

不同施肥模式对青稞产量、品质及土壤环境的影响

马瑞萍, 刘国一*, 高雪, 谢永春, 李雪

(西藏自治区农牧科学院农业资源与环境研究所, 西藏拉萨 850032)

摘要:【目的】探索有机肥、秸秆还田在高原青稞生产中的可行性。【方法】开展不同施肥模式对青稞产量、品质及土壤环境的影响试验, 试验设计撂荒(CK0)、耕种不施肥(CK)、单施化肥(F)、单施有机肥(M)、化肥配施有机肥(FM)和施化肥并秸秆还田(FS)6个处理, 4次重复, 对青稞生长发育、产量、品质及青稞收获后的土壤常规养分和结构进行测定分析。【结果】单施化肥使土壤 pH 值升高, 导致土壤有机碳含量减少, 土壤全磷和有效磷含量下降, 青稞籽粒的蛋白质含量显著高于其他处理; 化肥配施有机肥处理青稞干物质质量较大, 化肥配施秸秆处理能够有效提升土壤钾含量。【结论】施用有机肥能增加青稞穗粒数和千粒重而提高青稞产量, 并且稳定土壤磷含量, 改善土壤结构。

关键词: 西藏; 施肥; 青稞栽培; 土壤环境

中图分类号: S141.5 **文献标识码:** A

Effect of Different Fertilization Patterns on Soil Environment and Yield, Quality of Highland Barley

MA Rui-ping, LIU Guo-yi*, GAO Xue, XIE Yong-chun, LI Xue

(Institute of Resources and Environment, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850032, China)

Abstract: 【Objective】Different fertilization patterns experiments have been carried out to explore the feasibility of organic fertilizer and straw returning to the field on Highland barley production. 【Method】Six treatments(CK0, CK, F, M, FM and FS) were designed and repeated four times. The growth and development, yield and quality of highland barley were measured and soil fertility and soil structure after highland barley harvest were determined. 【Result】F increased the pH value of the soil, resulting in the decrease of soil organic carbon content, decreased total phosphorus and available phosphorus content in the soil, the protein content of highland barley grains on F was significantly higher than other treatments. There was a large quality of barley dry matter mass in FM and it showed a significant ascension in soil potassium content in FS. 【Conclusion】Adhibition of organic fertilizer could increase the yield of highland barley significantly via improved grains per spike and 1000-grain weight, and it also stabilized soil phosphorus content and improved soil structure.

Key words: Tibet; Fertilization; Highland barley cultivation; Soil environment

青稞因其耐寒性强、生育期较短、营养成分丰富、蛋白质含量高等特点^[1]而成为藏区的主要粮食作物。2017 年西藏青稞种植面积达 14 万 hm^2 , 占粮食作物播种面积的 75 %^[2], 青稞也是西藏农民增收的主要途径, 青稞的生产发展一直是影响农业发展、人民生活水平提高和社会稳定的基本因素^[3]。提高青稞单位面积产量、总产量对我国藏族农牧民

脱贫致富维护藏区社会稳定有重大的意义^[4]。

在影响作物产量的诸多因素中, 施肥是其中最重要因素之一, 对作物产量和品质均有重要影响^[5]。施肥是提高农田土壤生产力的重要措施, 施用化肥可以通过增加土壤养分来提升作物产量^[6]。2015 年我国化肥用量已达到 $6.02 \times 10^7 \text{ t}$, 为 1980 年的 4.7 倍, 而同期粮食产量从 $3.21 \times 10^8 \text{ t}$ 增加到 $6.21 \times 10^8 \text{ t}$, 增加了 1.9 倍, 化肥增幅远高于粮食增幅^[7]。化肥不合理投入不仅造成肥料利用率低, 增产效应不显著, 同时引起土壤板结、肥料养分残留及环境污染等问题^[8-9]。有机肥养分全面, 富含微生物和酶, 能全面、稳定地供给作物生长所需的各种养

收稿日期: 2019-07-23

基金项目: 国家财政专项资金项目(XZNKY-2019-C-042); 西藏自治区科技计划项目(XZ2019NA01-03-02)

作者简介: 马瑞萍(1986-), 女, 主要研究方向为土壤与植物营养, E-mail: marp0825@126.com, * 为通讯作者: 刘国一(1979-), 男, 副研究员, 主要从事青稞栽培和高效施肥工作, E-mail: guoyiliu@qq.com。

表 1 播种前土壤基础养分
Table 1 Soil basic fertility before sowing

pH	OC (g/kg)	TN (%)	TP (%)	TK (g/kg)	AHN (mg/kg)	AP (mg/kg)	AK (mg/kg)
8.07 ± 0.12	11.60 ± 1.70	0.12 ± 0.02	0.09 ± 0.01	22.71 ± 5.55	82.24 ± 6.33	48.06 ± 17.55	96.26 ± 16.34

注:OC 表示土壤有机碳含量,TN 表示土壤全氮,TP 表示土壤全磷,TK 表示土壤全钾,AHN 表示土壤碱解氮,AP 表示土壤有效磷,AK 表示土壤速效钾。表中不同小写字母表示差异达到 LSD 检验 5 % 显著水平,下表、图同。
Note: OC represents the total amount of soil organic carbon, TN represents soil total nitrogen, TP represents soil total phosphorus, TK represents soil total potassium, AHN represents soil alkali-hydrolyzed nitrogen, AP represents soil available phosphorus and AK represents soil available potassium. Different lowercase letters in the table indicate that the difference reaches the 5 % significant level of Duncan test. The following table and figure are the same.

分,并且改善土壤团粒结构,化肥和有机肥配施较单施化肥更高效^[6]。西藏河谷农区近 20 年青稞栽培发展迅速,化肥施用量不断增大,肥料利用率低,土壤肥力变差。因此,积极探索适合高原青稞生产的施肥模式,是保障青稞生产和西藏生态环境安全的重要举措。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2018 年在西藏农牧科学院 4 号试验地(91°2'31"E、29°38'34"N)实施,该试验地海拔 3662 m,属高原温带半干旱季风气候,年降水量为 200 ~ 510 mm,集中在 6 - 9 月,多夜雨。全年日照时间 3000 h 以上,太阳辐射强,空气稀薄,年平均气温 7.4 ℃,昼夜温差较大,冬春寒冷干燥且多风,年无霜期 100 ~ 120 d。试验地为 2017 年秋新改造地,小区间用水泥墙相隔,墙高 1 m,有排水孔,小区面积 20 m²,土层厚度 60 cm,填土为拉萨周边自然农田耕层土壤,肥力均匀,土壤类型为西藏河谷农区典型的沙壤土。

1.2 供试材料

供试青稞品种藏青 2000,播种密度 225 kg/hm²,氮肥为尿素(含 N:46 %),磷肥为磷酸二铵(含 N:18 %,P₂O₅:46 %),钾肥为氯化钾(含 K₂O:60 %),有机肥为腐熟羊粪,秸秆为 2017 年产青稞秸秆。

1.3 试验设计

试验共设 6 个处理,见表 2,完全随机区组设计,4 次重复,24 个小区,小区面积 20 m²。有机肥、秸秆、磷酸二铵、氯化钾全部基施,尿素:m(基施):m(3 叶 1 心):m(拔节)=1:1:1,即基施、分蘖期追施、拔节期追施各 30 kg/hm²。

1.4 测定项目与方法

播种后记录青稞生育期,收获后测定青稞生物产量、产量因子、籽粒产量、青稞籽粒品质及土壤团聚体组成和肥力变化。

青稞产量(kg/hm²) = 籽粒质量(kg/m²) × 10 000 m²。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对青稞生长发育的影响

由图 1 可知,在施用化肥的处理下青稞株高较高,各处理下青稞株高无显著性差异。青稞干物质量在各处理中的表现为 FM > F > FS > CK > M,化肥配施有机肥处理青稞干物质质量较大。青稞干物质量在各处理间具有显著性差异。

2.2 不同施肥处理对青稞产量及产量因子的影响

由图 2 可知,青稞穗长在施用化肥的 F 处理下较高,施用有机肥(M)处理下穗粒数较多并且千粒质量较大。青稞产量在各处理间表现为 FM > FS > M > F > CK。施用有机肥能够增加青稞穗粒数并增大千粒质量而提高青稞产量,青稞产量在各处理间

表 2 不同施肥处理
Table 2 Different fertilization treatment

Treatment	N (kg/hm ²)	P ₂ O ₅ (kg/hm ²)	K ₂ O (kg/hm ²)	M (kg/hm ²)	Straw (kg/hm ²)
撂荒(CK0)	-	-	-	-	-
耕种不施肥(CK)	0	0	0	0	0
单施化肥(F)	90	76	45	0	0
单施有机肥(M)	0	0	0	50	0
化肥有机肥配施(FM)	60	50.1	30	16.7	0
化肥加秸秆还田(FS)	90	76	45	0	150

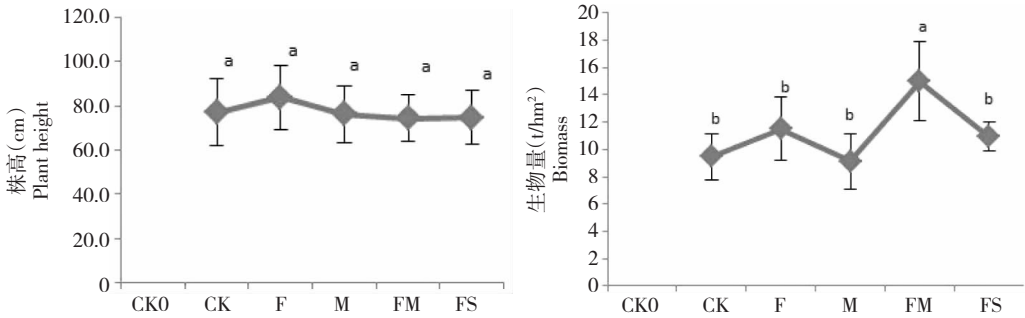


图 1 不同施肥处理下青稞株高和生物量

Fig. 1 Plant height and biomass of highland barley under different fertilization treatments

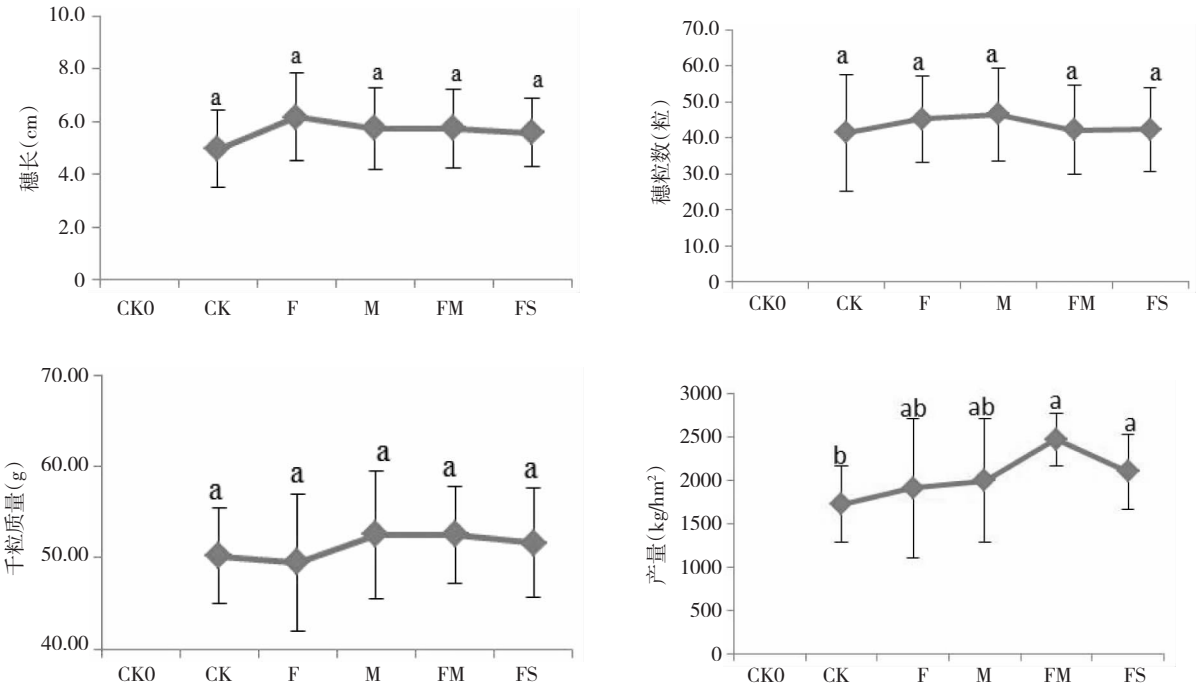


图 2 不同施肥处理下青稞穗长、穗粒数、千粒质量及产量

Fig. 2 Ear length, grain number per ear, grain quality and yield of Highland barley under different fertilization treatments

具有显著性差异,产量因子在各施肥处理间差异不显著。

2.3 不同施肥处理对青稞籽粒品质的影响

由图 3 可知,青稞籽粒脂肪含量和粗纤维含量

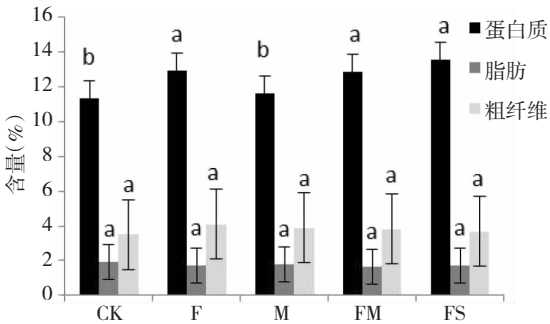


图 3 不同施肥处理下青稞籽粒营养品质

Fig. 3 Nutritional quality of barley seeds under different fertilization treatments

受不同施肥处理的影响不大,含量相对一致。籽粒蛋白质含量在不同施肥处理下呈显著性差异,施用化肥的处理 F、FM、FS 3 个处理的蛋白质含量显著高于 M 处理和 CK 处理。

2.4 不同施肥处理对土壤肥力的影响

由表 3 可知,试验地土壤 pH 播种前为 8.07,耕种不施肥处理收获后土壤 pH 显著升高,撂荒处理和施化肥处理土壤 pH 值无显著变化。相比于 CK0,施用有机肥后土壤总有机碳较播种前含量略有提升,而施用化肥的处理土壤有机碳含量较播种前则略有下降。对比 CK0 与 CK,耕种不施肥能导致土壤有机碳的显著下降,可能是由于 CK 处理无化肥供应营养元素而导致土壤有机碳分解,F 处理较 CK 处理则有机碳含量下降幅度略小。收获后土壤总有机碳含量在各处理间差异显著。因此,施用

表 3 收获后土壤肥力
Table 3 Soil fertility after harvest

Treatment	pH	OC (g/kg)	TN (%)	TP (%)	TK (g/kg)	AHN (mg/kg)	AP (mg/kg)	AK (mg/kg)
CK ₀	7.97 ± 0.20b	12.01 ± 2.49ab	0.12 ± 0.01ab	0.09 ± 0.01a	20.57 ± 2.92a	82.77 ± 2.31a	40.37 ± 1.91a	89.93 ± 7.89a
CK	8.32 ± 0.07a	9.67 ± 1.87b	0.12 ± 0.01ab	0.08 ± 0.02a	19.50 ± 3.76a	77.20 ± 7.81a	18.17 ± 14.80b	88.20 ± 16.06a
F	8.08 ± 0.13ab	10.61 ± 1.76ab	0.11 ± 0.01b	0.08 ± 0.02a	24.23 ± 4.61a	80.03 ± 2.45a	35.23 ± 5.06a	87.93 ± 13.17a
M	8.02 ± 0.08b	12.80 ± 0.56a	0.13 ± 0.01a	0.10 ± 0.00a	18.83 ± 1.70a	79.70 ± 7.69a	45.87 ± 1.93a	97.17 ± 12.47a
FM	8.07 ± 0.02b	11.67 ± 0.97ab	0.13 ± 0.01a	0.09 ± 0.02a	23.77 ± 2.20a	79.70 ± 1.51a	36.57 ± 15.96a	96.30 ± 23.73a
FS	8.11 ± 0.17ab	10.11 ± 0.61ab	0.11 ± 0.00ab	0.08 ± 0.00a	21.37 ± 2.15a	80.33 ± 14.94a	41.83 ± 3.15a	86.07 ± 19.50a

化肥将导致土壤有机碳含量减少。施有机肥使土壤全氮含量略有提升,施化肥处理下收获后土壤全氮含量下降,土壤全氮含量在各处理间差异显著,碱解氮含量在各处理间差异不显著。施用化肥使土壤全磷和有效磷含量均下降,而有机肥则使土壤全磷、有效磷含量保持相对不变,可能是有机肥本身磷营养较充足所致。各处理间土壤全磷含量无显著性差异,速效磷含量差异显著。FM、F 处理下土壤全钾含量和 M、FM 处理下土壤速效钾含量均有提升,其它各处理土壤全钾含量和速效钾含量均有不同程度的下降。

2.5 不同施肥处理对土壤结构的影响

对各处理下的原状土壤进行干筛结果显示(表 4):不耕作的 CK₀ 处理 $D > 5\text{ mm}$ 的大团聚体占比仅 37 %,小于其它耕作施肥处理, $D < 0.25$ 的微团聚体占比 16 %, D 值介于 $2 \sim 0.25\text{ mm}$ 小团聚体占比 31 %,均大于其它耕作施肥处理,故撂荒利于土壤微团聚体的形成,降低土壤板结程度。耕作不施肥的 CK 处理 $D > 5\text{ mm}$ 的大团聚体占比高达 58 %, $D < 0.25\text{ mm}$ 的微团聚体占比仅 10 %,与 CK₀ 处理相比较,土壤结构性较差。总体来看,对于土壤结构性的影响,撂荒处理优于施有机肥处理优于施化肥处理。

3 讨论

本研究发现,仅撂荒处理和施有机肥处理收获

后土壤有机碳含量较播种前有所升高,施用化肥,使土壤有机碳含量降低,李延亮等的研究表明,连续 5 年不施肥种植条件下,旱地麦田土壤 TOC 量提高了 24.7 %,显著高于单施化肥处理^[7]。可能是因为氮肥施用会降低土壤 C/N 比,促进土壤有机质的矿化,减少土壤有机碳库容量^[10-11],胡诚等^[12]通过 25 年的长期定位试验研究亦表明单施氮肥降低了土壤有机碳储量,而郭胜利^[13]等究表明,不同施化肥条件下,土壤有机碳量均随种植年限增加呈缓慢升高趋势,可能是由于长期施用化肥的会增加作物干物质积累量,通过秸秆和根茬还田实现土壤有机碳的积累。本研究还发现 F + 秸秆处理和不施肥耕种的 CK 处理土壤有机碳含量下降幅度较大,可能是由于长期不施肥条件下仅根茬还田不能维持土壤 TOC 的矿化损失,土壤 TOC 量有明显下降趋势,这与王朔林等^[14]在山西栗褐土区 25 年的定位试验发现相一致。

磷肥在土壤中的移动性较差,磷肥利用率处于较低的水平,我国农田磷肥的当季利用率仅为 10 % ~ 20 %^[15]磷肥利用率偏低不仅造成严重的资源浪费,还会使大量的磷素积累在土壤中,增加环境风险^[16]。本研究发现,不耕种或施用有机肥处理土壤全磷含量略有提升,施用化肥土壤全磷含量下降,施用有机肥处理下土壤有效磷含量升高,其他处理下土壤有效磷含量均下降。有研究表明,施用有机肥能减少土壤对磷的固定和磷素流失^[17],提高磷肥的

表 4 不同施肥处理土壤团聚体构成比例

Table 4 The composition ratio of soil aggregates under different fertilization treatments

Treatment	$> 0.5\text{ mm}$	$5 \sim 2\text{ mm}$	$2 \sim 0.25\text{ mm}$	$< 0.25\text{ mm}$
CK ₀	37 %	16 %	31 %	16 %
CK	58 %	14 %	19 %	10 %
F	44 %	17 %	26 %	13 %
M	46 %	13 %	28 %	13 %
FM	49 %	16 %	24 %	10 %
FS	49 %	15 %	24 %	13 %

有效性和磷肥利用率^[18]。一方面,有机肥本身含有的磷元素易于分解释放于土壤中,其次,有机肥的施入可减少无机磷的固定,促进无机磷的降解。韩晓飞等的研究还表明长期有机无机肥配施可增加土壤中各形态无机磷的含量,增强了其在土壤中的移动,促进了土壤磷素向有效态转化^[19]。

化肥和有机肥配施能显著提升作物干物质质量。这与沙之敏等^[20]的研究结果相一致,张黛静等对小麦的不同施肥模式研究也说明了 F + M 处理有利于提高麦田土壤有机碳含量和小麦光合特性,从而提高了小麦植株有机碳含量和干物质积累总量^[6]。施用有机肥还能够增加青稞穗粒数和千粒质量而提高青稞产量。

4 结 论

单施化肥使土壤 pH 值升高,导致土壤有机碳含量减少,土壤全磷和有效磷含量下降,青稞籽粒的蛋白质含量显著高于其他处理;化肥配施有机肥处理青稞干物质质量较大,化肥配施秸秆处理能够有效提升土壤钾含量;施用有机肥能够增加青稞穗粒数和千粒重而提高青稞产量,并且稳定土壤全磷、有效磷含量,改善土壤结构。

参考文献:

- [1] 看措. 高寒地区不同行距、播种量及施肥量对青稞种子产量的影响[J]. 新农业,2019(3):15.
- [2] 新华网. 今年西藏青稞总产量有望突破 80 万吨[EB/OL]. (2018-06-08)[2019-03-04]. http://tibet.news.cn/ywj/2018-06/08/c_137239194.htm.
- [3] 刘国一,谢永春,普布贵吉,等. 西藏隆子黑青稞产量与农艺性状灰色关联度分析[J]. 大麦与谷类科学,2019(2):1-5.
- [4] 徐冬丽,刘梅金,王贺,等. 不同肥料及施肥方式对青稞农艺性状和产量的影响[J]. 大麦与谷类科学,2018,35(4):24-26,34.
- [5] 李萍,李梦寒,孙自保. 水肥耦合对春青稞产量的效应研究[J]. 高原农业,2018,2(6):618-621,675.

- [6] 张黛静,陈倩青,宗洁静,等. 增施有机肥对冬小麦同化物积累与分配的影响[J]. 应用生态学报,2019,30(6):1869-1876.
- [7] 李廷亮,李顺,谢英荷,等. 不同施肥措施对晋南旱塬麦田土壤碳氮变化的影响[J]. 灌溉排水学报,2018,37(11):43-49.
- [8] 郭宇,李仙岳,丁宗江,等. 不同施氮方式对向日葵氮肥利用效率的影响[J]. 灌溉排水学报,2018,37(7):20-27.
- [9] 陆梅,孙梅,高志强,等. 不同施磷水平对旱地小麦产量及其构成要素的影响[J]. 灌溉排水学报,2018,37(7):13-19.
- [10] 高会议. 黄土旱塬长期施肥条件下土壤有机碳平衡研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2009.
- [11] AYENS, BUTTERLY C R, SALE P W G, et al. Interactive effects of initial pH and nitrogen status on soil organic carbon priming by glucose and lingo cellulose[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2018, 123: 33-44.
- [12] 胡诚,乔艳,李双来,等. 长期不同施肥方式下土壤有机碳的垂直分布及碳储量[J]. 中国生态农业学报,2010,18(4):689-692.
- [13] 郭胜利,高会议,党廷辉. 施氮水平对黄土旱塬区小麦产量和土壤有机碳、氮的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(4):808-814.
- [14] 王朔林,王改兰,赵旭,等. 长期施肥对栗褐土有机碳含量及其组分的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(1):104-111.
- [15] 尹飞虎,康金花,黄子蔚,等. 棉花滴灌随水施滴灌专用肥中磷素的移动和利用率的 32 P 研究[J]. 西北农业学报,2005,14(6):199-204.
- [16] 黄晶,张淑香,石孝均,等. 长期不同施肥模式下南方典型农田磷肥回收率变化[J]. 植物营养与肥料学报,2018,24(6):1630-1639.
- [17] 张玉平,荣湘民,刘强,等. 有机无机肥配施对旱地作物养分利用率及氮磷流失的影响[J]. 水土保持学报,2013,27(3):44-48.
- [18] 方畅宇,屠乃美,张清壮,等. 不同施肥模式对稻田土壤速效养分含量及水稻产量的影响[J]. 土壤,2018,50(3):462-468.
- [19] 韩晓飞,高明,谢德体,等. 长期定位施肥条件下紫色土无机磷形态演变研究[J]. 草业学报,2016,25(4):63-72.
- [20] 沙之敏,陈侠桦,赵峥,等. 施肥方式对水稻‘花优 14’干物质积累、产量及肥料利用率的影响[J]. 中国生态农业学报,2018,26(6):815-823.