

DOI: [10.12101/j.issn.1004-390X\(n\).201804050](https://doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X(n).201804050)

云南省种植马铃薯农户氮磷钾养分投入及其土壤养分平衡状况分析*

韩雪丰¹, 范茂攀², 刘润梅³, 汤利², 张福锁^{1**}

(1. 中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100193; 2. 云南农业大学 资源与环境学院, 云南 昆明 650201;
3. 文山州农业环保监测站, 云南 文山 663000)

摘要:【目的】了解云南省马铃薯农户种植状况, 为进一步优化马铃薯种植提供参考。【方法】采用实地访问和田间调查的调研方法, 对云南省典型马铃薯种植区域的农户产量、肥料用量和养分平衡等数据进行了分析。【结果】云南省马铃薯种植户的氮、磷、钾养分平均用量分别为 222.5、111.3 和 60.8 kg/hm²。滇北氮肥和钾肥用量较高。农田氮、磷平均盈余量分别为 139.2、60.6 kg/hm², 钾的亏缺量为 59 kg/hm²。【结论】云南省马铃薯种植应调整氮磷钾施肥比例, 减少氮肥用量、增加钾肥施用量。

关键词: 马铃薯; 农户氮磷钾管理; 养分平衡

中图分类号: S 532.062

文献标识码: A

文章编号: 1004-390X (2019) 03-0538-06

Analysis of Potato Farming NPK Inputs and Soil Nutrient Balance in Yunnan Province

HAN Xuefeng¹, FAN Maopan², LIU Runmei³, TANG Li², ZHANG Fusuo¹

(1. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
2. College of Resources and Environmental Sciences, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;
3. Wenshan Agricultural Environmental Monitoring Station, Wenshan 663000, China)

Abstract: [Purpose] To understand the cultivation of potato farmers in Yunnan Province, which is very important for further optimization of potato cultivation. [Method] By using the method of household survey and investigation in field, we calculated and analyzed the crop yield, the fertilizer application and the nutrient balance in the typical planting area of potato. [Result] The average input for N, P₂O₅, K₂O were 222.5, 111.3 and 60.8 kg/hm², respectively in the typical potato field of Yunnan Province. The amount of N and K₂O input in the Northern Yunnan are higher than other area; N and P₂O₅ surplus were 139.2 and 60.6 kg/hm² in ecosystem of potato plantations in Yunnan Province, K₂O deficit of 59 kg/hm². [Conclusion] NPK fertilizer ratio should be adjusted by moderate reducing the usage of N and increasing the amount of K₂O in Yunnan.

Keywords: potato; management of NPK of farmers; nutrient balance

收稿日期: 2018-04-27

修回日期: 2018-11-24

网络出版时间: 2019-03-19

*基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)(2015CB150405)。

作者简介: 韩雪丰(1993—), 女, 河南南阳人, 在读硕士研究生, 主要从事马铃薯养分资源综合管理研究。E-mail: 104657901@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 张福锁(1960—), 男, 陕西凤翔人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农田养分资源管理研究。E-mail: zhangfs@cau.edu.cn

网络出版地址: [http://dx.doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X\(n\).201804050](http://dx.doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X(n).201804050)



马铃薯是中国继玉米、水稻和小麦之后的第四大粮食作物,也是云南省的第三大粮食作物。云南省独特的气候条件使马铃薯可以周年种植^[1],成为出口东南亚的主要农产品。2015 年,云南省马铃薯种植面积 56.7 万 hm²,平均单产 21 300 kg/hm²,总产值 141 亿元^[2],是云南省的特色和优势作物。为提高马铃薯产量,实现马铃薯主粮化,云南省集成了多种栽培技术,规范了栽培品种,大力促进脱毒薯的研究和应用,但在实际生产中仍然面临着后期降雨过多、品种抗病性差、肥料投入不合理、机械化较低等问题,不利于云南省马铃薯产业的健康发展^[2]。小农户种植是云南马铃薯种植的主要组织形式,了解其种植行为可以有效地规范种植,解决不合理施肥问题,促进云南省马铃薯产业的健康发展。

养分平衡对绿色发展十分重要。据农业部统计:中国化肥总施用量及单位面积施用量已处于世界高水平,农户为了保证当年收益,过量投入肥料,导致肥料的残留量和损失量增多^[3]。在农业发达地区,农业活动排放的氮和磷是区域非点源污染的重要来源^[4-5]。施用的氮肥以氮氧化物等形式释放到大气,造成空气污染、臭氧层破坏,以硝酸盐等形式进入水体,造成水体富营养化等环境问题^[6]。因此,研究云南省马铃薯种植区域的养分平衡,量化养分输入和输出,可为云南马铃薯肥料的精准施用提供依据。本研究通过调研,了解云南省马铃薯生产的肥料施用现状,分析不同产量群体、不同区域间农户的施肥差异和播种量差异,对云南省马铃薯种植农田养分平衡

情况进行计算总结,以期建立马铃薯最佳养分管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查方法

采用农户抽样调查的方法调查马铃薯种植现状。参考云南省统计年鉴和相关资料,将云南省各州(市)的面积从大到小排列;选取播种面积较大的州(市),将隶属与这些州(市)的县(市)按人均纯收入从大到小排列;按等距离抽样的方式在每个州(市)选取 1 个县作为调查的样点县,再根据种植面积在县内选取面积较大的 2 个乡镇,每个乡镇随机选取 2~3 个村的 5~10 户有代表性的马铃薯种植农户进行调研。

1.2 调研对象分布

综合考虑种植面积与农业生产典型性等相关指标,选取云南省曲靖市、昭通市、红河哈尼族彝族自治州、丽江市、普洱市、保山市、德宏傣族景颇族自治州、昆明市、大理白族自治州、楚雄彝族自治州和文山壮族苗族自治州 11 个市(州) 14 个县,共 182 个农户作为调查对象(表 1),被调查的农户在施肥、管理水平、产量方面均有代表性和典型性。

1.3 调查内容

农户生产状况,包括农户家庭基本情况、承包土地数量、面积;马铃薯种植情况,包括农户马铃薯种植面积、播种量、产量、施肥品种、施肥量、施肥时间、施肥方法、其他养分管理。

表 1 调查农户样本分布
Tab. 1 Distribution of household surveyed for potato in Yunnan Province

市(州) city	县(市) county	区域 ^[7] area	样本量 sample size
昭通市 Zhaotong	镇雄县、昭阳区 Zhenxiong, Zhaoyang	滇北 Northern Yunan	25
丽江市 Lijiang	玉龙县、古城区 Yulong, Gucheng	滇北 Northern Yunan	31
德宏州 Dehong	盈江县 Yingjiang	滇西南 Southwestern Yunnan	7
昆明市 Kunming	寻甸县 Xundian	滇中 Central Yunnan	13
曲靖市 Qujing	宣威市 Xuanwei	滇北 Northern Yunan	22
楚雄州 Chuxiong	南华县 Nanhua	滇中 Central Yunnan	13
红河州 Honghe	弥勒市 Mile	滇西南 Southwestern Yunnan	14
文山州 Wenshan	马关县 Maguan	滇西南 Southwestern Yunnan	4
保山市 Baoshan	隆阳区、龙陵县 Longyang, Longling	滇中 Central Yunnan	19
普洱市 Pu'er	景谷县 Jinggu	滇西南 Southwestern Yunnan	16
大理州 Dali	洱源县 Eryuan	滇北 Northern Yunan	18
总计 total			182

1.4 养分平衡计算方法与评价指标

1.4.1 养分输入

- (1) 化肥：农户实际施用化肥所含氮、磷、钾的比例计算。
- (2) 有机肥：农户实际施肥量乘以养分含量，参照相关资料^[8]统一计算。
- (3) 氮沉降、大气沉降灌溉：按相关资料西南地区数据^[9]进行计算。
- (4) 种薯：按照调研所得马铃薯单位面积播种量和马铃薯种子养分含量进行计算。
- (5) 生物固氮：根据相关资料^[9]进行计算。

1.4.2 养分输出

- (1) 作物收获：每形成 100 kg 马铃薯块茎需要氮 0.51 kg、磷 0.17 kg、钾 0.71 kg^[10]。
- (2) 养分损失：包括土壤和肥料中的氮磷钾养分的淋洗和径流损失，以及氮肥的反硝化损失、氨挥发损失^[9-10]。

1.4.3 耕地养分平衡指数

农田养分投入量与农作物吸收的养分量之比为耕地养分平衡指数，是量度耕地养分盈亏程度的指标之一，以 K 表示^[11]。农田投入养分为农户投入化肥和有机肥养分之和，农作物吸收养分作为作物收获所带走的养分^[12]。 $K=1$ 时，耕地养分平衡； $K>1$ 时，养分盈余，养分投入量多于农作物吸收量； $K<1$ 时，养分亏缺，养分投入量少于农作物吸收量。

1.4.4 养分平衡率

养分平衡率是表示农田养分盈亏的指标，以 V 表示，计算公式为： $V=(\text{养分输入}-\text{养分输出})/\text{养分输出}\times 100\%$ 。 $V=0$ 时，养分平衡； $V>0$ 时，

养分盈余； $V<0$ 时，养分亏缺。

2 结果与分析

2.1 农户氮磷钾投入

农户的马铃薯播种量为 1 050~7 500 kg/hm²，平均为 3 027.3 kg/hm²，变异系数为 38.5%，农户之间的播种量差异较小；肥料氮、磷和钾的投入比例为 1 : 0.5 : 0.27。农户最高产量为 52 500 kg/hm²，最低产量为 4 500 kg/hm²，平均产量为 20 463 kg/hm² (表 2)。

表 2 云南省马铃薯农户氮磷钾投入、播种量及产量分析
Tab. 2 Analysis on management of NPK inputs, density and potato yield

指标/(kg·hm ⁻²) index	平均数 average	标准差 standard deviation	变异系数/% CV
氮投入量 N inputs	222.5	137.5	66.5
磷投入量 P ₂ O ₅ inputs	111.3	115.3	103.6
钾投入量 K ₂ O inputs	60.8	48.3	79.4
播种量 density	3 027.3	1 165.0	38.5
块茎产量 yield	20 462.6	9 396.2	45.9

2.2 不同产量群体间种植差异

将全部农户按产量水平四分法分为 4 个梯度，四分位点分别为 28 162、18 750、12 750 kg/hm²。经过分类筛选，产量前 25% 的农户共 46 户，产量 75%~50% 的农户共 48 户，产量 50%~25% 的农户共 44 户，产量后 25% 的农户共 44 户。由表 3 可知：产量较高的群体施氮量显著高于其他农户，产量前 50% 农户的播种量为 3 521.3 kg/hm²，显著高于产量后 50% 农户，且高于总体农户平均水平。

表 3 不同产量群体的养分投入和播种量分析
Tab. 3 Density and nutrient input of different yield farmers

指标/(kg·hm ⁻²) index	平均数 average	产量前 25% yield top 25%	产量 75%~50% yield between 75%~50%	产量 50%~25% yield between 50%~25%	产量后 25% yield low 25%
氮投入 N inputs	222.5	254.8 a	280.1 a	184.0 b	164.5 b
磷投入 P ₂ O ₅ inputs	111.3	140.1 a	121.4 ab	84.0 c	97.4 ab
钾投入 K ₂ O inputs	60.7	55.9 a	56.9 a	68.6 a	62.1 a
播种量 density	3 027.3	3 525.5 a	3 517.2 a	2 746.0 b	2 253.4 c

注：同行不同字母表示 0.05 水平的显著性 ($P>0.05$)；下同。
Note: Different lowercase letters in the same lines indicate the 0.05 level of significance ($P>0.05$); the same as below.

2.3 区域间种植差异

由表 4 可知：滇北区域的播种量显著高于滇中和滇西南，但 3 个区域之间的产量差异不显著。滇北和滇中区域的施氮量显著高于滇西南，滇中区域的施磷量显著高于滇西南，滇北区域的

施钾量显著高于其他区域。

2.4 云南省马铃薯农田养分平衡

由表 5 可知：云南省马铃薯种植区域的氮和磷的盈余量分别为 139.2、60.6 kg/hm²，钾的亏缺量为 59 kg/hm²。整体看来，云南省马铃薯种植区

域的氮平衡为盈余。总体氮输入的 73.1% 是肥料投入, 包括有机肥和化肥, 化肥占肥料氮投入的 85.3%。氮输出的主体为作物收获带走; 其次是氮的氨挥发损失, 占总的氮输出的 25.0%。由云南省马铃薯的氮平衡指数 (K) 来看, $K=2.1>1$, 表明云南省马铃薯种植区域的氮为盈余, 氮平衡率 $V=84.3\%$, 表明在马铃薯的种植过程中, 84.3% 的氮为盈余。

云南省马铃薯的磷平衡总体为盈余, 盈余量 60.6 kg/hm^2 。磷输入主要为化肥施用, 占总肥料投入的 83.7%。磷输出的主体为作物收获带走。磷肥损失所占比例较大, 为 39.1%。由云南省马铃薯的磷平衡指数 (K) 来看, $K=3.2>1$, 表明云南省马铃薯种植区的磷为盈余, 磷平衡率 $V=106.1\%$, 在马铃薯的种植区域, 磷的盈余为 106.1% (表 5)。

云南马铃薯种植区域的钾平衡总体来说为亏缺。在钾输入中, 最主要的是化肥和有机肥的投入, 其中有机肥投入占总钾肥料投入的 40%。作

物收获是钾输出的主要部分。钾肥损失的最主要途径是钾肥淋失。由云南省马铃薯的钾平衡指数 (K) 来看, $K=0.4<1$, 马铃薯种植区域的土壤钾输出大于输入, 在 182 户农户中, 只有 42 户农户钾为盈余, 占 23.1%, 钾平衡率 $V=-39\%$, 表明作物吸收养分的 39% 依靠土壤自然供给和动植物、微生物死亡残体分解等 (表 5)。

表 4 不同区域马铃薯养分投入与播种量分析
Tab. 4 Density and nutrient input in different area

指标/(kg·hm ⁻²) index	滇北 Northern Yunnan	滇中 Central Yunnan	滇西南 Southwestern Yunnan
氮投入 N inputs	231.7 a	253.2 a	167.7 b
磷投入 P ₂ O ₅ inputs	108.0 ab	138.6 a	89.0 b
钾投入 K ₂ O inputs	76.2 a	51.2 b	35.2 b
播种量 density	3 350.8 a	2 733.3 b	2 592.7 b
块茎产量 yield	19 206.3 a	22 603.3 a	21 054.9 a

表 5 云南马铃薯种植农田养分平衡
Tab. 5 Nutrient balance of potato field in Yunnan Province

指标 index	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
养分输入/(kg·hm ⁻²) nutrient inputs	化肥 chemical fertilizer	189.9	98.5
	有机肥 organic fertilizer	32.6	12.8
	种子 seed	15.4	5.1
	生物固氮 bio N fixation	25.9	
	氮沉降 N deposition	37.8	
	灌溉 irrigation	2.7	0.3
	大气沉降 atmospheric deposition		1
	合计 total	304.3	117.7
养分输出/(kg·hm ⁻²) nutrient outputs	作物收获 crop uptake	104.4	34.8
	淋洗 leaching	6.2	
	径流损失 runoff loss	11.1	
	反硝化损失 denitrification loss	2.1	
	氨挥发损失* NH ₃ volatilization	41.3	
	磷肥损失** fertilizer P loss		22.3
	钾肥淋失 fertilizer K loss		6.1
	合计 total	165.1	57.1
平衡/(kg·hm ⁻²) balance	139.2	60.6	-59.0
耕地养分平衡指数 (K) balance exponent	2.1	3.2	0.4
养分平衡率/% (V) balance rate	84.3	106.1	-39.0

注: “*” 氮肥氨挥发系数 0.10, 有机肥氨挥发系数 0.20, 淋洗 0.028, 径流 0.05, 反硝化的 N₂O 排放因子 0.009 5, N₂O/(N₂+N₂O) 为 3.9%; “**” 长期施肥条件下磷的利用率高达 80% 以上, 因此将 20% 作为磷的损失量^[13]。

Note: “*” The factor for NH₃ volatilization from chemical N fertilizer 0.10, NH₃ volatilization from organic fertilizer 0.2, leaching 0.028, runoff 0.05, denitrification losses was calculated by multiplying the total N input with N₂O emission factor (0.009 5) and divided by product ratio [N₂O/(N₂+N₂O) =3.9%]; “**” under long term fertilization, the utilization rate of phosphorus is up to 80%, so 20% is taken as the fertilizer P loss^[13].

3 讨论

大量研究表明^[14-17]：云南地区马铃薯氮磷钾用量分别为氮 159 kg/hm²、磷 120 kg/hm²、钾 193 kg/hm²。本研究农户氮肥投入量为 222.5 kg/hm²，用量较高。在马铃薯大田试验中，限制氮素施用更有利于马铃薯块茎的形成^[18]，因此生产中应及时控制氮肥用量，不可过高。磷对马铃薯幼苗的生长发育、块茎形成、块茎体积增长乃至淀粉积累非常重要，马铃薯的磷积累高峰在出苗后 60 d 左右^[19]，磷可以在基肥全部施用。本研究中，农户的磷肥投入量合理，钾投入量较少。在熊艳等^[20]的研究中，云南马铃薯的施钾水平（含有机肥）为 86 kg/hm²，与本研究的肥料钾投入量相近。马铃薯是需钾的作物，钾亏缺不利于马铃薯产量的增加和品质改善^[21]。造成钾投入过少的原因，一方面是认知不足，农户在后期追肥中多次施用氮肥，很少单独施用钾肥，导致钾肥只在基肥施用^[22]；另一方面是价格原因，目前补充钾肥方式主要以复合肥为主，而复合肥的价格普遍较高，农户为了降低生产成本，大多以有机肥的形式投入钾肥^[23]，可能导致钾投入较少。

本研究氮盈余为 139 kg/hm²，范茂攀等^[24]2004 年对云南保山农户农田养分平衡研究的氮盈余为 148.9 kg/hm²，与本研究相似。大量的氮盈余会以氨挥发、反硝化、淋溶、侵蚀等各种途径进入到大气圈、水圈和土壤圈中，造成环境恶化^[11]。而由于氮肥用量的快速增长，导致氮盈余进一步增加^[25]。解决化肥污染的根本途径是提高化肥利用率、科学使用肥料^[11]。因此，适量减少云南地区马铃薯种植过程中氮的投入，通过深施，分次施用氮肥等农田管理措施，提高氮肥利用率，减少氮盈余的危害，能有效促进农业和环境持续健康发展。

滇北马铃薯播种量和施钾量显著高于滇中和滇西南，而马铃薯产量没有显著差异。云南省马铃薯产业发展与气候、土地资源和交通状况、病虫害情况、企业介入情况等很多因素综合相关^[26]。找到区域间马铃薯产量差异的关键，从而进行分析优化，进一步促进区域马铃薯产业的发展，需要进一步的研究。

4 结论

云南省马铃薯施肥农户之间差异较大，比例

较为不合理，钾投入量过低。产量较高的农户投入氮肥、钾肥和有机肥较高，种植量较高。滇北地区农户种植量和施钾量的投入均高于滇中和滇西南地区。云南马铃薯种植农田养分平衡中，氮和磷分别盈余 139 和 60.6 kg/hm²，钾亏缺 59.4 kg/hm²。

[参考文献]

- [1] 郭华春. 国家主粮化战略下的云南马铃薯产业发展思考[C]//屈冬玉, 陈伊里. 马铃薯产业与中国式主食(2016). 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2016.
- [2] 包丽仙, 隋启君, 姚春光, 等. 2015 年云南省马铃薯产业发展现状、存在问题及建议[C]//屈冬玉, 陈伊里. 马铃薯产业与中国式主食(2016). 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2016.
- [3] 彭娜君. 农田养分平衡理论与实践进展综述[J]. 海峡科学, 2016(7): 57. DOI: 10.3969/j.issn.1673-8683.2016.07.013.
- [4] 赵乐军, 王春生, 石静, 等. 非点源污染研究进展及趋势分析[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(4): 1306. DOI: 10.3321/j.issn:1672-2043.2008.04.006.
- [5] 张辰, 陆建忠, 陈晓玲. 基于输出系数模型的云南洱海流域农业非点源污染研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2017, 51(1): 108. DOI: 10.3969/j.issn.1000-1190.2017.01.019.
- [6] GALLOWAY J N, TOWNSEND A R, ERISMAN J W, et al. Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions[J]. Science, 2008, 320: 889. DOI: 10.1126/science.1136674.
- [7] 梁武, 张德亮. 云南省马铃薯产业发展分析[J]. 农村经济与科技, 2015(9): 135. DOI: 10.3969/j.issn.1007-7103.2015.09.050.
- [8] 沈镇昭. 农业化学: 总论[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2000.
- [9] 李书田, 金继运. 中国不同区域农田养分输入、输出与平衡[J]. 中国农业科学, 2011(20): 4207. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2011.20.009.
- [10] 洪健康. 云南红河州冬马铃薯高产栽培技术集成[J]. 长江蔬菜, 2016(1): 35. DOI: 10.3865/j.issn.1001-3547.2016.01.018.
- [11] 张瑞清. 我国农田生态系统的养分平衡[D]. 北京: 中国农业大学, 2002.
- [12] 左月秋. 中国耕地[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995.
- [13] CUI S H, SHI Y L, GROFFMAN P M, et al. Centennial-scale analysis of the creation and fate of reactive nitrogen in China (1910—2010)[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2013, 110(6): 2052. DOI: 10.1073/pnas.1221638110.
- [14] 龙瑞平, 刘艳娟, 车吉星, 等. 云南省剑川县马铃薯 3414 肥效试验[C]//陈伊里, 屈冬玉. 马铃薯产业与科技扶贫(2011). 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2011.
- [15] 张正友. 春马铃薯覆膜测土配方 3414 试验[J]. 农业与技术, 2016(2): 22. DOI: 10.11974/nyyjs.20160133019.

- [16] 孔令郁, 彭启双, 熊艳, 等. 平衡施肥对马铃薯产量及品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2004(3): 17. DOI: [10.3969/j.issn.1673-6257.2004.03.005](#).
- [17] 钱彩霞, 孔令郁, 陈建林, 等. 马铃薯测土配方 3414 肥效田间试验[J]. 中国马铃薯, 2013(5): 306. DOI: [10.3969/j.issn.1672-3635.2013.05.012](#).
- [18] 高媛, 秦永林, 樊明寿. 马铃薯块茎形成的氮素营养调控[J]. 作物杂志, 2012(6): 14. DOI: [10.16035/j.issn.1001-7283.2012.06.011](#).
- [19] 高聚林. 马铃薯磷素的吸收、积累和分配规律[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(4): 199. DOI: [10.3969/j.issn.1672-3635.2003.04.002](#).
- [20] 熊艳, 窦晓犁, 刘友林, 等. 云南省主要农作物肥料施用现状与发展研究[J]. 土壤通报, 2005, 36(2): 194. DOI: [10.3321/j.issn:0564-3945.2005.02.012](#).
- [21] 张鑫, 陈杨, 秦永林, 等. 马铃薯钾素营养研究进展及营养诊断[J]. 北方农业学报, 2016, 44(1): 109. DOI: [10.3969/j.issn.2096-1197.2016.01.25](#).
- [22] 徐宁生, 杨琼芬, 隋启君, 等. 马铃薯种植中钾肥的应用研究现状和展望[J]. 中国马铃薯, 2011, 25(2): 119. DOI: [10.3969/j.issn.1672-3635.2011.02.018](#).
- [23] 刘润梅, 范茂攀, 付云章, 等. 云南省马铃薯施肥量与化肥偏生产力的关系研究[J]. 土壤学报, 2014, 51(4): 753. DOI: [10.11766/trxb201310250483](#).
- [24] 范茂攀, 郑毅, 李少明, 等. 保山市农田生态系统养分循环与平衡研究[J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(3): 415. DOI: [10.16211/j.issn.1004-390x\(n\).2005.03.024](#).
- [25] 美国世界资源研究所. 世界资源报告全球环境指南[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.
- [26] 丁鲲, 丁福祥. 云南省马铃薯产业发展研究[J]. 云南科技管理, 2012, 25(3): 19. DOI: [10.3969/j.issn.1004-1168.2012.03.008](#).

责任编辑: 何馨成