

播期对青稞农田氨挥发和土壤 NH_4^+ -N 含量的影响

李 雪

(省部共建青稞和牦牛种质资源与遗传改良国家重点实验室/西藏自治区农牧科学院农业资源与环境研究所,西藏 拉萨 850000)

摘 要:为探明不同播期对青稞农田氨挥发、土壤氨态氮变化特性和对生产的影响。本试验采用完全随机试验设置早播(4 月 12 日)和晚播(4 月 25 日)2 个处理,分析氨挥发和土壤氨态氮含量特性、二者的相关性以及对产量相关农艺性状的影响。早播的氨挥发积累量<晚播,影响氨挥发的施肥时期主要为基肥期表现为挥发峰值高、挥发周期长、挥发积累量占比高;不同播期土壤 NH_4^+ -N 含量的峰值均出现基肥期,且晚播>早播;土壤 NH_4^+ -N 含量与氨挥发极显著正相关;早播有利于青稞形成高株,但不同播期对青稞生物量影响差异不显著。综上所述,建议河谷农区根据环境条件适时早播,降低氨挥发损失。

关键词:播期; 氨挥发; 土壤 NH_4^+ -N 含量; 产量

中图分类号:S147.2 **文献标识码:**A

Effect of Different Sowing Date on Ammonia Volatilization and NH_4^+ -N Content in Soil

LI Xue

(State Key Laboratory of Hulled Barley and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement/Institute of Agricultural Resources and Environment, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850000, China)

Abstract: Ammonia volatilization is one of the important ways of nitrogen loss in farmland. Field trials were conducted to estimate the influences of different sowing dates on highland barley yield, NH_3 volatilization, and NH_4^+ -N content in soil in a highland barley system in Tibet. The results showed that, the accumulation of ammonia volatilization in early sowing was less than that of late sowing. Ammonia volatilization mainly occurred in the base fertilizer phase, which was characterized by high volatilization peak, long volatilization cycle and high ratio of volatilization accumulation. The peak of NH_4^+ -N content in soil at different sowing dates all appeared in the basal fertilizer stage, and late sowing > early sowing. There was a significant positive correlation between NH_4^+ -N content in soil and ammonia volatilization. Early sowing was beneficial to the formation of high strains, but the effect of different sowing dates on barley biomass was not significant. From what has been discussed above, it suggested that sow early can be a feasible way of mitigating ammonia volatilization from highland barley fields in Tibet.

Key words: Sowing date; Ammonia volatilization; NH_4^+ -N content in soil; Yield

青稞因其为藏民族主要食品糌粑和青稞酒的主要原料,在当地具有重要的社会和经济作用^[1]。作为主栽作物之一,其种植面积在区内一直名列前茅^[2],2017 年西藏全区青稞种植面积 $1.39 \times 10^5 \text{ hm}^2$,占全区粮食作物总面积的 75.42 %^[3]。尿素是农业生产中施用量最大的氮肥品种^[4],但是尿素施入土壤后的速效氮若不能被作物及时吸收,易通

过各种途径损失^[5]。氨挥发是氮素损失的主要途径之一,农田氨挥发不仅降低农业生产效率还带来各种环境问题^[6],有关研究表明,农田氮肥氨挥发损失率可达 11 % 左右,其对氮损失的贡献率可达 5 % ~ 47 %^[7-8]。青稞农田施用氮肥所产生的氨挥发损失不利于青稞稳产高产,而且还可能给西藏脆弱的大气和水体环境带来负担。目前对农田生态系统中的氨挥发多见于稻田和小麦田等氮肥施用过量,出现环境问题和氮肥损失量大的生态系统^[9-11],对青稞农田氨挥发研究未见报道。本试验拟研究青稞农田系统中不同播期处理中土壤氨态氮

收稿日期:2020-02-20

作者简介:李 雪(1986-),女,助理研究员,主要从事气候变化与农作物栽培研究,E-mail:lixuezhs2016@163.com。

表1 播种前土层0~20 cm土壤化学性质

Table 1 Soil chemical properties in 0~20 cm soil layer of the experiment field before sowing					
pH	有机质(g·kg ⁻¹) Organic matter	全氮(g·kg ⁻¹) Total N	碱解氮(mg·kg ⁻¹) Alkaline-hydrolytic N	速效磷(mg·kg ⁻¹) Available P	速效钾(mg·kg ⁻¹) Available K
7.84	25.28	1.63	0.13	42.30	56.20

变化、氨挥发特性及二者的关系,和对青稞生产的影响。为今后西藏提高青稞生产氮肥利用率和农业环境保护提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2019年在西藏自治区农牧科学院4#试验地(29°38'N,91°2'E)进行。所处地区位于西藏高原中部拉萨河中游河谷平原,海拔3660 m,年平均气温3~17℃,降雨量200~510 mm,年无霜期100~120 d。试验地土壤为砂壤土,前茬作物为青稞,0~20 cm土层化学性质见表1。

1.2 试验设计

试验设计2个播期处理,3次重复,共计6个小区,完全随机设计。供试春青稞品种为藏青2000,播种量210 kg/hm²,行距25 cm。前茬作物为青稞。基肥为尿素174.15 kg/hm²,过磷酸钙均为487.50 kg/hm²,氯化钾75 kg/hm²,羊粪15 000 kg/hm²;田间青稞80%第二茎节抽出2 cm、田间青稞60%抽穗时分别施追肥尿素58.05 kg/hm²。播期处理为:①早播4月12日播种,②晚播4月25日播种。

1.3 测定项目和方法

1.3.1 土壤氨挥发测定 采用王朝辉的通气法捕获挥发的氨气^[12],每小区3个氨气捕获装置,视情况间隔24~36 h于上午11:00之前完成取样,直至氨挥发稳定或检测不到为止,氨挥发通量计算如下:
$$\text{NH}_3\text{-N}(\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{d}^{-1})=M\times(A\times D)^{-1}\times10^{-2}$$

式中, M :单个氨气捕获装置测得氨量(mg); A :捕获装置的横截面积(m²); D :每次捕获氨气的时间(d)。积氨挥发量:一定天数内氨挥发总量。

1.3.2 土壤氨态氮测定 S法采集青稞农田0~20 cm土壤,每小区至少5钻,装入一次性塑封袋带回实验室12 h内完成氨态氮检测。采用靛酚蓝比色法用分光光度计检测土壤氨态氮,并计算土壤氨态氮含量^[13]。

1.3.3 青稞生物量测定 于青稞成熟后期采集1 m²青稞整株样品带回实验室测量并记录有效穗数、整株鲜重、粒数、株高、穗长,贴标签后悬挂于阴凉通风处待其干燥后测量干物质重、产量、千粒重。

鲜重含水量(%)=(W_f-W_d)/ $W_f\times100\%$
式中, W_f :植株鲜重, W_d :植株干重。

2 结果与分析

2.1 播期对氨挥发的影响

如图1所示,早播处理氨挥发周期98 d,晚播处理氨挥发周期76 d;青稞农田的氨挥发周期表现出基肥期>抽穗肥期>拔节期的趋势。早播处理基肥氨挥发周期53 d占总挥发周期的54.08%,氨挥发通量在前26 d出现2个峰值然后逐渐趋于稳定,晚播处理基肥氨挥发周期46 d占总挥发周期的60.53%,在出4个峰值后氨挥发迅速减弱;拔节追肥氨挥发通量变化趋势基本一致均在出现1个峰值后迅速减弱,早播处理氨挥发周期为13 d,占总挥发周期的13.27%,晚播处理挥发周期为9 d,占总周期的11.84%;抽穗追肥的氨挥发随播期不同而有所不同。早播处理氨挥发周期为29 d,占总周期29.59%,期间出现两个峰值然后逐渐稳定。晚播处理氨挥发周期为10 d,占总挥发周期13.16%,氨挥发通量在出现一个峰值后氨挥发迅速减弱至稳定。

如图2所示,早播处理氨挥发总积累量(11.180 kg·hm⁻²)小于晚播处理(18.495 kg·hm⁻²),青稞生长不同阶段氨挥发积累量为基肥期>抽穗追肥期>拔节追肥期。青稞农田氨挥发主要发生在基肥期,早播处理氨挥发积累量占总氨挥发积累量的85.95%,晚播处理占79.8%;拔节追肥氨挥发积累量占总挥发量最少,早播处理为4.29%,晚播处理为6.10%;抽穗追肥氨挥发积累量占总挥发量为早播处理9.76%,晚播处理14.10%。

综上所述,青稞农田系统中青稞不同生长阶段

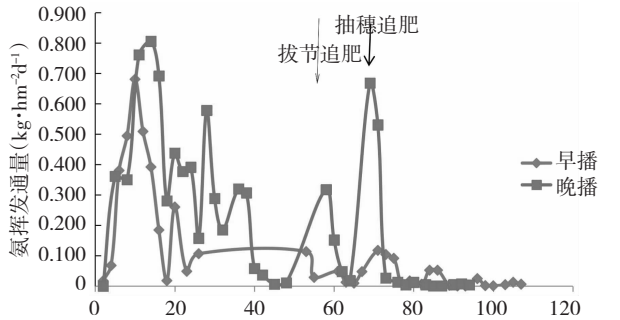


图1 不同播期青稞农田氨挥发通量的变化

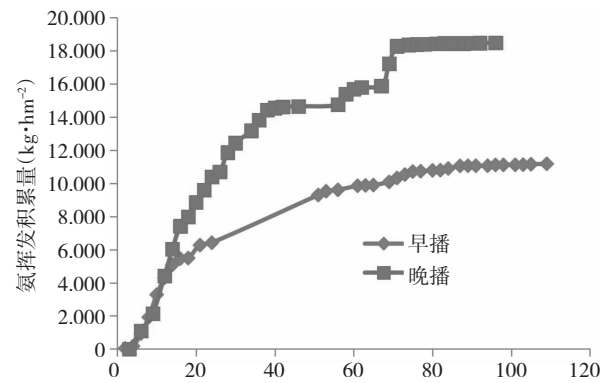


图 2 不同播期氨挥发积累量的变化

氨挥发通量和氨挥发积累量均为基肥期>抽穗追肥期>拔节追肥期,氨挥发通量的峰值和氨挥发周期在基肥期的优势,导致氨挥发积累量的积累表现出了同样的规律。基肥期氨挥发通量经过几个峰值后逐渐平稳和较长的氨挥发周期是形成氨挥发积累的主要因素,控制这 2 个因素有利于减少氨挥发积累量。晚播处理的氨挥发积累量大于早播处理,这说明早播有利于减少氨挥发。

2.2 播期对土壤氨态氮的影响

如图 3 所示,晚播处理土壤氨态氮含量峰值大于早播处理。早播处理土壤氨态氮含量阈值为 0.934~21.248 mg/kg,最大值出现在 5 月 2 日,即播种后第 21 天,此时青稞农田系统处于基肥期。最小值出现在 7 月 19 日,即播种后第 99 天,此时青稞农田系统处于抽穗追肥期;晚播处理土壤氨态氮含量阈值为 0.353~36.759 mg/kg,最大值出现在 5 月 9 日,即播种后第 15 天,此时青稞农田系统处于基肥期。最小值出现在 7 月 17 日,即播种后第 84 天,此时青稞农田系统处于抽穗追肥期。综上所述,不同播期土壤 NH₄⁺-N 含量峰值均出现在基肥期,谷值出现在抽穗追肥期,晚播处理土壤氨态氮含量峰值大于早播处理。晚播峰值出现日期较早播晚 7 d,但晚播峰值出现的播种后的天数较早播早 6 d,出现这一现象可能是土壤氨态氮含量受气候和青稞生长状态的共同影响;土壤氨态氮含量最小值出现时间基本相同,这可能是因为此时不同播期的青稞生长均处于灌浆期,且气候环境基本相同。

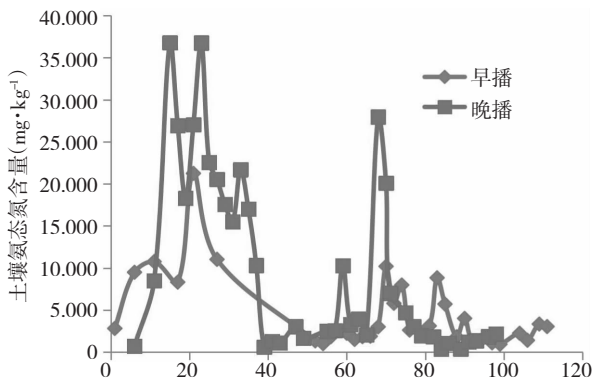


图 3 不同播期土壤氨态氮的变化

2.3 氨挥发和土壤氨态氮的相关性分析

如表 2 所示,土壤 NH₄⁺-N 含量与青稞农田系统土壤氨挥发通量呈极显著相关。早播处理土壤 NH₄⁺ 含量与氨挥发相关系数为 0.52889,符合二元一次回归拟合模型 $Y=0.01257+0.01728X$;晚播处理土壤 NH₄⁺ 含量与氨挥发通量相关系数为 0.64032,符合二元一次回归拟合模型 $Y=0.07376+0.01479X$ 。这说明青稞农田生态系统中,土壤中铵态氮的含量是影响氨挥发的主要因素之一。

2.4 播期对青稞生产的影响

如表 3 所示,不同播期处理对青稞产量、干物质质量、鲜重含水量、千粒重、粒数、穗长、茎数有影响,但是差异不显著。播期对青稞株高的影响差异极显著,且早播>晚播,说明早播有利于青稞节间伸长形成高株。综上所述,播期对青稞生物量的生产影响并不显著,但有利于形成高株。

3 讨论

3.1 播期影响氨挥发和土壤 NH₄⁺ 含量

土壤氮素主要来源于施肥、生物固氮、生物有机残体归还和大气沉降^[14-15],在农田生态系统中施肥是土壤氮素来源的主要途径,施入土壤的尿素经脲酶水解,可显著增加土壤中铵态氮(NH₄⁺)的含量^[16-18],土壤中 NH₄⁺-N 含量还与气温、作物生长期、土壤养分动态等有关^[19-20]。氨挥发受气候因素、作物群体、土壤 pH、土壤吸附作用、土壤 NH₄⁺-N 含量等因素影响^[21-24]。本试验中不同播期处理土

表 2 土壤 NH₄⁺-N 含量与氨挥发通量的相关性

Table 2 Correlation between ammonia volatilization and ammonia content in soil

处理 Treatment	$Pr> t $	r	回归模型 Model
早播 Sowing early	0.0011	0.52889	$Y=0.01257+0.01728X$
晚播 Sowing late	<0.0001	0.64032	$Y=0.07376+0.01479X$

表 3 不同播期青稞生物产量性状分析
Table 3 Products on different sowing date

处理 Treatment	产量 (kg/hm ²) Yield	干物质量 (kg/hm ²) Dry matter	鲜重含水量 (%) Fresh weight moisture content	千粒重(g) 1000-seed weight	粒数 Grain number per spike	株高(cm) Plant height	穗长(cm) Panicle length	茎数(ten thousands/hm ²) Number of productive ear
早播 Sowing early	3685.64a	17093.88a	47.04a	50.14a	41a	90.61Aa	7.58a	333.47a
晚播 Sowing late	3029.07a	9078.71a	64.29a	51.05a	42a	78.17Bb	5.55a	493.54a

注:大写字母表示 0.01 水平上的差异显著性,小写字母表示 0.05 水平上的差异显著性。
Notes: Upper case letters indicate significant differences at the 0.01 level, and lower case letters indicate significant differences at the 0.05 level.

壤 NH₄⁺-N 含量峰值均出现在基肥期、谷值均出现在穗肥期,且晚播峰值大于早播处理峰值,这可能与气温、降水等气候因素和青稞不同生长发育时期对氮肥需求不同有关。氨挥发通量、周期和氨挥发积累量均为基肥期>抽穗追肥期>拔节追肥期,氨挥发峰值和峰数均在基肥期达到最大,这可能与基肥期气温较低,施肥量较大、青稞生长处于苗期等因素有关。

3.2 土壤 NH₄⁺ 含量和氨挥发的关系

尿素施入青稞农田后,很快与土壤、水分结合,在脲酶作用下发生氨化作用转化为 NH₄⁺-N,较高的铵态氮浓度与大气形成很高的氨分压,导致大量氨气挥发^[25-28]。本实验中土壤 NH₄⁺-N 含量与氨挥发通量呈极显著正相关,通过回归分析早播处理土壤 NH₄⁺-N(Y)与氨挥发通量(X)符合方程:Y=0.01257+0.01728X,晚播处理土壤 NH₄⁺-N(Y)与氨挥发通量(X)符合方程:Y=0.07376+0.01479X。说明,青稞农田生态系统中土壤中 NH₄⁺-N 的含量是影响氨挥发的主要因素之一。这一结论与山楠等人施肥主要影响表层土壤的 NH₄⁺-N 总浓度,从而影响氨挥发速率的结果基本一致^[29]。

3.3 不同播期对青稞生产的影响

播期通过生育期温度、光照、降水等外界环境条件^[30]对青稞生长发育产生影响。本试验中氨挥发周期早播处理比晚播处理长 22 d,基肥期和抽穗肥期早播处理氨挥发通量呈逐渐下降趋势,晚播处理氨挥发通量呈急速下降趋势,且土壤中 NH₄⁺-N 以同样的趋势减弱。说明与早播处理相比晚播处理有利于施入青稞农田系统中的 NH₄⁺-N 肥稳定释放,且相对延长了基肥和穗肥释放和作用时间。但青稞产量受积温、光照、栽培方式、干物质积累及转运等多种因素共同影响^[31-33],本试验播期对青稞产量和干物质质量的影响差异不显著,与冯西博等人的研究结果一致^[34],早播处理株高极显著大于晚播处理,这与刘国一的研究结果^[35]不同。

4 结 论

播期对青稞农田土壤氨挥发的影响表现为早播的氨挥发积累量<晚播,影响氨挥发的施肥时期主要为基肥期表现为挥发峰值高、挥发周期长、挥发积累量占比高。不同播期土壤 NH₄⁺-N 含量的峰值均出现基肥期,且晚播峰值>早播峰值。经相关分析和回归分析表明土壤 NH₄⁺-N 含量与氨挥发极显著正相关说明土壤 NH₄⁺-N 是影响氨挥发的主要因素之一。早播有利于青稞形成高株,但不同播期对青稞生物量影响差异不显著。综上所述,在现有生产水平下从降低青稞农田氨挥发角度考虑,建议适时早播。从长远角度和保护环境提高氮肥利用率角度考虑,建议研发缓释肥料和有利于降低农田氨挥发的农艺措施。

参考文献:

[1]次仁卓嘎. 江孜县青稞种子田管理及病虫害防治技术[J]. 中国农技推广, 2019, 35(12): 78-79.
[2]李萍. 西藏林芝地区春青稞产量及其构成因子主成分分析[J]. 西南农业学报, 2010, 23(1): 26-29.
[3]马伟东. 青藏高原青稞种植现状及其增产途径[J]. 青海农林科技, 2019(4): 49-87.
[4]赵蒙,曾科,姚元林,等. 聚脲甲酰胺缓释肥对太湖稻麦轮作体系氨挥发及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(1): 55-63.
[5]王平,付站勇,李絮花,等. 腐殖酸对土壤氮素转化及氨挥发损失的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2018(4): 28-33.
[6]邹娟,胡学玉,张阳阳,等. 不同地表条件下生物炭对土壤氨挥发的影响[J]. 环境科学, 2018, 39(1): 348-354.
[7]卢艳艳,宋付朋. 不同包膜控释尿素对农田土壤氨挥发的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(23): 7133-7140.
[8]Zhu Z L, Wen Q X. Nitrogen in Soil of China[M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1992: 171-249.
[9]Qingnan Chu, Lihong Xue, Bhupinder Pal Singh, et al. Sewage sludge-derived hydrochar that inhibits ammonia volatilization, improves soil nitrogen retention and rice nitrogen utilization[J]. Chemosphere, 2019(245): 1-12.
[10]郑凤霞,董树亭,刘鹏,等. 长期有机无机肥配施对冬小麦籽粒产量及氨挥发损失的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(3): 567-577.

- [11]谢勇, 荣湘民, 张玉平, 等. 控释氮肥减量施用对春玉米土壤 N_2O 排放和氨挥发的影响[J]. 农业环境科学学报, 2016, 35(3): 596-603.
- [12]王朝辉, 刘学军, 巨晓棠, 等. 田间土壤氨挥发的原位测定——通气法[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(2): 205-209.
- [13]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第三版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [14]Decina S M, Templer P H, Hutrya L R, et al. Variability, Drivers, and effects of atmospheric nitrogen inputs across an urban area; emerging patterns among human activities, the atmosphere, and soils[J]. Science of the Total Environment, 2017, 609: 1524-1534.
- [15]Lorenz K, LAL R. Biogeochemical C and N cycles in urban soils[J]. Environment International, 2009, 35: 1-8.
- [16]刘淑英. 不同施肥对西北半干旱区土壤脲酶和土壤氮素的影响及其相关性[J]. 水土保持学报, 2010, 24(1): 219-223.
- [17]王丰, 任灵玲, 安婷婷, 等. 长期施肥对土壤中氨氧化细菌丰度和种群多样性的影响[J]. 华中农业大学学报, 2020, 39(1): 86-94.
- [18]Shang Q Y, Gao C M, Yang X X, et al. Ammonia volatilization in Chinese double rice-cropping systems: A 3-year field measurement in long-term fertilizer experiment[J]. Biology and Fertility of Soils, 2014, 50(5): 715-725.
- [19]杨晓云, 杨虎德. 不同施肥条件下甘肃夏玉米农田灌溉土壤氨挥发研究[J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(5): 79-88.
- [20]张茜, 张小梅, 梁斌, 等. 长期定位施肥对设施番茄土壤酶活性及土壤养分动态变化的影响[J]. 华北农学报, 2017, 32(1): 179-186.
- [21]田玉华, 贺发云, 尹斌, 等. 太湖地区氮磷肥施用对稻田氨挥发的影响[J]. 土壤学报, 2007, 44(5): 893-900.
- [22]李诗豪, 刘天奇, 马玉华, 等. 耕作方式与氮肥类型对稻田氨挥发、氮肥利用率和水稻产量的影响[J]. 农业资源与环境学报, 2018, 35(5): 447-454.
- [23]Stevenson F J. Nitrogen in agricultural soils[M]. Madison, Wisconsin: Society of Agronomy, 1982.
- [24]王淳, 周卫, 李祖章, 等. 不同施氮量下双季稻连作体系土壤氨挥发损失研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(2): 349-358.
- [25]Pan B, Lam SK, Mosier A, et al. Ammonia volatilization from synthetic fertilizers and its mitigation strategies: A global synthesis[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2016, 232: 283-289.
- [26]王琼, 范康飞, 范志平, 等. 河岸缓冲带对氮污染物消减作用研究进展[J]. 生态学杂志, 2019, 39(2): 1-13.
- [27]刘威, 周剑雄, 谢媛圆, 等. 控释尿素条施深度对鲜食玉米田间氨挥发和氮肥利用率的影响[J]. 应用生态学报, 2019, 30(4): 1295-1302.
- [28]王成, 陈波浪, 玉素甫江, 等. 不同施氮水平对库尔勒香梨园土壤氨挥发损失的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2019(2): 46-53.
- [29]山楠, 赵同科, 毕晓庆, 等. 不同施氮水平下小麦田氨挥发规律研究[J]. 农业环境科学学报, 2014, 33(9): 1858-1865.
- [30]孙全平, 刘国一, 唐亚伟, 等. 密度、播期和施肥对西藏不同青稞品种籽粒灌浆特性影响[J]. 中国农学通报, 2016, 32(21): 67-74.
- [31]关卫星, 杨勇, 懂凯宁, 等. 西藏高海拔地区积温与土壤养分对不同青稞新品种(系)产量影响研究初报[J]. 西藏农业科技, 2019(4): 32-36.
- [32]马瑞萍, 刘国一, 高雪, 等. 不同施肥模式对青稞产量、品质及土壤环境的影响[J]. 西藏农业科技, 2019(增): 6-10.
- [33]朱明霞, 白婷, 靳玉龙, 等. 施肥水平对青稞干物质积累及转运的影响[J]. 西藏农业科技, 2019(增): 59-65.
- [34]冯西博, 王金菊, 多杰次仁, 等. 西藏春青稞农艺性状在不同施氮量和播期水平下对产量贡献的分析[J]. 大麦与谷类科学, 2009(2): 1-5.
- [35]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.