

## 不同施氮水平对西藏饲用黑麦种籽产量性状 和土壤养分的影响

张光雨<sup>1,2,3</sup>, 沈振西<sup>1,2</sup>, 钟志明<sup>1,2</sup>, 崔建钊<sup>4</sup>, 扎西顿珠<sup>5</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院地理科学与资源研究所, 生态系统网络观测与模拟重点实验室, 拉萨高原生态系统研究站, 北京 100101; <sup>2</sup>西藏高原草业工程技术研究中心, 拉萨 850000; <sup>3</sup>中国科学院大学, 北京 100049; <sup>4</sup>日喀则市科学技术局高新技术产业发展中心, 西藏日喀则 857000; <sup>5</sup>西藏自治区拉萨市达孜区农业农村局, 拉萨 850000)

**摘要:**在西藏河谷地区研究不同施氮水平对‘冬牧70’饲用黑麦种籽产量性状的影响, 确定该地区‘冬牧70’饲用黑麦种籽生产的合理施肥量, 可为该区合理施肥提供参考依据。本研究以‘冬牧70’为试验材料, 对比分析了2018—2019年不同施氮水平的‘冬牧70’种籽产量性状等相关指标。结果表明通过施肥显著增加了土壤有机质和氮磷含量; 当施氮225.0 kg/hm<sup>2</sup>时籽粒增重最大, 氮素利用效率也较高。因此, 需要施较高的氮肥水平才能使得‘冬牧70’达到较高的籽粒产量; 在西藏河谷地区提高施氮量可以适当提高‘冬牧70’的穗数、穗粒数和籽粒产量和土壤有机质和氮磷含量。

**关键词:**西藏河谷地区; 不同施氮水平; 冬牧70; 产量性状; 土壤养分含量

中图分类号: S-3

文献标志码: A

论文编号: casb2020-0288

### Different Nitrogen Fertilizer Levels: Effects on the Grain Yield Trait and Soil Nutrient of Forage Rye in Tibet

Zhang Guangyu<sup>1,2,3</sup>, Shen Zhenxi<sup>1,2</sup>, Zhong Zhiming<sup>1,2</sup>, Cui Jianzhao<sup>4</sup>, Zhaxi Dunzhu<sup>5</sup>

(<sup>1</sup>Lhmsa Plateau Ecosystem Research Station, Key Laboratory of Ecosystem Network Observation and Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101; <sup>2</sup>Engineering and Technology Research Center for Prataculture on the Xizang Plateau, Lhasa 850000; <sup>3</sup>University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; <sup>4</sup>Hi-tech Industrial Development center of Shigatse Science and Technology Bureau, Shigatse Tibet 857000; <sup>5</sup>Agricultural and rural Bureau of Dazi District, Lhasa City, Tibet Autonomous Region, Lhasa 850000)

**Abstract:** The aims are to investigate the effects of different nitrogen fertilizer levels on seed yield of ‘Dongmu 70’, determine the reasonable fertilizer addition rate for seed production of ‘Dongmu 70’ in the river valley of Tibet, and provide reference for rational fertilizer application in this area. In this study, ‘Dongmu 70’ was used as material, the seed yield and other related indexes were compared under different nitrogen fertilizer levels in 2018–2019. The results showed that nitrogen addition significantly increased soil organic matter, nitrogen and phosphorus. The increase of grain yield was the highest and the nitrogen use efficiency was also relatively high when nitrogen fertilizer level was 225.0 kg/hm<sup>2</sup>. Therefore, higher nitrogen addition rate is needed to achieve higher grain yield of ‘Dongmu 70’. Increasing nitrogen addition level could increase the panicle number, grain

**基金项目:**拉萨市科技局重点项目“面向乡村振兴的产业融合科技示范基地”(SCKJ004); 拉萨市科技局重点项目“达孜粮改饲草业发展模式研究与示范”(LSKJ2018006); 西藏科技厅中央引导地方资金专项“拉洛灌区粮草畜一体化关键技术研究示范”(YDZX20195400004489); 国家重点研发计划课题“藏南农牧交错带生态草牧业发展技术研究与示范”(2016YFC0502005); 西藏饲草产业专项“牧草种质改良与利用重大专项”(XZ201901NA03)。

**第一作者简介:**张光雨, 男, 1992年出生, 河北衡水人, 在读博士, 研究方向: 农业生态学。通信地址: 100101 北京市朝阳区大屯路甲11号 中国科学院地理科学与资源研究所C座C504, Tel: 010-64889026, E-mail: zhmggy.19b@igsnr.ac.cn。

**通讯作者:**钟志明, 男, 1971年出生, 江西人, 高级工程师, 硕士生导师, 主要从事农业生态学。通信地址: 100101 北京市朝阳区大屯路甲11号 中国科学院地理科学与资源研究所, Tel: 010-64889026, E-mail: zhongzm@igsnr.ac.cn。

**收稿日期:**2020-07-24, **修回日期:**2020-10-19。

number per panicle and grain yield of ‘Dongmu 70’ and soil organic matter, nitrogen and phosphorus content in the river valley of Tibet.

**Keywords:** valley area of Tibet; different nitrogen fertilizer levels; ‘Dongmu 70’; yield traits; soil nutrient content

## 0 引言

西藏地处中国西南边陲,平均海拔4000.0 m以上,近一半的土地属于旱半干旱气候,自然条件恶劣,生态系统脆弱,导致西藏的土地自然生产潜力低、承载能力十分有限<sup>[1-3]</sup>。近40年来,由于过度放牧导致西藏的天然草地出现了不同程度的退化,生产力已不能满足其需求,草畜失调的问题日益突出<sup>[4]</sup>。为了缓解天然草地的压力,保护西藏的生态环境,大力推广人工草地已成为一项关键措施<sup>[5]</sup>。不管是人工草地还是天然草地补播都需要相适应的牧草品种<sup>[6]</sup>。‘冬牧70’黑麦(*Secale cereal* var. Dongmu 70)是禾本科黑麦属一年生饲用作物,原产于美国,于1979年引入中国江苏省太湖地区。‘冬牧70’黑麦外部形态与大麦相似,具有根系发达,茎干粗、韧性强,分蘖能力强;抗寒、抗病虫能力强,产量高等优点<sup>[7]</sup>。以饲用黑麦‘冬牧70’建植一年生人工草地,已经成为西藏地区发展饲草生产的重要技术措施之一。进一步研究并探讨不同施氮水平对‘冬牧70’籽粒产量的影响并确定最优施氮量,对实现西藏地区‘冬牧70’种籽自给和饲草生产规模的扩大将具有积极的支撑作用。徐静等<sup>[8]</sup>研究表明单施N、P、K肥处理对小黑麦生物产量和籽粒产量的作用表现次序为N>P>K,施氮均能显著提高穗长、穗数、穗粒数、千粒重和籽粒产量。韩芳等<sup>[9]</sup>研究表明,施氮量与谷子的株高、穗粗、穗长、单株粒质量、穗粒质量、千粒质量、产量等性状均呈极显著或显著相关,随着施氮量的增加,谷子株高、穗长、穗粗呈增加趋势。孙元枢等<sup>[10]</sup>研究得出施氮水平在90.0 kg/hm<sup>2</sup>时,小黑麦鲜草产量增产幅度较大,当施氮水平超过142.0 kg/hm<sup>2</sup>时,小黑麦鲜草产量有减产趋势。杨小辉等<sup>[11]</sup>在哈尔滨研究结果显示,氮肥对饲用小黑麦产量和品质影响很大,在单施尿素情况下,抽穗期、开花期和半乳熟期收获时,均以施氮量200.0 kg/hm<sup>2</sup>产量最高,品质最优,缓释肥和有机肥对饲用小黑麦产量和品质贡献也较大。但是游永亮等<sup>[12]</sup>表明不同施氮肥处理下饲用小黑麦茎叶比两年平均值差异不显著,且与不施肥处理相比差异不显著,并且随着施氮量增加,饲用小黑麦倒伏情况有逐渐增加趋势,施氮磷肥对饲用小黑麦增产效果不明显,但在提高粗蛋白含量方面具有一定促进作用,认为在海河平原区肥力较差土壤上种植饲用小黑麦建议施氮肥

120.0~180.0 kg/hm<sup>2</sup>。以上研究结果并不一致,在不同品种和不同区域内因土壤类型等生境条件不同,适宜施氮量也不尽相同。目前饲用黑麦种籽生产在西藏河谷地区如何合理施氮方面尚未见报道,加上中国农作物化肥用量达328.5 kg/hm<sup>2</sup>,远高于世界平均水平(120 kg/hm<sup>2</sup>),是美国的2.6倍、欧盟的2.5倍,因此,合理的施肥量以及精准施肥方式对牧草在饲草和种籽产量经济效益和农田生态保护以及土壤环境效应评价方面具有重要的意义,因此在该地区开展不同氮肥对饲用小黑麦产量和品质的影响研究十分必要。本文研究了不同梯度的施氮水平对饲用黑麦‘冬牧70’产量性状的影响,旨在为今后‘冬牧70’种籽生产提供合理的氮素投入科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地点位于中国科学院国家农业生态试验拉萨站试验田(东经91°17',北纬29°40'),属于典型的西藏河谷农业区;气候类型为半干旱温带高原季风气候,土壤为砂壤土,土层较薄且不均匀,大约20.0 cm以下可见大块石砾;海拔3688.0 m,年平均气温7.7℃,平均降水量425.0 mm,生长季大气压约为64.7~65.0 kpa。

土壤母质层主要为冲洪积物,土壤发育具有明显的幼年特征,机械组成以细砂颗粒为主,细砂占40.0%~60.0%,粘粒占10.0%~25.0%<sup>[13]</sup>。

经测定试验田的pH 7.44,有机质含量为2.92%,速效磷、速效氮和速效钾的含量分别为59.67 mg/kg、80.17 mg/kg、和30.67 mg/kg。

### 1.2 试验材料

饲用黑麦品种:‘冬牧70’。

### 1.3 试验设计

试验于2018—2019年进行,采用完全随机区组设计,施氮设5个处理(CK、75.0 kg/hm<sup>2</sup>、150.0 kg/hm<sup>2</sup>、225.0 kg/hm<sup>2</sup>、300.0 kg/hm<sup>2</sup>),3次重复,共15个小区。小区面积45.0 m<sup>2</sup> (5.0 m×9.0 m)。

### 1.4 测定项目及方法

田间调查包括穗数,千粒重,穗粒数,籽粒产量在内的产量性状。其中每个小区选取中间3行进行有效穗数统计,各处理按小区进行收割,单独脱粒、晾晒、记产。

## 1.5 数据分析

试验所得数据在 Excel 软件上进行整理,并用 SPSS 20 软件进行统计分析和方差分析,GraphPad 5.0 作图,所有的统计显著性检验  $P < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施氮处理对穗数和穗粒数的影响

随着施氮量的增加,‘冬牧 70’黑麦的穗数呈先上升后下降的趋势(图 1-A),不施肥、施氮肥 75、150、225、300  $\text{kg}/\text{hm}^2$  的穗数分别是 161.0 万、259.3 万、325.0 万、614.3 万、526.3 万个/ $\text{hm}^2$ ,在施氮 225.0  $\text{kg}/\text{hm}^2$  时穗数达到最大,显著高于不施肥、75  $\text{kg}/\text{hm}^2$  和 10  $\text{kg}/\text{hm}^2$  的施肥处理( $P < 0.05$ ),施氮 225  $\text{kg}/\text{hm}^2$  与施氮 300  $\text{kg}/\text{hm}^2$  差异不显著,但是施肥处理的穗数显著高于不施肥处理( $P < 0.05$ ),说明施肥能显著提高‘冬牧 70’黑麦的穗数。穗粒数随着施氮量的增加整体呈上升趋势(图 2-

B),不施肥、施氮肥 75、150、225、300  $\text{kg}/\text{hm}^2$  的穗粒数分别是 19.3、18.6、23.7、23.8、24.8 粒/穗,在施氮 300.0  $\text{kg}/\text{hm}^2$  时达到最大,施肥处理 150.0、225.0、300.0  $\text{kg}/\text{hm}^2$  间穗粒数差异不显著。

### 2.2 不同施氮处理对千粒重、籽粒产量的影响

随着施氮量的增加,‘冬牧 70’黑麦的千粒重在 24.9~25.5 g,不施肥处理与施肥处理差异不显著,且不同施肥处理间也没有显著差异(图 2-A)。籽粒产量随着施氮量的增加呈一直上升的趋势(图 2-B),不施肥、施氮肥 75、150、225、300  $\text{kg}/\text{hm}^2$  的穗数分别是 1057.3、2438.7、3834.0、5806.7 和 6687.3  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,在施氮 300  $\text{kg}/\text{hm}^2$  时达到最大,施氮 225.0  $\text{kg}/\text{hm}^2$  和 300.0  $\text{kg}/\text{hm}^2$  处理显著高于不施肥、75.0  $\text{kg}/\text{hm}^2$  和 150.0  $\text{kg}/\text{hm}^2$  的施肥处理( $P < 0.05$ ),施肥处理显著高于不施肥处理,说明施肥能显著提高‘冬牧 70’黑麦的籽粒产量。

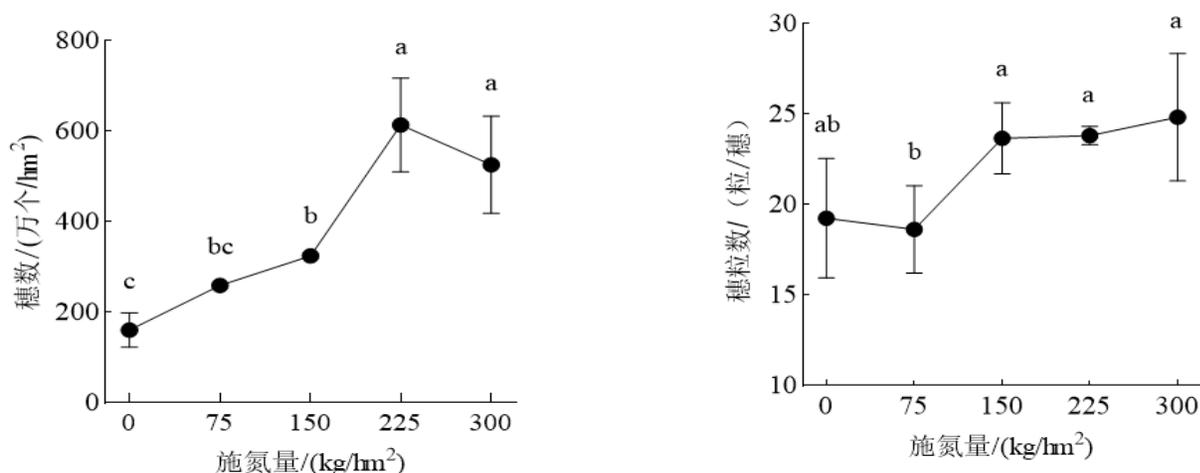


图 1 不同施肥处理对穗数和穗粒数的影响

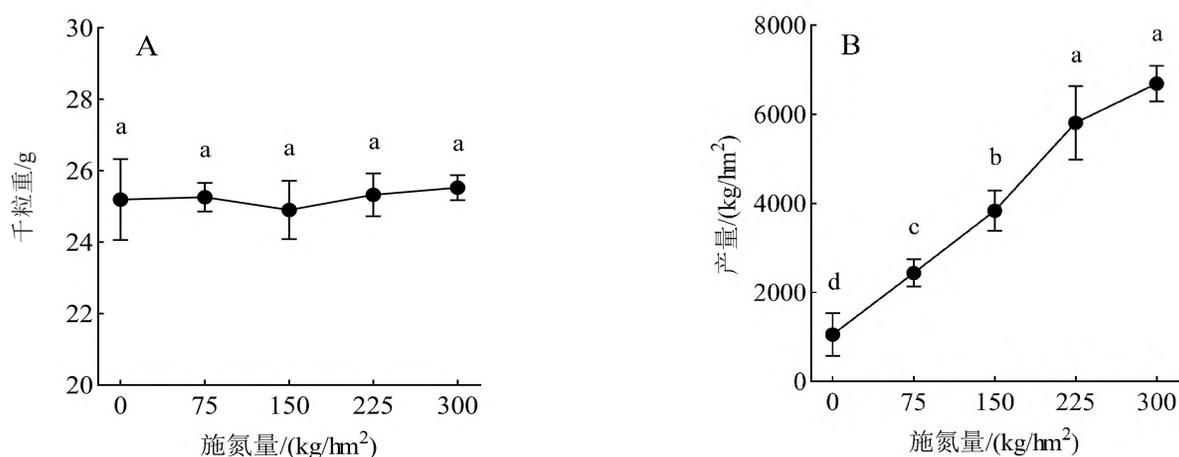


图 2 不同施肥处理对千粒重、籽粒产量的影响

### 2.3 不同施氮处理对籽粒增重的影响

随着施氮量的增加,籽粒增重呈先上升后下降的趋势(图3),不施肥、施氮肥 75、150、225、300 kg/hm<sup>2</sup>的籽粒增重分别是 18.4%、18.6%、28.0%和 18.3%,说明施肥可以增重籽粒,但是当施氮量超过一定的范围籽粒的增重将不在上升,在施氮 225.0 kg/hm<sup>2</sup>时籽粒的增重最大。

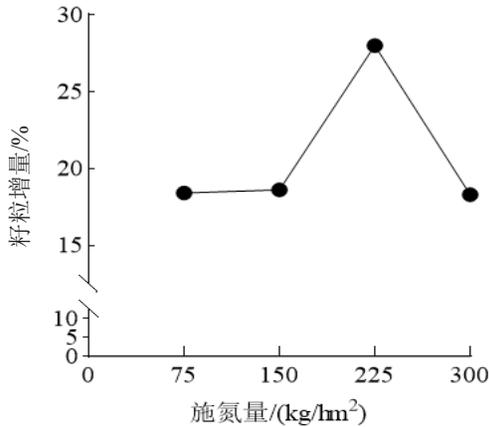
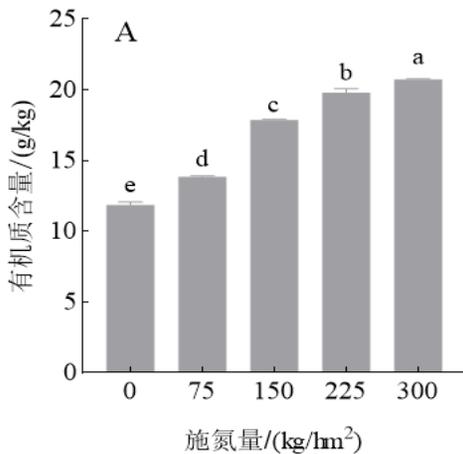


图3 不同施肥处理对籽粒增重的影响

### 2.4 不同施氮处理对有机质和氮磷含量的影响

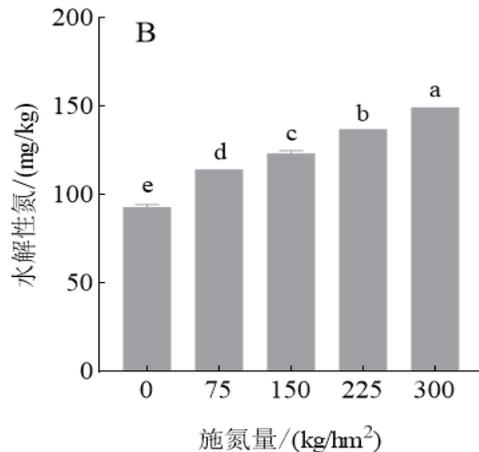
从图4-A可以看出冬牧70黑麦经过一个生长季的生长,有机质的含量均有所增加,增加幅度在307.27%~610.61%,各处理间有机质增幅从大到小依次是:施肥 300 kg/hm<sup>2</sup>>225 kg/hm<sup>2</sup>>150 kg/hm<sup>2</sup>>75 kg/hm<sup>2</sup>>CK,其中施肥 150、225 和 300 kg/hm<sup>2</sup>处理的有机质增加最为明显,说明施肥不但能增加冬牧70的籽粒产量,并且可以有效提升土壤中有机质的含



量。从图4-B可以看出水解性氮的含量随着施氮量的逐渐增加,施肥 300 kg/hm<sup>2</sup>处理的水解性氮含量最高,为 149.5 mg/kg,显著高于其他施肥处理和不施肥处理,水解性氮最低的为不施肥处理,为 93.1 mg/kg,其余处理中水解性氮的含量从大到小依次为:225 kg/hm<sup>2</sup>>150 kg/hm<sup>2</sup>>75 kg/hm<sup>2</sup>,其中施肥处理的水解性氮含量显著高于不施肥处理,施肥 300 kg/hm<sup>2</sup>的水解性氮含量比不施肥处理高出 60.66%,施肥 225 kg/hm<sup>2</sup>的水解性氮含量比不施肥处理高出 47.54%,施肥 150 kg/hm<sup>2</sup>的水解性氮含量比不施肥处理高出 32.79%,施肥 75 kg/hm<sup>2</sup>的水解性氮含量比不施肥处理高出 22.95%,说明当施肥 300 kg/hm<sup>2</sup>时水解性氮的含量出现盈余现象,冬牧70黑麦不能充分吸收,此时施肥过量。从图4-C可以看出速效磷的含量随着施氮量的逐渐增加,施肥 300 kg/hm<sup>2</sup>处理的速效磷含量最高,为 43.5 mg/kg,显著高于其他施肥处理和不施肥处理,水解性氮最低的为不施肥处理,为 11.7 mg/kg,其余处理中水解性氮的含量从大到小依次为:225 kg/hm<sup>2</sup>>150 kg/hm<sup>2</sup>>75 kg/hm<sup>2</sup>,其中施肥处理的速效磷含量显著高于不施肥处理,施肥 300 kg/hm<sup>2</sup>的速效磷含量比不施肥处理高出 271.79%,施肥 225 kg/hm<sup>2</sup>的速效磷含量比不施肥处理高出 150.43%,施肥 150 kg/hm<sup>2</sup>的速效磷比不施肥处理高出 95.90%,施肥 75 kg/hm<sup>2</sup>的速效磷含量比不施肥处理高出 40.60%,说明施氮肥对速效磷的含量有促进作用。

### 3 讨论与结论

禾本科牧草不具备固氮功能,其所需的氮肥以及各种养分必须从土壤中吸取。氮素在作物产量和品质形成中起着关键作用。合理施用氮肥是当今世界作物生产中获得较高目标产量的关键措施<sup>[14]</sup>。绝大多数试



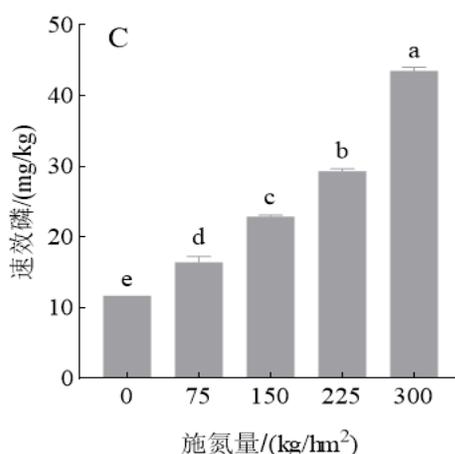


图4 不同施氮处理对有机质和氮磷含量的影响

验证,氮肥施入土壤后,由于“正激发效应”的存在,施氮处理的作物会较对照处理的作物吸收更多的土壤氮<sup>[15-18]</sup>。

在施肥对饲用黑麦饲草产量影响研究方面,李志坚等<sup>[19-20]</sup>认为氮肥对黑麦产量的贡献率最大,就产量而言,最佳施氮量为199.5~274.5 kg/hm<sup>2</sup>,李志坚还认为施肥量特别是氮肥施入量对饲用黑麦干草品质有较大影响,黑麦干草中的粗蛋白含量主要受施氮水平的影响,随着氮肥投入的增加黑麦粗蛋白含量不断增加,在饲用黑麦生产中,为了获得较高的饲用黑麦干草质量,在土地为壤质底粘潮土,耕层土壤有机质含量0.72%,全氮0.062%,碱解氮36.65 mg/kg, pH 8.54下,氮肥施量不应低于226.5 kg/hm<sup>2</sup>。这与本研究结果不一致,本研究结果表明在施氮肥300.0 kg/hm<sup>2</sup>时籽粒产量还在增加,原因可能是西藏地力条件差,所需氮肥含量较高,此外与同一地块作物冬小麦<sup>[21]</sup>和春青稞<sup>[22]</sup>表现不一致,说明‘冬牧70’黑麦作为饲用型作物,在土壤肥力差的沙性土壤条件下需要更高的氮素投入水平才能达到最大的籽粒产量。但是在施氮水平超过225.0 kg/hm<sup>2</sup>后籽粒增量出现下降,原因是随着施氮量的增加出现报酬递减。施肥量对燕麦有效穗数、株高、生育期及产量均有影响,其中有效穗数及产量随着施肥量的增加而增加<sup>[23]</sup>。大量试验表明<sup>[24-26]</sup>,施肥量对产量构成因素如穗粒重、有效穗数影响显著,施N和施P均能提高青藏高原地区穗数、穗粒数、穗粒重、种子产量<sup>[26]</sup>,与本研究结果一致。氮肥在推动农作物增产中起非常重要作用是肯定的,但随氮肥的大量使用,造成的某些副作用和问题诸如氮肥利用率低等问题,诸多对氮肥与小麦产量关系的研究表明<sup>[27-28]</sup>:施氮量与小麦籽粒产量呈抛

物线关系,即在一定适宜的施氮量范围内,产量随施氮量增加而增加,超出临界施氮量范围后再增施氮肥,产量呈下降趋势。

从土壤有机质的含量变化来看,施肥处理对有机质有较为明显的提升作用,增强了土壤的肥力。土壤中氮磷两种元素的变化也较为明显,主要原因是可能是通过施氮增大了土壤孔隙度从而提高了通气状况,增加了土壤中的阳离子交换量(CEC),并促进土壤中氮素的固定,减少氮素的流失,增加了作物对氮素的吸收。另外在磷素流失的研究中,有效磷是能被作物直接吸收的形态,随着有机质的增加使其内部发生矿化作用的有机磷释放到土壤当中,从而提升了有效磷的含量,说明施肥在一定程度上能够增加土壤中有效磷的含量。结合‘冬牧70’籽粒增重的结果来看,施肥225 kg/hm<sup>2</sup>即能显著提高籽粒的产量,又能提升土壤中的有机质、水解性氮和速效磷的含量,虽然施肥300 kg/hm<sup>2</sup>处理对土壤水解性氮和速效磷的提升较也为显著,但是‘冬牧70’并不能全部吸收造成养分的浪费,因此施氮肥225.0 kg/hm<sup>2</sup>能实现较高的籽粒产量和氮素利用效率。

本研究填补了在西藏河谷地区饲用黑麦种籽生产合理施氮方面的空白,为今后‘冬牧70’种籽生产所需合理的氮素提供了科学依据。但是随着施氮量的增加,籽粒产量也一直在增加,并没有出现拐点,因此施氮量达到多少籽粒产量出现下降还待进一步研究。

研究结果初步表明,在西藏地区肥力差的土壤条件下,饲用黑麦‘冬牧70’种籽生产的施氮水平应控制在225.0 kg/hm<sup>2</sup>以下,以实现较高的籽粒产量和氮素利用效率。

## 参考文献

- [1] 孙鸿烈,郑度,姚檀栋,等. 青藏高原国家生态安全屏障保护与建设[J]. 地理学报,2012,67(1):3-12.
- [2] 张宪洲,何永涛,沈振西,等. 西藏地区可持续发展面临的主要生态环境问题及对策[J]. 中国科学院院刊,2015,30(3):306-312.
- [3] Fu G, Shen Z X, Zhmng X Z. Increased precipitation hms stronger effects on plant production of an alpine meadow thmn does experimental warming in the Northern Tibetan Plateau[J]. Agricultural and Forest Meteorology,2018,249:11-21.
- [4] 何永涛,张宪洲,余成群. 西藏高原农牧系统耦合发展及其生态效应[J]. 中国科学院院刊,2016,31(1):112-117.
- [5] 张光雨,马和平,邵小明,等. 西藏河谷区9个引进燕麦品种的生产性能和营养品质比较研究[J]. 草业学报,2019,28(5):121-131.
- [6] 张光雨,沈振西,邵小明,等. 西藏当雄10个引进燕麦品种的生产性能和营养品质比较[J]. 草地学报,2019,27(4):1083-1089.
- [7] 马兴林,陈庆沐,许建新. 饲用作物品种—冬牧70黑麦[J]. 农业信息探索,1995(1):18-19.
- [8] 徐静,孙敏,苗果园,等. 生土条件下施肥对小黑麦生长状况及生理功能的影响[J]. 安徽农业科学,2009,37(11):4929-4931.
- [9] 韩芳,韩浩坤,王海龙,等. 施肥对旱薄地谷子农艺性状及产量的影响[J]. 山西农业科学,2015,43(06):718-722.
- [10] 孙元枢,谢运,王钧睦. 新饲料作物—小黑麦[J]. 牧草与饲料,1991(4):37-40.
- [11] 杨小辉,王春宏,姜佰文. 氮素调控对复种条件下饲用小黑麦-青贮玉米产量和品质的影响[J]. 作物杂志,2011(1):70-73.
- [12] 游永亮,李源,赵海明,等. 海河平原区施氮磷肥对饲用小黑麦生产性能及营养品质的影响[J]. 草业学报,2020,29(3):137-146.
- [13] 付刚,沈振西,钟志明. 青藏高原青裸三种植被指数对红外增温的初始响应[J]. 生态环境学报,2015(3):365-371.
- [14] 巨晓棠,谷保静. 中国农田氮肥施用现状、问题及趋势[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(4):783-795.
- [15] 杨宪龙. 农田氮肥利用率计算方法研究进展[J]. 应用生态学,2015,26(7):2203-2212.
- [16] 徐明岗,张久权,文石林. 南方红壤丘陵区牧草的肥料效应与施肥[J]. 草业科学,1997,14(6):21-23.
- [17] 马艳芹,杨文亨,黄国勤. 不同施氮水平对紫云英腐解与土壤供氮特性的影响[J]. 南方农业学报,2018,49(9):1745-1752.
- [18] 舒正文,王春雪,李敏,等. 水稻-牧草轮作牧草季土壤磷对牛粪浆施用的响应特征[J]. 江西农业学报,2019,31(8):35-41.
- [19] 李志坚,祝廷成,胡跃高. 不同施肥水平与组合对饲用黑麦生产性能的影响研究 I 对饲用黑麦产草量的影响[J]. 草业学报,2003(4):104-110.
- [20] 李志坚,周道玮,胡跃高. 不同施肥水平与组合对饲用黑麦生产性能的影响研究 II 对饲用黑麦质量的影响[J]. 草业学报,2005(4):72-81.
- [21] 钟志明,张宪洲,成升魁. 西藏拉萨河谷地区冬小麦施氮效应灰色关联度评价[J]. 西南农业学报,2009,22(01):106-109.
- [22] 钟志明,张宪洲,成升魁. 拉萨河谷地区春青裸施氮效应灰色关联度分析[J]. 安徽农业科学,2008(25):10993-10995.
- [23] 周萍萍,赵军,颜红海,等. 播期、播种量与施肥量对裸燕麦籽粒产量及农艺性状的影响[J]. 草业科学,2015,32(3):433-441.
- [24] 鲍根生,周青平,韩志林,等. 施肥对青藏高原燕麦产量和品质的影响[J]. 中国草地学报,2010,32(2):108-112.
- [25] 贾志锋,周青平,韩志林,等. N、P肥对裸燕麦生产性能的影响[J]. 草业科学,2007,24(6):19-22.
- [26] 德科加. 施肥对青藏高原燕麦种子产量及产量组分的影响[J]. 种子,2009,28(8):71-74.
- [27] 刘学军,赵紫娟,巨晓棠,等. 基施氮肥对冬小麦产量、氮肥利用率及氮平衡的影响[J]. 生态学报,2002(7):1122-1128.
- [28] 蔡大同,苑泽圣,杨桂芬,费德保. 氮肥不同时期施用对优质小麦产量和加工品质的影响[J]. 土壤肥料,1994(2):19-21.