

灌浆期喷施 GA_3 对乌苏 1 号无芒雀麦农艺性状及种子产量的影响

刘毅, 隋晓青, 艾显尼亚则·麦麦提, 张博

(新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆草地资源与生态重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:以乌苏 1 号无芒雀麦(*Bromus inermis* cv. WusuNo. 1)为材料, 研究灌浆期喷施 GA_3 对无芒雀麦农艺性状和种子产量的影响。以清水(CK)和浓度分别为 10、20、30 和 40 mg/L 的外源 GA_3 叶面喷施处理灌浆期的无芒雀麦, 并测定处理后无芒雀麦的分蘖数、叶长、叶宽、株高、生殖枝、小穗数、花序长、种子数、千粒重和产量等指标。结果表明: 叶面喷施低浓度 GA_3 , 显著增加了无芒雀麦种子数、小穗数、千粒重及产量, 其中喷施 10 mg/L 外源 GA_3 对提高种子产量最为明显, 较对照增产 35.94%。

关键词: 无芒雀麦; 赤霉素; 种子产量; 农艺性状

中图分类号: S543 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2021)03-0103-05

DOI: 10.13817/j.cnki.cyyep.2021.03.015

人工草地的建植为生产优质的饲草料提供了新的解决途径, 对缓解草地畜牧业中草地退化、生态环境恶化、饲料匮乏等问题具有显著效果。牧草种子是建设高产人工草地和生产优质饲草料的重要资源, 也是发展草地畜牧业、保护生态环境、绿化美化环境不可缺少的物质基础^[1]。近年来, 随着城市绿化、生态文明建设以及草牧业的不断发展, 草种供需矛盾日趋明显, 而国内牧草种子生产专业化程度低, 田间管理技术落后, 致使种子产量低下, 远不能满足生产和生态建设的需求。基于此, 牧草种子生产在我国已越来越受到重视, 优化牧草种子田间管理技术以提高制种产量及优良品种的栽培与繁育水平, 已成为当前我国草业领域的一项迫切任务^[2]。

植物激素是影响牧草种子产量的一个重要因素, 在禾本科牧草种子产量形成中发挥着重要的调控作用^[3]。赤霉素(Gibberellic acid, GA)作为植物促生长

激素, 在植物生殖生长的过程中起着不可替代的调节作用。有研究表明喷施外源 GA_3 可以延长作物籽粒灌浆的持续期, 提高其功能叶片的光合强度和同化物的运输能力, 加快干物质在籽粒中的积累, 从而提高收获指数^[4-6]。

无芒雀麦(*Bromus inermis*)营养价值高, 产量大, 适口性好, 为各类家畜所喜食, 也是用来青饲、调制干草和放牧的冷季型禾本科牧草, 被誉为“禾草饲料之王”^[7]。近年来国内外关于无芒雀麦种子生产的研究有不少报道^[8-18], 但是以外源激素调控无芒雀麦制种生产的研究鲜有报道。本研究通过探讨外源 GA_3 对无芒雀麦农艺性状及产量性状的影响, 筛选适合无芒雀麦种子生产的外源激素适宜喷施浓度, 以期为提高无芒雀麦种子产量和质量提供理论依据, 同时也为其他禾本科牧草的田间管理和制种生产提供有益借鉴。

1 材料和方法

1.1 试验材料

本研究以乌苏 1 号无芒雀麦为试验材料, 该材料来源于新疆乌苏市草原站, 发芽率检测为 89.20%, 于 2018 年 10 月 6 日进行秋播。供试药剂赤霉素(GA_3)由上海源叶生物科技公司提供, 纯度为 90%。

1.2 试验地概况

试验地设在新疆农业大学三坪试验基地, 该基地

收稿日期: 2020-06-15; 修回日期: 2020-07-16

基金项目: 国家牧草现代产业技术体系项目(CARS34)

作者简介: 刘毅(1995-), 男, 内蒙古自治区乌海市人, 硕士, 研究方向牧草栽培。

E-mail: 759770207@qq.com

隋晓青为通讯作者。

E-mail: sxq303@xjau.edu.cn

地处天山山脉北麓、准噶尔盆地南缘、天山北坡头屯河中上游冲积洪积平原上,海拔 580~739 m。区域内年平均气温 7.2℃,极端最高气温 42℃,极端最低气温-38℃,≥10℃的年均积温 3 400 ℃,全年日照时数 2 829.4 h,年均降水量 228.8 mm,年均蒸发量 2 647 mm。

1.3 试验设计

GA₃设置 4 个处理浓度:10、20、30、40 mg/L,对应于代号 S-G1、S-G2、S-G3 和 S-G4,以清水为对照(CK)。于无芒雀麦灌浆期选择晴天无风的傍晚,用喷雾器按不同处理要求喷施相应浓度的溶液或清水,为了使激素能均匀附着在叶片上,激素及清水均含 0.5%的吐温-20(Tween-20),喷洒量为每个小区 2 L 溶液。试验采用随机区组设计,3 次重复,小区面积 3 m×4 m,无芒雀麦种植行距 45 cm、株距 10 cm。试验区周围设保护行。试验期间进行正常的田间管理,试验各区组施肥量相同,95 kg/hm² 尿素,150 kg/hm² 磷酸二铵,75 kg/hm² 硫酸钾施于土壤,灌溉方式采用地面滴灌。

1.4 测定方法

叶长:喷施赤霉素 7 d 后,每小区随机选取植株中部 10 片最大叶,测定其基部至叶先端的距离。

叶宽:喷施赤霉素 7 d 后,每小区随机选取植株中部 10 片最大叶,测定其最宽处宽度。

花序长:喷施赤霉素 7 d 后,每小区随机选取植株中的 10 个花序,测定圆锥花序基部至先端的距离。

株高:喷施赤霉素 7 d 后,每小区随机选取植株 30 株,测定其垂直植株高度。

分蘖数:测定过程在种子成熟期完成,于每小区内随机选取 3 个 0.5 m 样段,在所选样段上数生殖枝数和营养蘖数,计算单位面积的分蘖数。

单位面积生殖枝数:测定过程在种子成熟期完成,于每小区内随机选取 3 个 0.5 m 样段,在所选样段上数生殖枝数,计算单位面积的生殖枝数。

小穗数:在取样行内随机选取 30 个生殖枝,统计每个生殖枝上的小穗数。

种子数:在取样行内随机选取 30 个小穗,统计每个小穗上的种子数。

种子产量:在各小区 80%花序变黄时进行齐地刈割后装袋,晾晒、干燥后人工脱粒、清选,利用 1/100 天平称重,计算种子产量,以 kg/hm² 为单位。

千粒重:以实际种子产量中获得的净种子为取样材料,数 1 000 粒种子,利用 1/1 000 天平称重,重复 2 次,取其平均值为种子千粒重。

1.5 数据分析

采用 Microsoft Excel 2013 进行数据整理及绘图,利用 SPSS 19 进行 ANOVA 分析。

2 结果与分析

2.1 GA₃对无芒雀麦农艺性状的影响

喷施不同浓度的 GA₃对株高和分蘖数无显著影响($P>0.05$)。各处理的花序长为 S-G2>S-G1>CK>S-G4>S-G3,高浓度的 GA₃对无芒雀麦的花序长度产生了抑制作用,当喷施量超过 30 mg/L 时,花序长度显著低于对照($P<0.05$)。喷施不同浓度的 GA₃对叶长、叶宽无显著影响($P>0.05$)(表 1)。

表 1 外源 GA₃处理下无芒雀麦的农艺性状
Table 1 The agronomic traits in *B. inermis* under GA₃ treatment

处理代号	株高/cm	叶长/cm	叶宽/cm	花序长/cm	分蘖数/个
CK	88.10±3.65 ^a	19.84±2.36 ^a	0.62±0.03 ^a	19.59±0.54 ^a	699.00±16.00 ^a
S-G1	88.01±2.35 ^a	21.36±2.34 ^a	0.63±0.03 ^a	19.67±0.61 ^a	705.00±13.23 ^a
S-G2	86.88±2.76 ^a	17.97±0.82 ^a	0.64±0.04 ^a	19.90±0.77 ^a	707.67±9.87 ^a
S-G3	82.21±4.04 ^a	20.52±1.02 ^a	0.70±0.05 ^a	17.37±0.60 ^b	704.33±13.31 ^a
S-G4	86.71±4.44 ^a	19.45±0.89 ^a	0.67±0.05 ^a	17.78±0.51 ^b	698.00±4.00 ^a
F 值	1.99	0.59	0.70	3.76	0.36
P 值	0.10	0.70	0.60	0.01	0.84

注:不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),下同

2.2 GA₃对无芒雀麦产量性状的影响

灌浆期喷施外源 GA₃对无芒雀麦的产量性状和种子产量的影响表现出明显的剂量效应(表 2)。不同浓度处理下种子产量高低为:S-G1>S-G2>CK>S-G4>S-G3,各处理之间差异显著,其中 10 mg/L GA₃处理的产量显著高于其他处理($P<0.05$),较对照提高 35.94%。对生殖枝数无显著影响($P>0.05$)。对小穗数影响表现为:S-G1>S-G2>CK>S-G3>S-G4,随着外源 GA₃浓度的增加,小穗数量呈现先升高后降

低的趋势,10 mg/L 的浓度下小穗数量显著高于其他处理($P<0.05$),较对照提高 39.32%。外源 GA₃对小穗种子数有显著影响($P<0.05$),不同浓度处理对种子数影响能力表现为:S-G1>S-G2>CK>S-G4>S-G3,其中 10 mg/L 处理的小穗种子数显著高于对照($P<0.05$),比对照提高 43.29%。对千粒重的影响表现为:S-G1>S-G2>S-G3>S-G4>CK,10 mg/L 浓度下千粒重量显著高于对照($P<0.05$),较对照提高 8.55%。

表 2 外源 GA₃浓度处理下无芒雀麦的产量性状
Table 2 The yield traits in *B. inermis* under GA₃ treatment

处理代号	生殖枝数/个	小穗数/个	种子数/个	千粒重/g	产量/(kg·hm ⁻²)
CK	403.67±6.42 ^a	31.10±2.34 ^b	90.03±7.80 ^b	3.51±0.28 ^c	512.47 ^c
S-G1	401.33±4.04 ^a	43.33±3.12 ^a	129.00±17.66 ^a	3.81±0.07 ^a	696.66 ^a
S-G2	400.33±19.93 ^a	32.77±2.34 ^b	125.43±15.66 ^a	3.67±0.10 ^{ab}	604.23 ^b
S-G3	402.00±12.12 ^a	23.73±1.56 ^c	68.33±8.64 ^b	3.59±0.10 ^{ab}	302.77 ^c
S-G4	396.33±5.86 ^a	23.67±1.71 ^c	74.33±5.05 ^b	3.52±0.12 ^c	403.23 ^d
F 值	0.18	3.80	5.60	2.03	301.45
P 值	0.94	0.01	0.00	0.04	0.00

3 讨论

牧草农艺性状可以反映植株个体的生长发育状况,通过比较不同浓度外源 GA₃对农艺性状的影响可筛选出有利于牧草生长发育最适宜的激素喷施浓度。研究表明,粳稻(*Japonica rice*)的株高、茎节对外源赤霉素的敏感性在一定的使用量范围内增强,可促进其生长^[19]。赤霉素处理谷子(*Millet*)的研究中,浓度为 30 mg/L 时对张杂谷 5 号和晋谷 21 号谷子的株高、叶面积、叶片数有所增加^[20]。本研究表明无芒雀麦灌浆期喷施外源 GA₃对无芒雀麦农艺性状的影响程度不一,30、40 mg/L 外源 GA₃会显著降低花序长,但无芒雀麦灌浆期喷施外源 GA₃对株高、叶长、叶宽无显著影响,因此外源 GA₃对无芒雀麦农艺性状的影响机理仍有待继续研究。

灌浆期是禾本科作物籽粒形成的关键时期,研究表明外源 GA₃可以促进营养器官中碳水化合物向籽粒运转与再分配,提高籽粒胚乳细胞增殖速率,延长籽粒灌浆持续期,从而提高小穗数、千粒重等产量构成因子^[21]。本试验结果与前人相似,在无芒雀麦灌浆期应用 10 mg/L 外源 GA₃对种子产量处理效果最为明显,大幅提高了小穗数、种子数、千粒重等产量构成因子,

较对照增产 184.26 kg/hm²。在对小黑麦(*Triticale*)的研究中,用 10、20、30 mg/L 的赤霉素开花期进行喷施,结果表明 20 mg/L 的赤霉素处理显著提高了小黑麦产量,比对照提高 30.63%^[22-23]。在谷子灌浆期喷施外源 GA₃对其产量影响的研究中,浓度为 30 mg/L 的外源 GA₃,对张杂谷 5 号的处理效果最明显,产量比对照提高 14.93%;浓度为 20 mg/L 的外源 GA₃对晋谷 21 号的处理效果最明显,产量比对照提高 14.89%^[24]。以上关于提高禾本科作物种子产量的研究,表明低浓度(10~30 mg/L)GA₃对作物可表现出较好的增产作用。

4 结论

不同浓度外源 GA₃处理灌浆期无芒雀麦显著提高了无芒雀麦的小穗数、种子数、千粒重及产量,赤霉素浓度为 10 mg/L 时调控效果显著。但 GA₃对无芒雀麦分蘖数、生殖枝数、花序长、株高、叶长、叶宽无明显促进作用。

参考文献:

[1] 游明鸿.川西北高原老芒麦种子丰产关键技术研究[D].雅安:四川农业大学,2011.
[2] 贺晓.冰草与老芒麦种子生产的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2004.

- [3] 王丰,程方民.植物激素与水稻产量的关系及其在生产上的应用[J].现代化农业,2003(10):20—21.
- [4] 姚素梅. AIA 对冬小麦不同粒位籽粒灌浆影响的动态模拟机特征分析[J].生物数学学报,2010,25(2):67—374.
- [5] 张林普.赤霉素对小麦水稻的效应[J].植物生理学通讯,1964(5):33—39.
- [6] 傅华龙,何天久,吴巧玉.植物生长调节剂的研究和应用[J].生物加工过程,2008,6(4):23—25.
- [7] 李春喜,尚玉磊,姜丽娜.不同植物生长调节剂对小麦衰老及产量构成的调节效应[J].西北植物学报,2001,21(5):931—936.
- [8] 刘迎春,刘文辉.不同水分和温度胁迫下 55 份无芒雀麦种质萌发性能的评价[J].草原与草坪,2015,35(2):85—90.
- [9] Jeremy W Singer. Fresh versus field—cured grass quality, mineral and nitrate concentration at different nitrogen rates[J]. Crop Science,2002,42(5):1656—1661.
- [10] Singer J W, Moore K J. Nitrogen Removal by Orchardgrass and Smooth Brome grass and Residual Soil Nitrate[J]. Crop Science,2003,43(4):1420—1426.
- [11] 程铭,骆秀梅,扈延成,等.不同播种组合无芒雀麦产量构成因子的数量特征分析[J].内蒙古民族大学学报(自然科学版),2015,30(1):44—48.
- [12] 罗凤敏.水肥调控对无芒雀麦产量及品质特性的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2014.
- [13] 韩云华.密度调控、施氮肥等措施对 6 种多年生冷季型禾草种子生产的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [14] 朱振磊,张永亮,潘多锋,等.行距与播种量对无芒雀麦种子产量及产量组分的影响[J].草地学报,2011,19(4):631—636.
- [15] 孙铁军,韩建国,赵守强,等.施肥对无芒雀麦种子产量及产量组分的影响[J].草业学报,2005,14(2):84—92.
- [16] 孙铁军.施肥对禾本科牧草种子产量形成及种子发育过程中生理生化特性的影响[D].北京:中国农业大学,2004.
- [17] 李存福.无芒雀麦、紫花苜蓿繁殖特性及种子生产技术研究[D].北京:中国农业大学,2005.
- [18] 毛培胜,韩建国,王培,等.施肥对无芒雀麦和老芒麦种子产量的影响[J].草地学报,2000,8(4):273—278.
- [19] 付淑换,郭媛.粳稻农艺性状对外源赤霉素敏感性的 QTL 定位研究[J].农业科学与技术(英文版),2010,11(2):52—56,136.
- [20] 邵冬红.赤霉素和脱落酸对谷子光合特性及产量的影响[D].晋中:山西农业大学,2013.
- [21] 杨卫兵,王振林.外源 ABA 和 GA 对小麦籽粒内源激素含量及其灌浆进程的影响[J].中国农业科学,2011,44(13):2673—2682.
- [22] 褚孝莹,李晶,李馨园.开花期叶面喷施赤霉素对小黑麦旗叶光合及产量的影响[J].麦类作物学报,2011,31(6):1136—1140.
- [23] 褚孝莹.外源赤霉素对小黑麦光合特性、产量和酿造品质调控研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2012.
- [24] 郑林林,原向阳,邵冬红,等.灌浆期喷施赤霉素对谷子农艺性状及产量的影响[J].山西农业科学,2014,42(5):455—457.

Effects of exogenous application of GA₃ on agronomic traits and seed yield of *Bromus inermis* cv. Wusu No. 1 during grain filling stage

LIU Yi¹, SUI Xiao-qing, Aixianniyaze Maimaiti, ZHANG Bo

(College of Pratacultural and Environmental Sciences, Xinjiang Agricultural University, Key Laboratory of Western Arid Region Grassland Resource and Ecology of Ministry of Education, Xinjiang Grassland Resource and Ecology Key Laboratory, Xinjiang Urumqi 830052)

Abstract: This study investigated the effects of exogenous application of GA₃ on agronomic characteristics and seed yield of *B. inermis* cv. Wusu No. 1 during grain filling. Exogenous GA₃ at the concentration of 10, 20, 30 and 40 mg/L were sprayed on the leaves of smooth brome at grain filling stage, with the water as the control.

Tiller number, leaf length, leaf width, plant height, reproductive branch, spikelet number, inflorescence length, seed number and 1000-grain weight were measured. The results showed that the exogenous application of GA₃ to leaves at low concentrations significantly increased tiller number, seed number, spikelet number, 1000-grain weight and yield, with the most significant effects observed at 10 mg/L at which seed yield increased by 35.96% compared with the control.

Key words: agronomic characteristics; *Bromus Inermis*; gibberellin; yield

(上接 102 页)

Effects of IBA on root growth of the seedlings proagated from stem cuttings in Chinese Silvergrass (*Miscanthus sinensis* cv. Mihua)

HU Yao-fang^{1,2}, FAN Xi-feng¹, TENG Ke¹, YUE Yue-sen¹, WU Ju-ying¹

(1. *Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing Research & Development Center for Grass and Environment, Beijing, 102206*; 2. *Chinese Academy of Forestry, Beijing, 102206*)

Abstract: This study investigated the effects of different IBA concentrations (0, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5% and 1%) on the root growth of seedlings propagated from stem cuttings in Chinese Silvergrass (*Miscanthus sinensis* ‘Mihua’). The results showed that root length, root surface area, root volume, root tip number and mean root diameter of the seedlings propagated from stem cuttings initially increased with the increasing concentration of IBA, followed by a decrease when IBA concentration further increased. Root length, root surface area, root volume, root tip number and mean root diameter reached the maximum at 0.3% IBA treatment, which were 1 187.964 cm, 632.647 cm², 12.424 cm³, 15 280.167 and 0.696 mm, respectively. The IBA concentration in a range of 0.1%~0.3% could obviously promote the root growth of seedlings; however, root growth was significantly inhibited when IBA concentration increased to 1%.

Key words: Chinese Silvergrass; IBA; shoot cutting; root