

# 西藏化肥减施增效的关键技术措施

刘国一, 普布贵吉, 李 雪, 谢永春, 马瑞萍, 高 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:** 化肥减施增效是当前农业生产的主要指导方针, 如何减少西藏粮食主产地高肥用量区化肥用量, 降低资源浪费, 减少环境污染是迫切需要解决的问题。本文对西藏化肥利用状况进行简评, 分析了化肥使用中存在的问题, 简述了影响化肥利用率的原因。提出以土壤培肥与提高化肥利用率为指导思想的化肥减施措施, 在研究基础上具体归纳了增施有机肥、分区施肥、肥水耦合、绿肥压青、合理密植等技术措施, 为我区化肥减施增效提供依据和实用方法。

**关键词:** 西藏; 化肥; 减施增效; 肥料利用率

**中图分类号:** S143

**文献标识码:** A

## Key Technical Measures for Reducing Fertilizer and Increasing Efficiency in Tibet

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

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

**Abstract:** The reduction of fertilizer application and efficiency is the main guiding principle of current agricultural production. How to reduce the amount of chemical fertilizer used in the high-yield area of Tibet's main grain producing areas, reduce resource waste, and reduce environmental pollution are urgent problems to be solved. The present paper makes a brief review of the utilization status of chemical fertilizers in Tibet, analyzes the problems existing in the use of chemical fertilizers, and briefly describes the reasons that affect the utilization rate of chemical fertilizers. This paper puts forward the measures of reducing fertilizer application based on soil fertility and improving the utilization rate of chemical fertilizers. On the basis of research, it specifically summarizes the technical measures such as adding organic fertilizer, zoning fertilization, coupling of fertilizer and water, green fertilizer compaction and reasonable close planting. This Provides basis and practical methods for reducing fertilizer application and increasing efficiency.

**Key words:** Tibet; Fertilizer; Reduction of application efficiency; Fertilizer utilization

### 1 西藏化肥使用状况

西藏在上世纪 60 年代开始从内地引进使用化学肥料, 当时的化学肥料养分含量较低, 品种较为单一, 主要是硫酸氨、过磷酸钙等氮磷肥。但是这些肥料在青稞上使用后增产效果比较明显, 达到 25 kg 青稞/kg 纯氮的增产率。随后, 化肥在西藏逐渐被农民接受和普及, 化肥对西藏粮食的增产作用也是

显而易见的, 特别是在化肥使用初期, 报酬率很高, 化肥投入与作物产量呈明显线性关系(图 1, 数据来源于西藏农业概论), 化肥对作物的产量贡献甚至达到 70 % 以上<sup>[1]</sup>。所以化肥在西藏的用量也呈较

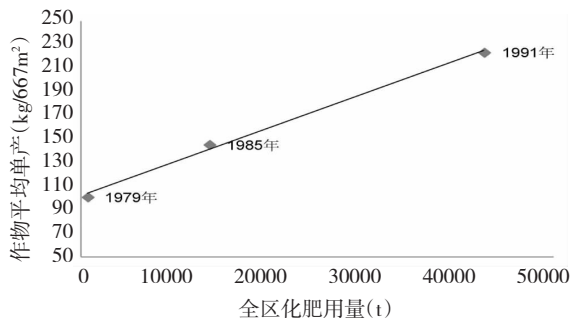


图 1 化肥用量与作物平均亩产量关系图

收稿日期: 2005 - 07 - 20

基金项目: 西藏重大科技专项 (XZ201801NA01-3); 西藏财政专项 (西藏不同气候类型区土壤养分长期定位研究)

作者简介: 刘国一 (1979 -), 男, 副研究员, 主要从事作物栽培、植物营养等方面的研究, E-mail: guoyiliu@qq.com。

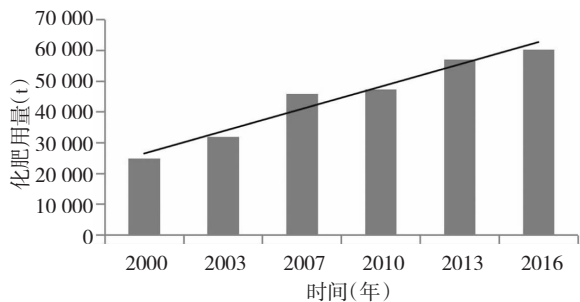


图 2

快的增长趋势(图 2,数据来源于西藏统计年鉴)。

西藏的化肥用量几乎逐年呈线性递增趋势,主要是随着劳耕密度的增加,需要通过提高粮食单产来增加粮食总产。提高粮食单产的有力措施就是通过施肥全面满足作物养分需求,充分发挥作物的增产潜力。所以,在以前从政府层面也鼓励农民多使用化肥,提高作物产量。2016 年西藏全区化肥用量 6.03 万 t(纯养分),耕地面积 23.3 万  $\text{hm}^2$ ,平均每  $\text{hm}^2$  纯养分用量为 258.45 kg,折算成尿素为 562.5 kg。考虑到西藏的土地种植指数不高,普遍只有半年的种植时间,这样单季作物的化肥投入量就明显高于内地。

## 2 西藏化肥使用中存在问题

由于化肥具有明显的增产效果,在使用过程中也相对简便,深受粮食主产区农民的欢迎,导致化肥用量的增加,农民对化肥的依赖,放松了对传统有机肥的积制和使用,农田有机肥用量明显降低。在拉萨、日喀则、山南等粮食主产区平均有机肥用量为 500 ~ 1000  $\text{kg}/667\text{m}^2$ ,而且主要以土渣肥为主有机质含量较低,加之西藏因气候原因,大部分耕地处于高原旱寒环境,生物资源生长缓慢、积累较少,牲畜饲草与家庭燃料的缺乏,大部分秸秆都被当作饲料使用,牲畜粪便作为燃料,还田的有机质很少,没有形成良性循环,导致土壤有机质含量呈现下降趋势。当前我区农田土壤有机质平均含量为 24.51  $\text{g}/\text{kg}$ ,相对于 80 年代第 2 次土壤普查值下降了 30 %<sup>[2]</sup>。除了有机质下降外,不科学的施肥配比导致土壤中磷素富集、钾素缺乏,土壤养分不平衡。西藏土壤由于母质原因,磷素缺乏,在上世纪 80 年代,土壤普查表明河谷地区大多数耕地速效磷含量 < 10  $\text{mg}/\text{kg}$ ,磷素不足,单施磷肥作物的增产率可达 15 % 以上<sup>[3]</sup>。自 90 年代始西藏农资部门就从内地大量调运磷肥,氮磷肥的比例达到 1:0.6,钾肥则很少使用,在 1998 - 2012 年的 15 年间,西藏磷肥施用量以年均 573.03 t 的速率增加<sup>[4]</sup>。由于磷素在碱性土

壤中容易被固定沉积,经过施用大量的磷肥土壤中磷含量已有显著提升,目前达到 10.92 ~ 29.49  $\text{mg}/\text{kg}$ ,基本满足作物生长需求,若再大量施用磷肥,磷素将会被土壤固定沉积下来,造成肥料的浪费。

西藏的化肥用量在持续增长,这对于提高作物产量提供了较大的帮助,使全区人民享受了较为丰富的农产品,但是由于不科学合理的施肥,也造成了一些生态环境问题,主要是氮肥淋溶有造成水体富营养化的风险,耕地由于有机肥用量较少,容重增加,生产力下降。这种依靠较高化学肥料增产的模式从国家层面在 2015 年被打破,2015 年,国家取消了肥料运输的优惠价格,9 月,对化肥恢复征收增值税,通过政策的调节,提高化肥的价格,降低化肥使用。同时农业部出台政策,提倡科学精准施肥,提高化肥利用率,增加有机肥用量,推荐有机肥代替化肥行动方案,要求在 2020 年实现化肥用量零增长,同时进行耕地质量的提升,增加土壤有机质、减少土壤污染,实施“藏粮于地”战略。

不合理的施肥导致化肥利用率不高,很多化肥通过挥发、淋溶和渗漏导致部分地下水污染、水体富营养化等环境问题。要解决这些问题,还需要科学的施用化肥,提高肥效,增加有机肥的投入,提高土壤有机质含量,根本性的改善土壤质量,以无机促有机,提高化肥利用率。

## 3 化肥减施增效技术措施建议

### 3.1 增施有机肥是化肥减施的根本基础

有机肥是土壤有机质的主要来源,有机质多少是衡量土壤综合肥力高低的关键,在耕作制度未进行较大改变的情况下,只有增施有机肥才能提高土壤有机质,有机质的提升可以增加土壤微生物活性,加速对有机质的矿化,促进作物根系的生长,并使之具有更好地利用无机态化肥的作用,同时随着土壤有机质的提升,土壤中有有机无机复合体增加,孔隙度提高,容重减少,从而更有利于对水肥的保蓄,提高土壤的生产性能。而当前西藏土壤有机质含量较

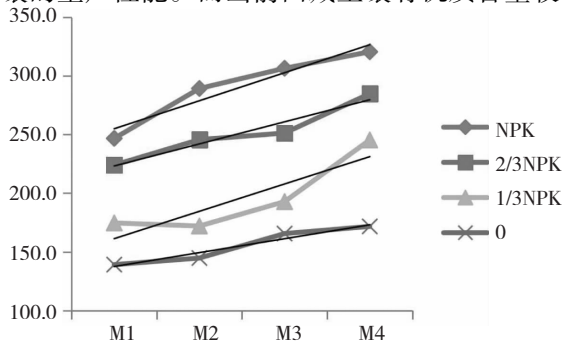


图 3 有机肥替代化肥对青稞产量的影响 . 49 .

低,下降趋势明显,所以增施有机肥提高土壤肥力是化肥减施的基础。2017 年在西藏农牧科学院 4 号试验地进行的研究表明通过增加有机肥用量可以部分替代化肥(图 3)。

从图中可以看出,在等量化肥条件下,随着有机肥用量的增加作物产量呈增加趋势,说明有机肥对作物的产量有明显促进作用,使用有机肥可以达到增产的目的,有机肥可以对化肥进行部分替代。

### 3.2 提高化肥利用率是化肥减施的核心

化学肥料具有肥效快、作物易吸收、养分含量高、浓度大、体积小、便于运输和施用的特点,这是普通(生物)有机肥难以替代的。但在化肥的施用上传统的大肥大水是导致其利用率低下的一个重要原因,因此采用合理的施肥技术是提高化肥利用率的一项重要措施,首先我们需要正确认识导致化肥利用率低的原因。由于化肥施入土壤中需要经过一系列的转化、运动、迁移等过程作物才能吸收和利用,在此过程中磷素常被土壤吸附和固定,通常认为土壤的吸附导致了肥料利用率下降,但是从长期来看,土壤吸附后会使磷素不断积累,西藏耕地经过多年延续施用磷肥,土壤中磷素含量已大幅度上升,目前即使不施磷肥也能满足作物对磷素的需求,所以磷肥的利用率并未受多大影响。影响较大的主要是氮肥,我区土壤普遍缺氮,增施氮肥效果极为明显,区内常用的氮素肥料是尿素,尿素含氮量高,施用效果明显,使用方法灵活,既可作基肥、追肥,还可作根外追肥,深受广大农民朋友喜爱。但是与磷素相比氮素不易被土壤吸附固定,在施肥不当的情况下更易被淋溶或挥发,造成氮素损失,肥料利用率下降。在西藏传统的尿素施用方式在作基肥施用时代撒于土表再翻耕播种,作追肥是直接撒在土表,再用大水漫灌,这样氮肥的实际利用率只有 30 % 左右。主要是因为尿素属酰胺态氮肥,它要转化成氨态氮才能被作物根系吸收利用,氨态氮在碱性条件下极易挥发,西藏土壤大多偏碱 pH 值 7.5 以上,若尿素无覆盖裸露于地表则氨态氮会因挥发而损失。同时尿素在转化过程中根据外部环境不同需要 2 ~ 7 d 左右,如果施用尿素后马上灌水则尿素融化,产生淋溶或随径流流失。针对这些情况有研究人员提出根区施肥提高氮肥利用率的方法<sup>[5-6]</sup>。根区施肥主要是将肥料集中是在作物根系周围,一般以距离根系 5 cm 处,在根系下面则较佳,上有土壤覆盖,减少挥发,集中施肥局部肥料浓度较高,有利于根系的吸收,可以促进到作物根系向更深土层运动,获得较多的养分和水分,在同等条件下耕区施肥作物产量可增加 76

% ~ 35 %,增产效果非常明显。但是耕区施肥需要开发专业的配套农机具,用机械化替代人工操作才可能实现该技术的大范围应用。

要提高化肥利用率除了注重施肥的位点外,还需要注重施肥的时期,即适时施肥。这就需要把握作物需肥临界期,对于青稞、小麦等禾本科作物的需氮临界期主要在分蘖、拔节及灌浆期,如果以尿素为追肥,由于尿素的转化需要 1 周的时间,就要在作物养分临界期到来前 1 周进行施肥,有利于尿素的吸收,满足作物养分需求。尿素是作物所需 3 大元素的其中一种,生产中需要将氮磷钾肥按照一定比例配合施用,做到平衡施肥,先把作物全生育期所需的全部磷、钾肥和 30 % 左右尿素结合整地底施,再把剩下 70 % 左右的氮肥作为追肥施入,只有氮、磷、钾 3 种肥料合理配合、科学施入,才能使追施尿素的利用率提高。

### 3.3 分区减施模式

西藏国土面积较大,地区间资源差异明显,在进行化肥减施时,要根据区域情况而定。在东南部由于生物资源丰富农民比较容易收集林下的枯枝落叶和杂草,有机肥用量较高,化肥使用量较低,处于中下水平,平均为 90 ~ 150 kg/hm<sup>2</sup>,这种化肥原本用量较低的地区,可以保持不变,继续维持农民对有机肥积制的传统习惯。为了提高农家有机肥的发酵效率,以合作社的方式指导农民对有机肥进行堆沤、使用菌株发酵作无害化处理,安全使用有机肥,增加有机肥减少化肥用量。同时,在东部林芝地区随着一批质量好、效益高的果、菜、茶园区的形成,应加大以滴灌、微喷灌为代表的水肥一体化技术的大力推广与应用,肥水同步,提高作物对肥料的吸收。

在西藏中部一江两河流域土地平整、人口集中是传统的粮食主产区,耕作与施肥水平也相应较高,化肥用量占到全区总量的 60 % 以上,单位耕地施肥量大于全区平均水平,经调查在日喀则沿河三县施肥量达到 450 ~ 600 kg/hm<sup>2</sup>。所以西藏中部地区,山南、日喀则的粮食主产区是化肥减施的重点区域。主要以提高肥料利用率和根据土壤供肥能力进行合理施肥。应开展有机肥与无机肥相结合的施肥模式,推广平衡施肥与测土配方施肥技术,西藏自 2007 年开展测土配方施肥以来经过多年对土壤养分的分析检测,已掌握主要耕地土壤养分基本情况,结合在各县开展的 3414 田间试验,形成了以山南、日喀则为区域的施肥配方和青稞、小麦等专用肥。测土配方施肥根据土壤供肥能力与作物的需肥规律为以及通过开展田间试验建立多年的肥料生产函



数,可以根据曲线对施肥进行优化,减少用肥量。如在拉萨曲水县进行 3414 试验肥料函数方程表明春青稞推荐施肥量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )为<sup>[7]</sup>: $\text{N}116$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$  37、 $\text{K}_2\text{O}$  63,折算成肥料为  $428 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,低于农民传统施肥量。这样有依据的施肥可以有效避免凭经验盲目用肥,造成用肥成本过大及产生环境污染,实现肥料的科学、高效、安全施用目的。在使用传统氮磷钾化肥的同时可以配合施用高效、缓释类肥料产品,研究表明缓释类肥料能持续有效的对作物供肥,防止青稞陡长,有效缓解青稞倒伏。缓释类肥料针对生育期较短的春青稞一般 1 次施用即可满足作物的养分需求,用量也比传统化肥较少,但是缓释类肥料价格较高,在生产中普及还需要一定时间。使用一些化学调理剂和微生物制剂可以改善土壤局部环境,增强土壤微生物活性,施用后能增强作物对养分的吸收能力和加速有机质的合成,促使作物生长健壮,有利于提高作物抗逆性。常用的土壤调理剂主要有腐植酸肥、氨基酸肥、海藻肥、生物活性炭等产品。

3.4 种植绿肥培肥地力

西藏农田生物质投入不足是影响土壤有机质的主要原因,在西藏河谷地区利用夏闲地种植绿肥作物再还田可以弥补生物质缺乏的问题,如果多年连续实施绿肥还田,土壤肥力会得到逐步恢复和提高。在西藏“一江两河”流域,冬播作物(主要是冬青稞)收获后到下季作物播种前,有近 70~90 d 的空闲时间,而这段时间是西藏雨热最充沛的时期,其中 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温的余热资源达 1000~1137 $^\circ\text{C}$ ,占全年 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温的 35%~40%,降水量在 300~400 mm 左右,占全年降水量的 60%以上,充足的光热资源非常利于速生型绿肥作物的生长。项目团队在贡嘎、加查等县复种绿肥试验鲜草产量可达 8000~22 500  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,见表 1。

豆科绿肥在种植过程中通过根瘤菌固定空气中游离态氮,转化成植物可以利用的合成态氮,有利于增加土壤氮素;如果对绿肥翻耕压青后,在土壤微生物的作用下被分解成腐殖质,则可增加土壤团聚体,并直接给土壤带来养分,提高氮磷钾含量。据研究

表 1 不同地点复种绿肥鲜草产量

时间 (年)	地点	作物	鲜草产量 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )
1995	曲水县	箭色豌豆	8000
2004	贡嘎县	燕麦	9750
2005	贡嘎县	箭色豌豆	10 500
2009	加查	箭色豌豆	22 500

表 2 黑麦草翻耕压青后养分转化比例(干草)<sup>[8]</sup>

养分类型	氮	磷	钾
转化比例(%)	2.0	0.56	4.4

绿肥还田后养分的转化比例如表 2。  
按此比例计算种植一季绿肥翻耕压青后可以增加氮 16~46  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,磷 4.5~12.7  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,钾 35~100  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,可以减少下季作物 1/3 的化肥用量。

3.5 水肥配合以水促肥

作物在对养分的吸收需要水分的配合,西藏中西部粮食主产区属于干旱少雨地区,平均年降水量为 300~500 mm 左右,在非河流灌溉的区域,一般春季播种后会消耗掉大部分水库的储水,在灌溉第 1 次水后水库中的存水量几乎耗尽。在接下来的时间里需要等待自然降水,此时如果没有有效降水和灌溉,将会对作物产生负面影响,如果有足够灌溉则可以以水促肥,提高肥料的利用效率,增加作物产量。下图是青稞不同灌溉与施肥量的裂区试验。

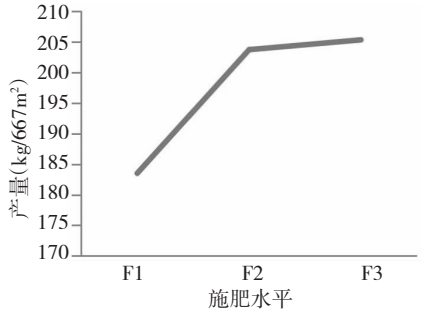


图 4 W1 用水下不同施肥作物产量

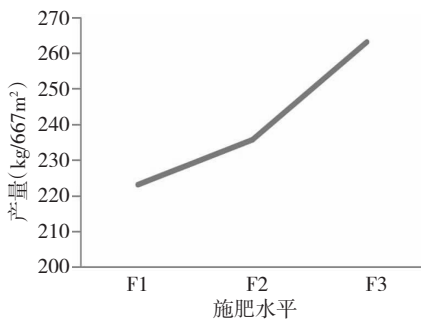


图 5 W2 用水下不同施肥作物产量

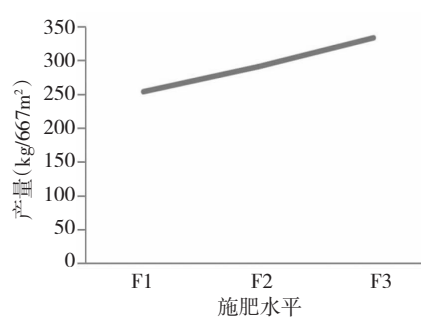


图 6 W3 用水下不同施肥作物产量

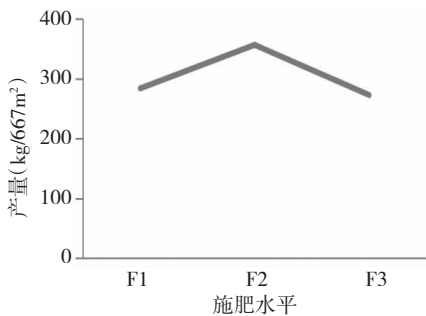


图 7 W4 用水下不同施肥作物产量

从图 4~7 中可以看出在定额灌溉调价下,青稞产量随施肥量的增加而增加,不同施肥处理的增产幅度为 0.79 %~25.68 %。但是在高肥情况下,产量降低,因为高肥水处理,引发青稞倒伏、贪青晚熟,从而使作物产量降低。可以看出,在水分充足,降水、灌溉较好的条件下,要严格控制作物的施肥量。也就是说如果水分条件满足肥料利用率较高,可适当降低化肥用量,达到化肥减施的目的。

3.6 合理密植

青稞主要依靠主茎成穗,在进行化肥减施养分供应不足时,青稞依靠分蘖成穗的概率将会大大降低,这种情况下要适当增加播量,这种情况将会减少穗粒数和千粒重,但是增加亩穗数,会对产量起到的有效补充作用。

不同播种量对青稞产量有显著影响,从图 8 可以看出在适宜播种量左边趋势线斜率较高,即降低播量作物产量影响较大,减少明显;在适宜播种量右边,趋势线较为平缓,虽然增加播量作物产量会减少,但减少量不大,这也是农民在实际生产中宁愿加大播量也不愿减少播量的动机,以此为指导,如果在肥力不足的情况下增加播量可以弥补减肥的损失。

综上所述,在现代农业中化肥是作物高产的基础,但是在片面追求高产的同时导致化肥过量施用、不科学施用造成肥料浪费、资源利用率较低,土壤次生盐渍化、水体富营养化等环境问题不时出现。国家从保护环境、提高耕地质量、减少资源消耗的角度

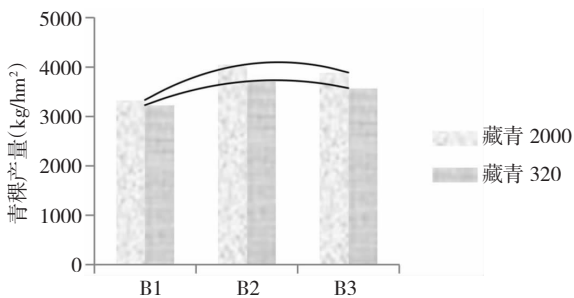


图 8 不同青稞品种播量对产量的影响

出发提出化肥减施增效措施。西藏河谷地区也因长期过量施用化肥,不注重有机肥的积制,耕地土壤有机质含量降低,土地生产力下降,也需要对化肥用量进行总量控制,以增加土壤有机质为手段的耕地保育和提高化肥利用率为基础的施肥措施,本文结合研究结果在西藏进行化肥减施增效的行动时推荐采取有机无机结合施肥、分区施肥、肥水耦合以水促肥、作物根区集中施肥、适当增加播量弥补养分不足、复种绿肥压青翻耕提高地力等技术措施,达到减施化肥、提升品质、保护环境、减少资源浪费等目的。

参考文献:

[1]王先明. 实现 100 万 t 粮食潜在在科技[N]. 西藏日报,1995-11-06.

[2]刘国一,尼玛扎西,宋国英,等. 西藏农田土壤有机质现状及影响因素的相关性分析[J]. 西藏农业科技,2014,36(1):12-17.

[3]安新固,关树森. 浅谈西藏农区土壤缺磷问题[J]. 西藏农业科技,1981(1):28-36.

[4]张爱琴. 1998-2011 年西藏农业施肥量年际变化特征[J]. 西南农业学报,2015,28(2):692-695.

[5]王火焰,周健民. 根区施肥——提高肥料养分利用率和减少面源污染的关键和必需措施[J]. 土壤,2013,45(5):785-790.

[6]郭新送,丁方军,陈士更,等. 控释肥不同施肥位置及深度对小麦产量及根区土壤养分的影响[J]. 中国农学通报,2018,34(4):9-15.

[7]李雪. 2012 年曲水县春青稞“3414”肥料试验分析[J]. 西藏科技,2015(11):5-7.

[8]黄平娜,秦道珠,龙怀玉,等. 绿肥还田对烟田土壤培肥和烤烟产量品质的作用[J]. 土壤通报,2010,41(2):379-382.