

奥本硅对 13-5171-7 青稞新品系 茎秆抗倒伏特性及产量的影响

韦泽秀^{1,2}, 卓 嘎³, 边巴卓玛^{1,2}, 杨素涛², 孙全平^{1,2},
彭 君^{1,2}, 扎西罗布^{1,4}, 卓 玛^{1,2}

(1. 青稞与牦牛省部共建国家重点实验室, 西藏 拉萨 850002; 2. 西藏自治区农牧科学院农业资源与环境研究所, 西藏 拉萨 850002; 3. 西藏农牧学院, 西藏 林芝 856000; 4. 西藏自治区农牧科学院农业研究所, 西藏 拉萨 860000)

摘 要: 为了解硅肥对春青稞新品系 13-5171-7 抗倒伏特性的影响, 以奥本硅为硅肥品种, 设计了 4 个施用梯度, 并分析了青稞茎秆抗倒伏指标, 结果表明: ①施用奥本硅后 13-5171-7 植株粗壮, 施用奥本硅后 13-5171-7 基部第一、二节间较 CK 处理长、粗; ②施用奥本硅后 13-5171-7 基部第二节间大维管束面积、小维管束面积、表皮厚度、厚壁组织厚度较 CK 处理有显著提高 ($P < 0.05$); ③施用奥本硅后 13-5171-7 茎秆中纤维素含量和硅含量显著增加, 但茎秆中木质素含量变化无统一规律; ④施用奥本硅后 13-5171-7 生物产量和籽粒产量较 CK 提高, 其中生物产量较 CK 平均增产 143.84 kg/666.7m², 增幅 18.51%, 籽粒产量较 CK 平均增产 34.76 kg/666.7m², 增幅 10.23%。施用奥本硅后 13-5171-7 茎秆抗倒伏能力增强, 产量提高, 其中奥本硅 1 kg/666.7m² 处理 13-5171-7 青稞未出现倒伏, 生物产量和籽粒产量最高, 建议生产中使用。

关键词: 青稞; 硅肥; 茎秆节间特性; 茎秆成分; 产量

中图分类号: S512.3 文献标识码: A

Effect of Si Fertilizer (Aobengui) on Stem Lodging Resistance Characteristics and Yield of 13-5171-7 Highland Barley

WEI Ze-xiu^{1,2}, Zhuoga³, Bianbazhuoma^{1,2}, YANG Su-tao², SUN Quan-ping^{1,2},
PENG Jun^{1,2}, Zaxiluobu^{1,4}, Zhuoma^{1,2}

(1. Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850002, China; 2. Institute of Agricultural Resources and Environment Science, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850002, China; 3. Tibet College of Agricultural and Animal Husbandry, Tibet Linzhi 860000, China; 4. Institute of Agriculture Research, Tibet Academy of Agriculture and Animal husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850002, China)

Abstract: To study the effect of silicon fertilizer on Lodging Resistance of spring highland barley of 13-5171-7, aobengui was used as silicon fertilizer. Four application gradients were designed, and the lodging resistance indexes were analyzed. The results showed that (i) The plant of 13-5171-7 was thicker after applying silicon fertilizer, especially the first and second internodes of 13-5171-7 was longer and thicker than that of CK treatment; (ii) The plant of 13-5171-7 applying silicon fertilizer treatments had higher lodging resistance, such as the area of large vascular bundle, small vascular bundle area, epidermis thickness and thick wall tissue thickness of the basal second internode were significantly increased ($P < 0.05$) than that of CK treatment; (iii) Cellulose content and silicon content of 13-5171-7 stem were significantly increased after applying silicon fertilizer, but there was no uniform change of lignin content change in stem; (iv) Biological yield and grain yield of 13-5171-7 applying silicon fertilizer were higher than that of CK. Compared with CK, biomass yield increased by 143.84 kg/666.7m² (18.51%), and grain yield increased by 34.76 kg/666.7m² (10.23%). The stem lodging resistance of 13-5171-7 was enhanced and the yield of 13-5171-7 was improved after application of silicon fertilizer. 13-5171-7 was no lodging in the treatment of 1 kg/666.7m², and biological yield and grain yield were the highest, so 1 kg/666.7m² aobengui could be recommended to be used in 13-5171-7 cultivation.

Key words: Barley; Silicon fertilizer; Stem internode characteristics; Stem composition; Yield

收稿日期: 2020-05-06

基金项目: 省部共建国家重点实验室自主课题 (XZNKY-2019-C-007Z01); 西藏自治区科技计划项目 (XZ2019NA01-03-01)

作者简介: 韦泽秀 (1978-), 女, 理学博士, 研究员, 主要开展土壤生态及作物生理生态研究, E-mail: weizeix7559@126.com。

青稞在海拔 3000 ~ 4500 m 的青藏高原高寒地区是重要的粮饲兼做作物。在西藏青稞播种面

积占粮食作物面积的 60 % 以上,青稞产量占粮食总产量的 70 % 左右,青稞生产是保障西藏粮食安全的重要措施之一。但由于青稞与一般的麦类作物相比,具有根系浅、节间长、茎秆薄、质地软等特点,再加之青藏高原干湿分明,青稞抽穗 - 成熟阶段正好与西藏的雨季重合,青稞在灌浆期及生育后期容易出现倒伏现象,严重影响青稞产量和品质,对青稞生产有较大影响,在青稞育种和栽培研究中许多学者开展了青稞抗倒伏研究^[1-5]。

硅元素已被国际土壤界专家认为是第四大植物营养元素。关于硅肥对作物的抗倒伏性研究尤其是对水稻抗倒伏研究较多,据报道,施硅能明显改变水稻茎秆生理组成^[6]、提高作物根茎中硅的含量,增加茎秆基部第二节间长度、直径、鲜重、抗折力,木质素含量,增强植株茎秆机械强度^[7-8],降低倒伏率,起到抗倒作用。硅肥对青稞抗倒伏是否有效果目前未见任何报道,为此,课题组设计硅肥试验从青稞节间生长状况及节间解剖结构等方面评估硅肥施用对青稞抗倒伏效果的影响。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2019 年 4 - 8 月在西藏农牧科学院 4 号试验地进行(29°38'34"N,91°2'31"E,海拔 3662 m)。该地区年平均温度为 7.4 ℃,年日照时数 3000 h,年降水量 200 ~ 510 mm,集中在 6 - 9 月份,无霜期 100 ~ 120 d,属高原温带半干旱季风气候。试验地 0 ~ 20 cm 土层土壤质地为砂壤土,有机质含量 21.46 g/kg,全氮 1.49 g/kg,碱解氮 182.1 mg/kg,全磷 1.693 g/kg,有效磷 77.84 mg/kg,全钾 5.69 g/kg,速效钾 71.04 mg/kg,pH6.67,全量硅 275.62 mg/kg,速效硅 27.59 mg/kg。

1.2 试验设计

以 13-5171-7 青稞新品系为供试春青稞品系(种子由西藏自治区农牧科学院农业研究所青稞室唐亚伟所长团队提供),青稞播量为 13 kg/666.7m²,氮磷钾肥按 667m² 施肥量 N-P₂O₅-K₂O:8.0 kg-4.0 kg-2.4 kg,其中基肥 60 %,拔节后期施追肥 40 % 进行

施用。硅肥为奥本硅(由滨州奥本生物科技有限公司生产,以天然硅为原料,利用全新的有机碳技术整合而成的缓控释硅肥粒剂,其中水溶性硅元素 ≥ 72 %,与青稞种子混匀后作为种肥施用(硅肥由袁氏农业帮助购买)。并设计奥本硅 0、1、1.5、2 kg/666.7m² 共 4 个试验处理,小区面积 4 m × 7 m,3 次重复,随机排列,2019 年 4 月 19 日播种,2019 年 8 月 21 日收获,其他田间管理一致。

1.3 测定项目和方法

在青稞乳熟期取青稞基部第二节间迅速浸入 FAA 固定液中并将其抽真空静置,用石蜡切片得到茎秆剖面结构,运用麦克奥迪公司制造的 BA210 生物显微镜在 10、40 倍下显著摄像,并用相应形态分析软件测量茎秆的厚壁、机械组织厚度与面积、维管束数量与面积,茎秆剖面结构^[9]。

在青稞乳熟期(2019 年 7 月 29 日)每个小区随机取样 1 m²,带回实验室并随机选取 6 株完整植株分别测定青稞株高、茎秆节间长度、粗度、重量、抗折力等指标;将青稞茎秆 105 ℃ 杀青 30 min 后 65 ℃ 烘干至恒重,粉碎过筛备用测定样品中硅含量(采用 ICP 测定)^[11]、纤维素^[12]、木质素^[13-15]采用氧化还原滴定法测定。

1.4 数据处理

试验数据采用 Microsoft Excel 2010 和 DPS9.05 软件进行统计分析,LSD 法进行显著差异性检验。

2 结果与分析

2.1 不同处理对 13-5171-7 茎秆生长状况的影响

13-5171-7 平均茎秆总长度 95.94 ~ 106.34 cm(表 1)。奥本硅施用后对 13-5171-7 第 1 节间伸长生长有一定的促进但差异不显著($P > 0.05$),对第 2 节间生长有明显的促进作用($P < 0.05$)。奥本硅施用处理较 CK 处理 13-5171-7 第 2、4、5、6、7 节间长度与 CK 处理间波动变化,无统一规律。奥本硅对 13-5171-7 青稞基部第 1、2 节间生长有促进作用。

13-5171-7 第 1 节间直径为 3.64 ~ 4.06 mm(表 2),第 1 节间粗度随奥本硅施用量增加而增粗,但各处理间差异不显著($P > 0.05$),13-5171-7 第 2 节

表 1 不同处理 13-5171-7 茎秆节间长度的差异

奥本硅施用量	第 1 节(cm)	第 2 节(cm)	第 3 节(cm)	第 4 节(cm)	第 5 节(cm)	第 6 节(cm)	第 7 节(cm)
1 kg/666.7m ²	3.60a	7.82a	11.10a	15.94a	17.51a	19.24c	20.73c
1.5 kg/666.7m ²	3.35a	6.00b	10.13ab	13.90c	18.92a	20.92b	30.91a
2 kg/666.7m ²	3.47a	5.56b	8.79c	14.91b	18.73a	23.91a	30.97a
CK	2.83a	4.34c	9.62bc	16.54a	18.41a	20.01bc	25.04b

注:每一列相同字母表示差异不显著($P > 0.05$),不同字母表示差异显著($P < 0.05$),下同。

表 2 不同处理 13-5171-7 茎秆节间粗度的差异

奥本硅施用量	第 1 节直径 (mm)	第 2 节直径 (mm)	第 3 节直径 (mm)	第 4 节直径 (mm)	第 5 节直径 (mm)	第 6 节直径 (mm)	第 7 节直径 (mm)
1 kg/666.7m ²	3.64a	4.48a	5.02a	4.83a	5.29a	4.74a	3.90a
1.5 kg/666.7m ²	3.96a	4.00a	4.55a	4.89a	4.60ab	4.13ab	3.37a
2 kg/666.7m ²	4.06a	4.24a	4.85a	4.72a	4.63ab	3.88b	3.72a
CK	3.60a	4.06a	4.33a	4.70a	4.23b	4.25ab	4.41a

表 3 不同处理 13-5171-7 秸秆剖面结构

奥本硅施用量	大维管束 面积 (μm ²)	大维管束 周长 (μm)	小维管束 面积 (μm ²)	小维管束 周长 (μm)	表皮厚度 (μm)	厚壁组织 厚度 (μm)	薄壁组织 厚度 (μm)	皮层厚度 (μm)
CK	3396.47ab	235.24ab	1078.35ab	128.14ab	5.31ab	33.93a	234.6a	273.84a
1 kg/666.7m ²	3336.56ab	236.98ab	1116.67ab	128.91ab	5.85ab	34.01a	208.41a	248.27a
1.5kg/666.7m ²	3061.22a	220.58a	1067.05ab	127.79ab	5.85ab	36.3ab	229.76a	271.91a
2 kg/666.7m ²	4266.87c	258.42b	1286.05ab	140.78b	5.89ab	41.22b	311.77b	358.88b

间粗度除奥本硅 1.5 kg/666.7m² 处理外,1 和 2 kg/666.7m² 处理茎秆直径均大于 CK 处理;13-5171-7 第 3、4、5 节间施用奥本硅后茎秆直径较 CK 增粗;施用奥本硅后第 7 节间粗度较 CK 处理降低,但差异不显著($P>0.05$)。奥本硅对 13-5171-7 青稞基部第 1、2、3、4、5 节间粗度有增加,对穗下节粗度有降低,总体上施用奥本硅后 13-5171-7 植株粗壮。

2.2 不同处理对 13-5171-7 秸秆剖面结构的影响

利用石蜡切片分析了 13-5171-7 青稞乳熟期基部第二节间剖面结构(表 3),分析了大维管束面积、周长、小维管束面积、周长、表皮组织厚度、皮层厚度、薄壁组织厚度和后壁组织厚度等指标,研究发现:大维管束面积和周长在各处理间表现为:奥本硅 2 kg/666.7m²>CK>奥本硅 1 kg/666.7m²>奥本硅 1.5 kg/666.7m²。小维管束面积和周长在各处理间表现为:奥本硅 2 kg/666.7m²>奥本硅 1 kg/666.7m²>CK>奥本硅 1.5 kg/666.7m²。表皮厚度 5.31~5.89 μm,随奥本硅施用量增加而增加,但处理间差异不显著($P>0.05$),厚壁组织厚度 33.93~41.22 μm,随奥本硅施用量增加而增加。薄壁组织厚度和皮层厚度在各处理间表现为:奥本硅 2 kg/666.7m²>CK>奥本硅 1.5 kg/666.7m²>奥本硅 1 kg/666.7m²。

2.3 不同处理对 13-5171-7 茎秆主要成分的影响

施用奥本硅后 13-5171-7 茎秆中 Si 含量显著增加(表 4),且随奥本硅施用量增加植株茎秆中硅含

量增加,且处理间差异显著。茎秆中纤维素含量奥本硅施用后增加较 CK 有不同程度增加,在不同处理间表现为:奥本硅 1 kg/666.7m²>奥本硅 1.5 kg/666.7m²>奥本硅 2 kg/666.7m²>CK;茎秆中木质素含量随奥本硅施用后变化无规律,各个处理间:奥本硅 1.5 kg/666.7m²>CK>奥本硅 2 kg/666.7m²>奥本硅 1 kg/666.7m²。奥本硅使用后对茎秆中硅含量和纤维素含量显著增加,但茎秆中木质素含量波动变化。

2.4 不同处理对 13-5171-7 产量的影响

不同处理每个小区取 1 m² 样品 3 个,每个处理共 9 个 1 m² 样方,烘干后称生物量,平均后测算生物产量(图 1)。13-5171-7 生物量 777.07~1102.99 kg/666.7m²,硅施用奥本后 13-5171-7 生物量增加,其中奥本硅 1 kg/666.7m² 处理生物产量 1102.99 kg/666.7m²,显著高于其他处理,较 CK 处理生物产量增加 325.92 kg/666.7m²,提高 41.94%;奥本硅 1.5 kg/666.7m² 处理生物产量 848.29 kg/666.7m²,较 CK 增产 71.22 kg/666.7m²,增产 9.17%;奥本硅 2 kg/666.7m² 处理生物产量 811.44 kg/666.7m² 较 CK 增产 34.37 kg/666.7m²,增产 4.42%。

由图 2 可知,13-5171-7 籽粒产量 339.70~381.13 kg/666.7m²,使用奥本硅后 13-5171-7 青稞籽粒产量较 CK 显著增加,平均籽粒产量较 CK 处理增产 34.76 kg/666.7m²,平均增产 10.23%。其中奥本

表 4 不同处理 13-5171-7 茎秆中 Si、纤维素、木质素含量

奥本硅施用量	Si (mg/kg)	纤维素 (%)	木质素 (%)
1 kg/666.7m ²	629.80c	14.19a	21.95c
1.5 kg/666.7m ²	699.20b	13.56ab	26.00a
2 kg/666.7m ²	735.75a	13.36b	23.00bc
CK	418.98d	12.91c	24.09b

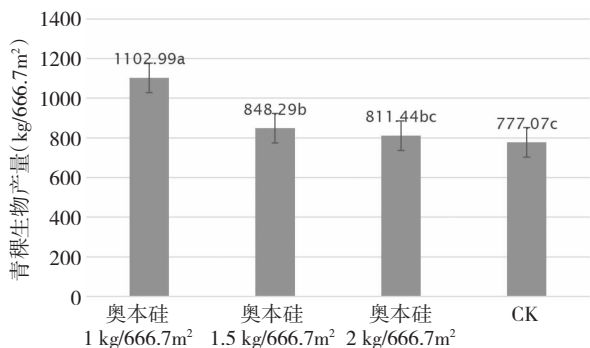


图 1 不同处理生物产量

硅 1 kg/666.7m² 处理籽粒产量最高为 381.13 kg/666.7m²,但与其他硅肥处理差异不显著,显著高于 CK 处理,较 CK 处理籽粒产量增加 40.43 kg/666.7m²,增幅 11.90 %。

3 讨论与结论

施用奥本硅后促进了 13-5171-7 青稞基部第一节和二节间升生长和增粗生长,但较 CK 处理差异不显著,奥本硅作基肥施用为青稞基部节间的生长提供了营养条件,促进了基部节间的伸长生长和增粗生长,为青稞的抗倒伏创造了健壮的植株条件。这与前人在水稻中的研究结果基本吻合^[6-8],但有学者提出硅通过缩短作物基部节间长度,增加厚度,提高抗折力^[16]的结果有悖,需要在以后的研究中进行进一步验证。对青稞乳熟期基部第二节间剖面结构分析发现,施用奥本硅后大维管束面积、小维管束面积、表皮厚度、厚壁组织厚度较 CK 处理有显著提高 ($P<0.05$),根据扎桑对倒伏与未倒伏青稞茎秆剖面结构的对比分析发现,维管束面积越大,机械组织越厚,青稞抗倒伏能力越强,表明施用奥本硅后,增加了 13-5171-7 青稞的维管束面积和表皮组织、厚壁组织等机械组织的厚度,13-5171-7 抗倒伏能力得到提升。对青稞茎秆中硅含量、木质素和纤维素含量的分析结果表明,施用奥本硅后,13-5171-7 青稞茎秆中 Si 含量随硅肥施用量增加而提高,与其他研究结果一致^[7-8]。木质素作为细胞壁的主要组成成分,对于维持茎秆的机械强度,提高作物抗倒伏能力和抗倒伏性有关,但本实验中施用奥本硅后 13-5171-7 茎秆中纤维素含量先增加后降低;而 13-5171-7 茎秆中木质素含量波动变化,无明显增加现象,与其他学者的研究结果不完全一致^[8,17],需在今后的试验中再验证。

施用奥本硅后 13-5171-7 基部节间升长增粗,基部节间大维管束面积、小维管束面积、表皮厚度、厚壁组织厚度提高,增强了茎秆机械组织厚度和抗倒伏能力,且茎秆中硅元素含量和纤维素含量有提

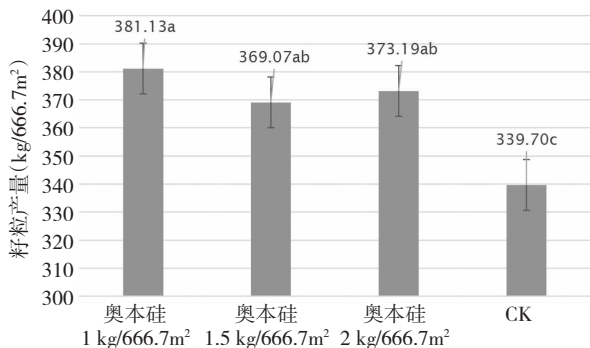


图 2 不同处理籽粒产量

升,也提高了茎秆机械强度。对不同处理的产量分析表明,施用奥本硅后 13-5171-7 生物产量和籽粒产量较 CK 提高,其中生物产量较 CK 平均增产 143.84 kg/666.7m²,增幅 18.51 %,籽粒产量较 CK 平均增产 34.76 kg/666.7m²,增幅 10.23 %。施用奥本硅后 13-5171-7 茎秆抗倒伏能力增强,产量提高,其中奥本硅 1 kg/666.7m² 处理 13-5171-7 青稞未出现倒伏,生物产量和籽粒产量最高,在生产中可以推荐使用。

参考文献:

- [1]王凯,赵小红,姚晓华,等. 茎秆特性和木质素合成与青稞抗倒伏关系[J]. 作物学报,2019,45(4):621-627.
- [2]白羿雄,姚晓华,姚有华,等. 青稞抗倒伏性状的基因型差异[J]. 中国农业科学,2019,52(2):228-238.
- [3]闵康,王文军,此里卓玛. 青稞抗倒伏技术研究[J]. 大麦与谷类科学,2014(1):13-14.
- [4]刘国一. 不同栽培措施与播种期对西藏青稞倒伏及产量的影响[J]. 大麦与谷类科学,2018,35(3):30-33.
- [5]尼玛扎西,禹代林,桑布,等. 青稞倒伏的原因及防治技术[J]. 西藏科技,2010(6):8-9.
- [6]伦志安,李德萍,冯世超,等. 不同施肥水平条件下水稻抗倒伏研究[J]. 北方水稻,2018(1):13-16.
- [7]邓文,青先国,王思哲,等. 施硅对超级杂交稻抗倒性的影响[J]. 杂交水稻,2009,24(1):56-61.
- [8]余恒志,聂蛟,李英双,等. 施硅量对甜荞倒伏及产量的影响[J]. 中国农业科学,2018,51(14):2664-2674.
- [9]扎桑. 青稞茎秆形态特征和解剖结构与倒伏的关系[J]. 西藏农业科技,2017,39(1):10-14.
- [10]徐斌,陶武先. 徒手切片法在进口木材识别中的应用[J]. 木材工业,2006,20(1):41-43.
- [11]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000:268-270.
- [12]薛惠琴,杭怡琼,陈谊. 稻草秸秆中的木质素、纤维素测定方法的研讨[J]. 上海畜牧兽医通讯,2001(2):15.
- [13]GB/T 35818-2018.
- [14]LY/T 2151-2013.
- [15]熊素敏,左秀凤,朱永义. 稻壳中纤维素_半纤维素和木质素的测定[J]. 粮食与饲料工业,2005(8):40-41.
- [16]刘星贝,吴东倩,汪灿,等. 喷施烯效唑对甜荞茎秆抗倒性能及产量的影响[J]. 中国农业科学,2015,48(24):4903-4915.
- [17]汪灿,阮仁武,袁晓辉,等. 荞麦茎秆解剖结构和木质素代谢及其与抗倒性的关系[J]. 作物学报,2014,40:1846-1856.