



# 灌溉及多效唑对蓝茎冰草生长及种子产量的影响

徐坤<sup>1,2</sup>, 李世忠<sup>3</sup>

(1. 宁夏大学西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 宁夏 银川 750021;

2. 宁夏大学西部生态与生物资源开发联合研究中心, 宁夏 银川 750021; 3. 宁夏农业勘查设计院, 宁夏 银川 750002)

**摘要:**在甘肃省酒泉地区研究灌溉和多效唑对蓝茎冰草(*Agropyron smithii*)种子产量及其构成要素的影响。结果表明,蓝茎冰草从返青到收获,返青期、拔节期、抽穗期、灌浆期、盛花期灌溉5次水的生殖枝数/m<sup>2</sup>、小穗数/生殖枝和种子产量最高,但每个时期的灌溉量不宜过于充足,以防止植株倒伏;拔节期灌溉有利于生殖枝数/m<sup>2</sup>和种子数/小穗的增加,生殖枝数/m<sup>2</sup>和种子数/小穗与种子产量之间相关性极显著;返青期一次性喷施0.022 5%的多效唑0.3 kg/hm<sup>2</sup>对提高生殖枝数/m<sup>2</sup>、小穗数/生殖枝、小花数/小穗、种子数/小穗以及种子产量效果显著;灌施多效唑有效地提高了种子数/小穗,最终也提高了种子产量。多效唑喷施的效果较灌施好。

**关键词:**蓝茎冰草;种子产量;灌溉;多效唑

中图分类号:S543+.907.1

文献标识码:A

文章编号:1001-0629(2011)07-1291-05

\*<sup>1</sup> 蓝茎冰草(*Agropyron smithii*)具有适应性广、抗逆性强和营养价值高等特点,可用于饲养家畜、建植绿地和水土保持。近年来,随着我国对生态环境的日益重视,以及中央和地方对西部开发、生态环境建设投资力度的加大,作为一种根茎发达,抗旱性、耐寒性及对土壤和气候的适应性均较强的牧草,蓝茎冰草已经被广泛应用于控制水土流失。由此导致对蓝茎冰草种子的需求量剧增,牧草种子生产国产化形势日益迫切。但我国牧草、草坪草种子生产刚刚起步,生产技术落后,急需提高种子质量和产量的技术<sup>[1]</sup>。

气候条件是决定牧草种子生产的关键因素<sup>[2]</sup>,但获得优质高产的种子,还必须采用先进的管理措施,其中灌溉是干旱与半干旱地区农业生产的根本<sup>[3]</sup>,而种子田的灌溉管理与牧草生产截然不同<sup>[4]</sup>。灌溉量过高,将促进植株营养体生长,降低种子产量<sup>[5]</sup>;灌溉不足,造成水分胁迫,同样会降低种子产量<sup>[4]</sup>。灌溉对生殖枝转化影响显著,灌溉不足生殖枝数量减少,小穗、小花分化减弱<sup>[6]</sup>,高羊茅(*Festuca elata*)返青期、拔节期、抽穗期、灌浆期4次灌水,每次灌水900 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,生殖枝数/m<sup>2</sup>最高,小穗数/生殖枝、小花数/小穗、种子数/小穗接近最高,潜在种子产量、表现种子产量和实际种子产量最高<sup>[7]</sup>。生长调节剂能抑制植株节间的伸长,增加抗倒伏能力,降低败育率,促使种子的成熟期趋于一致,减少

落粒损失,提高种子产量。灌施和喷施多效唑(PP<sub>333</sub>)都能显著提高多年生黑麦草(*Lolium perenne*)的千粒重和种子产量,两者之间差异不显著,而在对结实率的影响方面,两者之间差异显著<sup>[8]</sup>。

本研究分析灌溉次数以及生长调节剂不同使用方式对蓝茎冰草种子产量构成要素和种子产量的影响,为确定最佳灌溉次数和PP<sub>333</sub>最佳使用方式提供依据,同时为蓝茎冰草种子生产提供基础数据。

## 1 试验地自然概况

**1.1 气候概况** 试验地设在成都大业国际投资股份有限公司酒泉种业基地(98°30' E, 39°37' N),海拔1 480 m,距离酒泉市区30 km。气候干燥少雨,蒸发量高,昼夜温差大,属于典型的大陆型气候。年均温7.3℃,≥0℃年积温3 461.9℃·d,≥10℃年积温2 954.4℃·d,无霜期130 d,年均降水量85.3 mm,蒸发量2 148.8 mm,年平均相对湿度46%。当地日照时间长,太阳辐射资源丰富,年日照时数3 033.4 h,年太阳辐射总量为6.1×10<sup>6</sup> kJ/m<sup>2</sup>,对作物的干物质积累非常有利。

**1.2 土壤状况** 试验地土壤为沙壤土,返青期用

\* 收稿日期:2010-10-14 接受日期:2010-11-26  
基金项目:国家“948”重大项目(202009)专题“牧草种子生产的研究与示范”  
作者简介:徐坤(1979-),女,宁夏银川人,助理研究员,在读博士生,主要从事草地生态、资源与环境领域的研究。  
E-mail:akong129@126.com

土钻在试验地 8 个未施肥小区分别按 0~20、20~40、40~60 cm 分层取土样,同层土样均匀混合,用

1/2 法获得测样土壤,根据《土壤农化分析手册》<sup>[9]</sup>分析化验,得到土壤的基本理化性状(表 1)。

表 1 试验地土壤基本理化性状

土层(cm)	pH 值	全盐 (%)	有机质 (%)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)
0~20	8.34	0.1	0.59	37.64	37.61	134.80	0.573	0.733	35.47
20~40	8.08	0.3	0.49	26.52	16.17	80.80	0.430	0.655	37.26
40~60	8.14	0.4	0.37	16.26	5.00	68.78	0.256	0.614	38.83

## 2 材料与方法

**2.1 供试材料** 蓝茎冰草品种名为 Rosanna, 种子引自美国,原产地美国。生长于北美半干旱平原地区。它的适应性很广,尤其适应于较温暖、较潮湿的气候。

**2.2 试验背景** 该蓝茎冰草品种已经在酒泉试验地生长 3 年(共 6.67 hm<sup>2</sup>),长势良好。2005 年春季播种,播种时,施基肥磷酸二铵 225 kg/hm<sup>2</sup> 和过磷酸钙 150 kg/hm<sup>2</sup>,播量 22.5 kg/hm<sup>2</sup>,行距 60 cm,苗期锄草 1 次,中耕锄草 1 次,全年灌水 5 次;当年无种子产量,9 月 16 日留茬 7~8 cm 刈割,将残茬运走。次年春季返青前施尿素 180 kg/hm<sup>2</sup>、过磷酸钙 360 kg/hm<sup>2</sup>,秋季收获后施尿素 120 kg/hm<sup>2</sup>、过磷酸钙 180 kg/hm<sup>2</sup>,抽穗期除杂草一次,全年灌水 5 次,第 3 年春季返青前疏枝一次。

**2.3 试验处理** 试验地共分为 60 个小区,每小区面积 4 m×7 m。试验区于春季灌返青水前先用拖

拉机开沟施入 N 90 kg/hm<sup>2</sup>,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60 kg/hm<sup>2</sup>,然后人工打埂分区。采用区组试验设计(表 2),A 处理有 3 个水平,分别为 A<sub>1</sub>(不用 PP<sub>333</sub>)、A<sub>2</sub>(灌返青水前 1 h,叶面喷施 PP<sub>333</sub>)和 A<sub>3</sub>(灌返青水时,在小区内顺行灌施配好的 PP<sub>333</sub> 溶液),其中 PP<sub>333</sub> 施用质量分数为 0.022 5%,施用量为 0.30 kg/hm<sup>2</sup>,即每小区用 5.6 g PP<sub>333</sub> 兑水 3.73 kg;B 处理为 5 个灌溉水平,分别是 B<sub>1</sub>(仅返青期灌水)、B<sub>2</sub>(返青期、抽穗期灌水)、B<sub>3</sub>(返青期、抽穗期、灌浆期灌水)、B<sub>4</sub>(返青期、拔节期、抽穗期、灌浆期灌水)和 B<sub>5</sub>(返青期、拔节期、抽穗期、盛花期、灌浆期灌水),灌水量为每次 900 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,灌浆期灌溉量适当减少。试验区外围有 2 m 宽的隔离带与大田隔离,拔节期进行 1 次除草,抽穗末期进行 1 次人工除杂,盛花期进行 2 次人工拉绳辅助授粉,2 次授粉间隔为 5 d。肥料选用尿素(有效成分 N≥46.4%),过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>≥16%),PP<sub>333</sub> 为 15%的可湿性粉剂。

表 2 蓝茎冰草灌溉试验设计方案

灌溉水平	多效唑施用方式		
	A <sub>1</sub> (不施 PP <sub>333</sub> )	A <sub>2</sub> (喷施 PP <sub>333</sub> )	A <sub>3</sub> (灌施 PP <sub>333</sub> )
B <sub>1</sub> (返青水)	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>
B <sub>2</sub> (返青水+抽穗水)	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>
B <sub>3</sub> (返青水+抽穗水+灌浆水)	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>
B <sub>4</sub> (返青水+抽穗水+灌浆水+拔节水)	A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>4</sub>
B <sub>5</sub> (返青水+抽穗水+灌浆水+拔节水+盛花水)	A <sub>1</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>5</sub>

## 2.4 测定项目

**生殖枝数:** 收获期,在各小区随机选 3 个 1 m<sup>2</sup> 样方,计算生殖枝数。

**小穗数:** 收获期,在各小区随机选 20 个生殖枝,数取每个生殖枝上的小穗数。

**小花数:** 收获期,在生殖枝的上、中、下部各取 1

个小穗,数取小穗的小花数。

**种子数:** 收获期,在生殖枝的上、中、下部各取 1 个小穗,数取小穗的种子数。

**千粒重:** 种子风干清选后,各处理随机取 100 粒称量,重复 8 次,最后折算为千粒重。

**种子产量:** 在各小区随机刈割 3 个 1 m<sup>2</sup> 样方,

分别脱粒、风干后称量,折算为每公顷种子产量。

**2.5 数据分析** 统计分析中,不同处理间的显著性检验采用 DPS 软件进行处理<sup>[10]</sup>,相关性检验采用 SPSS 软件处理<sup>[11]</sup>,制图及数据计算使用 Microsoft Excel 软件处理<sup>[12]</sup>。

### 3 结果

**3.1 生殖枝数** 在只灌溉返青水的情况下,喷施 PP<sub>333</sub> 显著地降低了生殖枝数/m<sup>2</sup> ( $P < 0.05$ ),灌施 PP<sub>333</sub> 对生殖枝数/m<sup>2</sup> 有所提高(表 3)。其他各灌溉水平下,PP<sub>333</sub> 的施用对生殖枝数/m<sup>2</sup> 都有不同程度的提高,其中,在只灌返青水+抽穗水的情况下,喷施和灌施 PP<sub>333</sub> 都显著地提高了生殖枝数/m<sup>2</sup> ( $P < 0.05$ );在灌返青水+抽穗水+灌浆水+拔节水的情况下,喷施 PP<sub>333</sub> 显著提高了生殖枝数/m<sup>2</sup> ( $P < 0.05$ ),灌施 PP<sub>333</sub> 影响不显著( $P > 0.05$ )。

**3.2 小穗数** 各灌溉水平下,喷施 PP<sub>333</sub> 不同程度地提高了各处理小穗数/生殖枝,其中在灌返青水+抽穗水+灌浆水+拔节水的情况下,喷施 PP<sub>333</sub> 对提高小穗数/生殖枝效果显著,与灌施 PP<sub>333</sub> 处理间差异显著( $P < 0.05$ )。各个处理中,灌施 PP<sub>333</sub> 对提高小穗数/生殖枝效果不显著( $P > 0.05$ ),其中在灌返青水+抽穗水+灌浆水+拔节水+盛花水的情况下,灌施 PP<sub>333</sub> 反而降低了小穗数/生殖枝,并且与喷施 PP<sub>333</sub> 的处理间差异显著( $P < 0.05$ )(表 3)。

**3.3 小花数** 各灌溉水平下,喷施和灌施 PP<sub>333</sub> 可不同程度地提高小花数/小穗,但各处理间差异不显著( $P > 0.05$ ),最大值出现在灌返青水+抽穗水+灌浆水时灌施 PP<sub>333</sub> 和灌返青水+抽穗水+灌浆水+拔节水时喷施 PP<sub>333</sub> 的情况下。

**3.4 种子数** 各灌溉水平下,喷施和灌施 PP<sub>333</sub> 都不同程度地提高了种子数/小穗,其中在灌返青+抽穗水和返青水+抽穗水+灌浆水+拔节水+盛花水的情况下,喷施和灌施 PP<sub>333</sub> 都显著提高了种子数/小穗( $P < 0.05$ ),但两种施用方式间差异不显著( $P > 0.05$ );总体分析后发现,灌施 PP<sub>333</sub> 对提高种子数/小穗的效果比喷施略好,其中在灌返青水+抽穗水+灌浆水的情况下,灌施 PP<sub>333</sub> 明显提高了种子数/小穗,与喷施间差异显著( $P < 0.05$ ),出现最大值(表 3)。

**3.5 千粒重** 在只灌溉返青水和返青水+抽穗水的情况下,喷施和灌施 PP<sub>333</sub> 都不同程度地提高了种子千粒重,但差异不显著( $P > 0.05$ );在灌返青水+抽穗水+灌浆水的情况下,PP<sub>333</sub> 两种施用方式间差异显著( $P < 0.05$ ),喷施 PP<sub>333</sub> 提高千粒重的效果显著好于灌施 PP<sub>333</sub> ( $P < 0.05$ ),并且出现最大值;灌溉水平继续提高,喷施和灌施 PP<sub>333</sub> 反而降低了种子千粒重(表 3)。

**3.6 种子产量** 在只灌返青水时,喷施 PP<sub>333</sub> 降低

表 3 灌水及多效唑对蓝茎冰草种子产量及其构成要素的影响

编号	试验处理	生殖枝数/m <sup>2</sup>	小穗数/生殖枝	小花数/小穗	种子数/小穗	千粒重(g)	种子产量(kg/hm <sup>2</sup> )
1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	458.8ab	14.7b	7.7a	5.0e	4.361bc	2 249.6bc
2	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	235.2d	15.7ab	8.0a	5.3de	4.736ab	1 396.3de
3	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	548.0a	14.7b	7.7a	5.7cde	4.506ab	2 776.6ab
4	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	251.2d	14.3b	8.0a	5.0e	4.374bc	1 260.2e
5	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	556.4a	15.3ab	8.3a	6.7ab	4.453bc	3 166.3a
6	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	494.8ab	15.7ab	8.0a	6.3abc	4.467bc	2 770.8ab
7	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	176.5d	14.3b	8.0a	5.0e	4.632ab	937.6e
8	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	245.2d	15.3ab	8.7a	5.7cde	4.900a	1 596.7cde
9	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	502.0ab	14.7b	9.0a	7.0a	4.399bc	2 915.0a
10	A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	236.2d	14.7b	8.3a	5.7cde	4.428bc	1 278.3e
11	A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	464.9ab	16.3a	9.0a	6.0bcd	4.340bc	2 966.2a
12	A <sub>3</sub> B <sub>4</sub>	286.9cd	14.7b	8.3a	6.3abc	4.074c	1 428.3de
13	A <sub>1</sub> B <sub>5</sub>	389.9bc	15.0ab	7.7a	5.0e	4.533ab	2 032.4cd
14	A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	485.3ab	16.3a	8.3a	6.3abc	4.532ab	2 994.0a
15	A <sub>3</sub> B <sub>5</sub>	484.0ab	14.3b	8.3a	6.7ab	4.775ab	2 760.5a

注:同列中不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。

了实际种子产量,灌施 PP<sub>333</sub>对实际种子产量有所提高,喷施和灌施 PP<sub>333</sub>之间差异显著( $P < 0.05$ );其他各灌溉水平下,喷施和灌施 PP<sub>333</sub>都不同程度地提高了实际种子产量,在只灌返青水+抽穗水的情况下,喷施和灌施 PP<sub>333</sub>效果显著,其中喷施 PP<sub>333</sub>处理的实际种子产量达到最大值;在灌返青水+抽穗水+灌浆水的情况下,灌施 PP<sub>333</sub>效果显著,与喷施 PP<sub>333</sub>之间差异显著( $P < 0.05$ );在灌返青水+抽穗水+灌浆水+拔节水的情况下,喷施 PP<sub>333</sub>效果显

著,与灌施 PP<sub>333</sub>之间差异显著( $P < 0.05$ );在灌返青水+抽穗水+灌浆水+拔节水+盛花水的情况下,喷施和灌施 PP<sub>333</sub>效果显著,但两者之间差异不显著( $P > 0.05$ )(表 3)。

**3.7 相关分析** 综合各处理的数据进行 Pearson 相关分析后发现,实际种子产量与生殖枝数/ $m^2$  和种子数/小穗之间呈极显著正相关;实际种子产量与千粒重之间表现为负相关,但不显著(表 4)。

表 4 各处理与蓝茎冰草实际种子产量与其构成要素的相关性

相关性	生殖枝数/ $m^2$	小穗数/生殖枝	小花数/小穗	种子数/小穗	千粒重
R <sub>1</sub>	0.994**	0.738	-0.788	-0.288	-0.372
R <sub>2</sub>	0.926**	0.464	0.180	0.706**	-0.089

注:R<sub>1</sub>表示各处理不同灌溉次数下(不施 PP<sub>333</sub>)种子产量与其产量构成要素之间的相关性;R<sub>2</sub>表示各处理的种子产量与其构成要素之间的相关性。\*表示在 0.05 水平上相关性显著,\*\*表示在 0.01 水平上相关性显著。

## 4 讨论与结论

### 4.1 施氮量对种子产量及其构成要素的影响

蓝茎冰草种子田在只灌溉返青水的情况下,生殖枝数/ $m^2$  最多,之后随着灌溉次数的增多,生殖枝数/ $m^2$  反而下降,这可能是由于蓝茎冰草属于强根茎型禾草<sup>[13]</sup>,过多的水分对其营养生长和营养繁殖更为有利。种子生产对灌水的需求取决于土壤质地、土层深度、降水量、蒸发量、气温、生长期持续时间,以及耕作方式<sup>[14]</sup>,不同气候区域与不同土壤类型,其灌溉制度不同。蓝茎冰草试验地土壤为沙壤土,持水性较差,而且蓝茎冰草的整个生长季持续约 5 个月,所以只灌溉返青水是不够的,但本研究中只灌溉返青水的处理实际种子产量却最高,主要是因为试验区之间水分互渗比较严重,只灌溉返青水的小区实际并不干旱,而且由于水分不是过于充足,反而抑制了营养体的生长,促进了生殖枝的生长,最终导致生殖枝数/ $m^2$  和实际种子产量都最高。除灌溉量之外,灌溉时期对牧草种子生产同样重要。不同时期灌溉对禾本科牧草影响不同,牧草种子田应重视分蘖期、拔节期和抽穗期灌水,结合追肥或单独进行,同时还应该重视灌浆期灌水,促进籽粒形成,提高千粒重,但灌水过多,容易引起植株倒伏,降低种子产量。蓝茎冰草在整个生长季,拔节期灌水显著提高了生殖枝数/ $m^2$ 、种子数/小穗和实际种子产量,缺少拔节期灌水,这些指标的值无法用增加抽穗水和灌浆水去弥补;抽穗期灌溉有助于小花数/小穗

的提高;灌浆期灌溉显著提高了蓝茎冰草种子的千粒重;盛花期灌溉降低了小花数/小穗、种子数/小穗,但有助于千粒重和种子产量的提高。蓝茎冰草种子生产田需保证返青期、拔节期、抽穗期、灌浆期以及盛花期 5 次灌水,但由于根茎类型不同,每次的灌溉量需要减少,具体的灌溉量要根据土壤类型和气候特征而定。

### 4.2 多效唑对种子产量及其构成要素的影响

在只灌返青水的情况下,喷施多效唑减少了生殖枝数/ $m^2$ ,最终降低了实际种子产量,但灌施有效地提高了生殖枝数/ $m^2$  和实际种子产量,这可能是因为在灌水不足的情况下,灌施多效唑有效地抑制了蓝茎冰草地下根茎的生长,而喷施对生殖枝的转化有一定的抑制作用;在保证返青期、拔节期、抽穗期和盛花期 4 个时期的灌水时,返青期一次性喷施 0.022 5% 的多效唑 0.3 kg/hm<sup>2</sup> 对提高生殖枝数/ $m^2$ 、小穗数/生殖枝、小花数/小穗、种子数/小穗以及实际种子产量效果显著;灌施多效唑有效地提高了种子数/小穗,最终也提高了实际种子产量。兰剑等<sup>[8]</sup>在对黑麦草的试验中发现,在春季返青期施用多效唑可提高多年生黑麦草的结实率,增加有效分蘖,穗长和千粒重降低,落粒率降低 10%,种子产量提高 13.9%,而且在用量相同的条件下,灌施比叶面喷施的效果更好。而本研究蓝茎冰草种子生产中,在灌溉满足生长需要的前提下,春季返青期施用多效唑对提高种子产量效果显著。灌溉过于充足

时,生殖枝高度明显上升,容易引起倒伏,使种子败育,减少了种子数/小穗,最终导致种子产量下降。本研究中考虑到多效唑具有2~3年的残效性,因此,在蓝茎冰草种子生产田中,可以加大多效唑的初次施用量,一次性施入。

### 参考文献

- [1] 韩建国. 实用牧草种子学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1997: 15-28.
- [2] 韩建国, 毛培胜. 牧草种子生产的地域性[A]. 见: 洪绂曾, 任继周. 草业与西部大开发[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 30-36.
- [3] Hillel D. Role of irrigation in Agricultural Systems[A]. In: Stewart B A, Nielsen D R. Irrigation of Agricultural Crops [M]. Madison: ASA- CSSA-SSSA, 1990: 6-29.
- [4] Hageman R W, Willardson S, Marsh A W. Irrigation for maximum alfalfa seed yield[J]. California Agriculture, 1975, 29: 14-15.
- [5] Beukes D J, Barnard S D. Effects of level and timing of irrigation on growth and water use of alfalfa[J]. South Africa Journal of Plant Soil, 1985, 2: 197-202.
- [6] Rolston M P, Rowarth J S, DeFilippi J M. Effects of water and nitrogen on lodging, head numbers and seed yield of high and nil endophyte perennial ryegrass[J]. Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand, 1994, 24: 91-94.
- [7] 徐荣. 灌溉对高羊茅种子产量和质量的影响[J]. 中国草地, 2002, 24(5): 18-23.
- [8] 兰剑, 张丽霞, 邵生荣, 等. PP<sub>333</sub>对多年生黑麦草营养生长及结实性能的影响[J]. 四川草原, 2002(4): 27-30.
- [9] 劳家桢. 土壤农化分析手册[M]. 北京: 中国农业出版社, 1988: 23-70.
- [10] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 43-77.
- [11] 李志辉, 罗平. SPSS 统计分析教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005: 213-228.
- [12] 吴权威, 吕琳琳. Excel 统计应用实务[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004: 56-90.
- [13] 陈宝书. 牧草饲料作物栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 12-30.
- [14] Rinker C M, Marble V L, Brown D E, *et al.* Seed Production Practices[A]. In: Hanson A A, Barnes D K, Hill J R R. Alfalfa and Alfalfa Improvement [M]. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1988: 985-1021.

## The effects of irrigation and PP<sub>333</sub> on the growth and seed yield of *Agropyron smithii*

XU Kun<sup>1,2</sup>, LI Shi-zhong<sup>3</sup>

(1. MOE Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in North-western China, Ningxia University, Ningxia Yinchuan 750021, China;

2. The United Research Center for Ecology and Exploitation for Biological Resources in Western China, Ningxia University, Ningxia Yinchuan 750021, China;

3. Ningxia Institute of Agricultural Survey and Design, Ningxia Yinchuan 750002, China)

**Abstract:** The paper studied the effects of irrigation and PP<sub>333</sub> on the seed yield and yield components in Jiquan of Gansu province. The results indicated that there were optimal seed yield, fertile tillers/m<sup>2</sup> and spikelets/fertile tiller for western wheatgrass, when at five times of irrigation, in turn green period, jointing period, earing period, filled period and flowering period, respectively, in the season of growth. The irrigation have been cautious not to bring on lodging. Jointing stage irrigation was in favor of fertile tiller and seed number, fertile tillers/m<sup>2</sup> and seed number, the most productive factors in all the yield components, were significantly correlative with the yield; Sprinkling with one-off 0.3 kg/hm<sup>2</sup> PP<sub>333</sub> of 0.022 5% in green period, which were remarkable effects on increasing the fertile tillers/m<sup>2</sup>, spikelets/fertile tiller, florets/spikelets tiller, seed/spikelets tiller and the seed yield; Irrigation with PP<sub>333</sub> improved effectively seed/spikelets tiller and the seed yield. The effects of sprinkling with PP<sub>333</sub> were better than irrigation with PP<sub>333</sub>.

**Key words:** *Agropyron smithii*; seed yield; irrigation; PP<sub>333</sub>