc	25.1 a	6.2 ab	3.1 a	2.000 a	367.1 ab
8	春K30	616.0 ab	231.0 abc	25.4 a	6.1b	3.7 a	2.233 a	300.8 ab
9	春N90P45K30	740.3 a	354.7 ab	23.8 a	6.5 ab	3.7 a	2.233 a	361.4 ab
10	春N90P45/N7.5	689.0 ab	353.0 ab	24.3 a	6.6 ab	3.9 a	2.067 a	537.9 a
11	春N90/行距30	496.7 ab	229.3 abc	24.6 a	7.0 ab	4.1 a	2.233 a	411.6 ab
12	春N90/行距45	295.3b	113.7c	22.4 a	7.8 a	3.9 a	2.367 a	364.0 ab

注:同列中不同字母表示在0.05水平上差异显著。下同。

m²生殖枝数差异显著外,其余均不显著,施N 90 kg/hm²时,生殖枝数最高达427.0枝/m²,施N 135 kg/hm²时,每生殖枝小穗数最高为27.4个,施N 180 kg/hm²时,小花数最多达6.8朵/小穗,种子数最高为3.9粒/小穗(表2)。与对照比较,春季单施磷肥、钾肥以及氮、磷、钾配施处理的生殖枝数与小穗数均有增加,氮、磷、钾配施与氮、磷配施基础上喷施叶面肥(质量分数1%尿素)处理的生殖枝数增加较多,达300枝/m²以上,其余各处理影响均不显著。春季喷施叶面肥、氮肥、磷肥、钾肥单施以及氮、磷、钾肥配施等处理对扁穗冰草每小穗小花数和种子数及种子千粒重影响均不显著。2003年春季施氮使扁穗冰草种子产量组成因素提高,除小花数外,各施氮处理的产量组成因素均显著高于对照,并随施氮量的增加而增加,其中各施氮处理下的生殖枝数、小穗数与各施氮量之间相关性显著($r=0.912$ 、 0.888),施N 90 kg/hm²时,种子千粒重最高为2.650 g,施N 135 kg/hm²时,生殖枝数、小花数、种子数最高,分别为1031.7枝/m²、4.8朵/小穗、3.0粒/小穗,施N 180 kg/hm²时,每生殖枝小穗数最高达24.9(表3)。

2002、2003连续2年春季施氮的每m²扁穗冰草营养枝数、生殖枝数与种子千粒重均有提高,随施氮量增加,提高幅度增大,施N 135 kg/hm²时,生殖枝数和种子千粒重提高最多,分别为294.3%和36.1%。2003年施氮与对照的扁穗冰草单位面积分蘖数比2002年均大幅度增加(各处理平均增加110.6%),小穗数、小花数、种子数均减少,但施氮减缓了3种产量组成因素的下降,施N 180 kg/hm²时,每生殖枝小穗数由不施氮处理减少10.3%下降到减少3.1%。

2.2 秋春施肥对扁穗冰草种子产量及其组成因素的影响

1) 秋春施肥与种子产量。

2002年秋、2003年春对扁穗冰草进行施肥处理,结果表明,各处理的扁穗冰草种子产量比对照均显著增加,其中秋春氮、磷、钾配施影响最大,种子产量达831.1 kg/hm²(表3)。

比较表3中实际种子产量可知,2002年秋季施N 45 kg/hm²,2003年春季施N 90 kg/hm²种子产量最高,之后随春季施氮量增加,种子产量下降,其变化趋势与处理2、3和4种子产量随春季施氮量的变化趋势相反,表明秋季施氮可以使种子产量在第

表 3 2003 年秋春施肥对扁穗冰草实际种子产量、产量组成因素及分蘖数的影响

Table 3 Effect of fertilization application on seed yield, yield components and tillers of *Agropyron cristatum* in the autumn of 2002 and in the spring of 2003

处理编号	2003 年施肥处理	营养枝数/ (枝 \cdot m $^{-2}$)	生殖枝数/ (枝 \cdot m $^{-2}$)	小穗数/ (个 枝 $^{-1}$)	小花数/ (朵 小穗 $^{-1}$)	种子数/ (粒 小穗 $^{-1}$)	千粒重/ g	实际种子产量/ (kg \cdot hm $^{-2}$)
CK	秋 0 春 0	1 844.0 a	330.7 d	19.1 e	4.0 d	2.1 e	2.100 e	111.5 c
1	秋 0 春 N45	1 516.3 ab	755.3 bc	23.2 cde	4.4 bcd	2.6 cde	2.383 de	334.1 bc
2	秋 0 春 N90	1 548.7 ab	767.0 bc	22.9 de	4.7 bc d	2.8 bcde	2.650 abcd	555.6 ab
3	秋 0 春 N135	1 338.3 ab	1 031.7 abc	24.8 cd	4.8 bcd	3.0 abcd	2.450 bcd	662.9 ab
4	秋 0 春 N180	1 404.0 ab	1 001.7 abc	24.9 cd	4.3 bcd	2.4 de	2.517 bcd	772.5 a
5	秋 N45 春 N180	1 371.0 ab	926.3 abc	25.0 bcd	5.0 abc	3.2 abc	2.533 bcd	658.9 ab
6	秋 N45 春 N180/ PP333	1 255.3 ab	1 091.7 abc	25.2 bcd	4.6 bcd	2.9 abcde	2.767 ab	793.5 a
7	秋 N45 春 N90P45	946.3 abc	1 231.7 a	28.6 abc	4.2 cd	2.4 de	2.667 abcd	657.0 ab
8	秋 0 春 N180K30	1 488.0 ab	693.7 c	22.6 de	5.0 abc	3.1 abcd	2.733 abc	609.2 ab
9	秋 N45P45 春 N180K30	904.7 abc	1 181.7 ab	27.0 abcd	4.7 bcd	3.1 abcd	2.617 abcd	831.1 a
10	秋 N45P45 春 N90	1 060.3 abc	1 105.7 abc	25.9 bcd	4.6 bcd	2.7 bcde	2.383 de	661.4 ab
11	秋 N45 春 N90/ 行距 30	695.0 bc	959.3 abc	30.5 ab	4.8 bc	3.2 abc	2.617 bcd	851.3 a
12	秋 N45 春 N90/ 行距 45	293.3 c	767.0 bc	32.3 a	5.6 a	3.6 a	2.917 a	924.3 a
13	秋 N45 春 N90	1056.7 ab	1 206.0 a	28.3 abcd	4.6 bcd	3.4 ab	2.383 d	787.2 a
14	秋 N90 春 N90	1 138.7 ab	1 120.0 abc	28.0 abcd	4.3 bcd	2.8 bcde	2.400 de	805.4 a
15	秋 N45 春 N135	1 324.3 ab	1 028.7 abc	25.4 bcd	4.7 bcd	3.0 abcd	2.450 cd	659.8 ab
R ₁	—	- 0.859	0.912 *	0.888 *	0.606	0.453	0.650	0.984**
R ₂	—	- 0.891 *	0.937 *	0.916	0.726	0.579	0.771	

注: R₁ 表示处理 1~5 的不同施氮量与各产量组成因素、实际种子产量之间的相关性; R₂ 表示处理 1~5 的实际种子产量与各产量组成因素之间的相关性; *表示在 0.05 水平上相关性显著, **表示在 0.01 水平上的相关性显著。

2 年春季施氮量较低的水平 (N 90 kg/hm²) 下达到最高,另外,比较处理 3 与 13、处理 4 与 14 可以看出,同一施氮量 (N 135 kg/hm² 或 N 180 kg/hm²) 下,秋春分施氮肥处理的种子产量高于春季 1 次施氮处理的,秋施 N 90 kg/hm²、春施 N 90 kg/hm² 时种子产量相对较高,为 805.4 kg/hm²。

2) 秋春施肥与产量组成因素。

2002 年秋、2003 年春不同施肥处理的扁穗冰草各产量组成因素均高于对照,其中秋春施肥与不施肥之间,生殖枝数、小穗数差异显著,小花数除处理 5 和 8 外差异不显著,种子数除处理 6、7、10 和 14 外差异显著,种子千粒重除处理 10、13 和 14 外差异显著(表 3)。

比较表 3 中处理 13、15 和 5,2002 年秋季施 N 45 kg/hm² 时,2003 年春季施 N 90 kg/hm² 的扁穗

冰草生殖枝数、小穗数、种子数最高,之后随春季施氮量增加而下降,营养枝数、小花数、种子千粒重随春季施氮量增加而增加,施 N 180 kg/hm² 时达到最高,除种子数外,其变化趋势与处理 2、3 和 4 各产量组成因素随施氮量变化的趋势基本相反,表明秋季施氮可以使生殖枝数、小穗数、种子数在第 2 年春季施氮量较低的水平 (N 90 kg/hm²) 下达到最高,同时,比较处理 13 与 3、处理 14 与 4 可以看出,处理 13、14 的生殖枝数、小穗数、种子数均高于处理 3、4 的,说明同一施氮量下,与春季一次性施氮相比,秋春分施氮肥更有利于扁穗冰草种子产量组成因素的提高,其中,秋施 N 45 kg/hm²、春施 N 90 kg/hm² 时生殖枝数、小穗数、种子数最大。

与处理 13 比较,春季追施 P₂O₅ 45 kg/hm² 处理的扁穗冰草生殖枝数、小穗数、种子千粒重较高,

分别为 1 231.7 枝/ m^2 、28.6 个/枝、2.667 g;同时春季追施磷肥处理的每 m^2 生殖枝数高于秋季追施磷肥处理的,春季追施 K_2O 30 kg/ hm^2 处理的小花数、种子数、种子千粒重均高于处理 4,表明春季追施磷肥可以增加生殖枝数、小穗数、种子千粒重,春季追施钾肥有利于小花数、种子数、种子千粒重的提高。

2.3 疏行对扁穗冰草种子产量及产量组成因素的影响

2003 年疏行处理与不疏行处理相比(表 3),每 m^2 营养枝数和生殖枝数随行距增大而减少,但每生殖枝小穗数和每小穗小花数和种子数、种子千粒重以及种子产量随行距增大而增加,其中疏行与不疏行之间的营养枝数、生殖枝数、小花数、种子千粒重差异显著,小穗数与种子数差异不显著,行距为 45 cm 时,种子产量最高,为 924.3 kg/ hm^2 ,各种子产量组成因素除生殖枝数最低外亦达到最大。

3 结论

1) 限制扁穗冰草种子产量形成的主要营养元素依次是氮、磷、钾。不施肥,扁穗冰草种子产量明显下降,连续 2 年施肥,种子产量大幅度增加。同一施氮量下,秋春分施氮肥处理的种子产量高于春季 1 次施氮处理的。

2) 连续 2 年疏行处理,扁穗冰草种子产量大幅度提高,其中秋施 N 45 kg/ hm^2 、春施 N 90 kg/ hm^2 时,疏行到 45 cm 的扁穗冰草种子产量最高达 924.3 kg/ hm^2 。疏行处理可以增加扁穗冰草小穗、小花、种子数量以及种子千粒重。

3) 连续 2 年春季施肥显著增加扁穗冰草种子产量各组成因素数量。秋季施氮可以显著增加第 2 年单位面积生殖枝数;同一施氮量下,秋春分施氮肥比春季 1 次施氮更有利于扁穗冰草种子产量组成因素提高,秋施 N 45 kg/ hm^2 、春施 N 90 kg/ hm^2 时,生殖枝数/ m^2 、小穗数/生殖枝、种子数/小穗最大;春季

施磷有利于扁穗冰草生殖枝数、小穗数和种子千粒重增加;春季施钾有利于小花数、种子数及种子千粒重提高。

参 考 文 献

- [1] Hampton J G. Temperate herbage seed production: An overview[J]. J Appli Seed Produ, 1991, 9(Suppl): 2-13
- [2] Hampton J G. Herbage seed lot vigor: Do problems start with seed production[J]. J Appl Seed Produ, 1991, 9: 87-93
- [3] Young W C, Chilcote D O, Youngberg H W. Seed yield response of perennial ryegrass to spring applied nitrogen at different rates of paclobutrazol[J]. J Appl Seed Produ, 1995, 13: 10-15
- [4] 韩建国. 国内外草坪草种子生产[J]. 北京园林, 2000(2): 23-26
- [5] Loepky H A, Horton P R, Bittman S, et al. Forage seed yield response to N and P fertilizers and soil nutrients in northeastern Saskatchewan[J]. Can J Soil Sci, 1999, 79: 265-271
- [6] Cookson W R, Rowarth J S, Cameron K C. The response of a perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) seed crop to nitrogen fertilizer application in the absence of moisture stress[J]. Grass and Forage Science, 2000, 55: 314-325
- [7] Allison K J, Ashton D B, Darbyshire S J. Identification of florets of meadow brome (*Bromus riparius*) and smooth brome (*Bromus inermis*) [J]. Seed Sci and Technol, 2001, 29: 99-108
- [8] Heather A, Loepky, Bruce E, et al. Crop residue removal and nitrogen fertilization affects seed production in Meadow brome grass[J]. Agron J, 2002, 94:450-454
- [9] 云锦凤, 米福贵, 杜建才. 冰草茎生长锥分化、幼穗形成及小孢子发育[J]. 中国草地, 1989(5): 30-35
- [10] 陈志宏, 韩建国, 秦歌菊, 等. 冰草种子发育过程中活力变化的研究[J]. 草业学报, 2004, 13(2): 94-98