植物营养与肥料学报 2015,21(4): 987 -992
Journal of Plant Nutrition and Fertilizer
doi: 10.11674/zwyf.2015.0418
http: //www.plantnutrifert.org

磷肥分次滴灌施用提高马铃薯群体磷素吸收及磷利用率的作用

邢海峰[1], 石晓华[2,3], 杨海鹰[3], 樊明寿[2*]
(1 内蒙古农业大学生态环境学院,呼和浩特 010019; 2 内蒙古农业大学农学院,呼和浩特 010019;
3 内蒙古自治区马铃薯繁育中心,呼和浩特 010031)

摘要:【目的】近年来,在内蒙古阴山北麓的马铃薯产量,45000 kg/hm^2 以上已屡见不鲜,但由于高产马铃薯磷素吸收规律的研究缺乏,磷肥使用不合理导致高产不能持续,磷肥利用率偏低。因此深入研究高产马铃薯群体的磷素营养规律,配合滴灌可为马铃薯持续高产提供科学依据。**【方法】**采用大田滴灌试验,以克新 1 号原种为试材,设置当地农户栽培模式与高产创建田生产模式,对 2 年的试验结果进行分析,研究滴灌条件下高产马铃薯群体磷素吸收、利用和分配特性。**【结果】**与农户模式相比,高产模式马铃薯单株结薯数(8.2 No./plant)提高了 9.3%,商品薯率(96.0%)提高了 2.3%;从块茎形成期到块茎膨大期,高产马铃薯群体磷素日积累量达到 0.67 ~ 0.78 kg/hm^2,较农户模式提高了 37%,整个生育期马铃薯群体磷素的积累量达到 44.3 ~ 55.3 kg/hm^2,较农户模式高 10.0 ~ 12.1 kg/hm^2,磷素转运率达 85% ~ 87%,也显著高于农户模式。高产马铃薯 1000 kg 块茎需磷量为 1.95 ~ 2.10 kg,磷肥利用率 21.6% ~ 23.6%。**【结论】**在磷肥总量减少的情况下,利用滴灌分 6 次施用,与农户模式相比,显著提高结薯数量及单薯重,在块茎形成至膨大的关键时期以较快速率持续吸收磷素保证了植株在减量供磷条件下吸收磷素的高效性,分期供磷使磷肥利用率有了明显提高。

关键词: 滴灌条件; 马铃薯; 高产群体; 磷素吸收; 磷素利用率
中图分类号: S632.601; S275.6　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 1008-505X(2015)04-0987-06

Increase effect of phosphorus absorption of potato population and utilization effeciency by multiple application of phosphate fertilizer with drip irrigation

XING Hai-feng[1], SHI Xiao-hua[2,3], YANG Hai-ying[3], FAN Ming-shou[2*]
(*1 College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China;*
2 College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China;
3 Inner Mongolia Seed Potato Propagation Center, Huhhot 010031, China)

Abstract:【Objectives】 In recent years, potato yield have being increased to over 45000 kg/hm^2 in the northern Yinshan Mountain of Inner Mongolia. However, phosphorus nutrition characteristics of high yield potato population are seldom studied, the phosphorus use efficiency is R in a low level. The optimize phosphorus management is in urgent need for high-yield potato production, and improves phosphorus use efficiency. **【Methods】** A field experiment were conducted with Kexin 1 as materials. The farmer cultivation mode and high-yield mode were compared for two years, and the phosphorus absorption, allocation and utilization of potato population with high yield under the drip irrigation condition were studied. **【Results】** Compared with the farmer mode, the commercial rate and tuber numbers per plant of the high-yield mode are significantly increased by 2.3% and 9.3%. The daily phosphorus accumulation amounts of the high-yield mode population is 0.67-0.78 kg/hm^2 from the tuber initiation

收稿日期: 2014-12-19　　**接受日期:** 2015-04-26　　**网络出版日期:** 2015-06-02
基金项目: "973"计划前期研究专项(2012CB126307);内蒙自然科学基金重大项目(2013ZD04);公益性行业科研专项(201203012-4-2)资助。
作者简介: 邢海峰(1978—),女,内蒙古锡林浩特人,讲师,博士研究生,主要从事植物营养与肥料教学及研究。
E-mail:nmgxinghaifeng@126.com。* 通信作者 E-mail: fmswh@126.com

stage to the tuber bulking stage, which is 37% higher than the farmer mode. The phosphorus accumulation amount is 44.3–55.3 kg/hm^2 for the high-yield mode during the whole growth period, which is about 10.0–12.1 kg/hm^2 higher than the farmer mode, and the translocation rate of phosphorus for the high-yield mode is 85%–87% higher than the farmer mode. The P_2O_5 requirement to producing 1000 kg potato tuber under the high-yield mode is 1.95–2.10 kg, and the phosphorus use efficiency of potato is 21.6%–23.6%. 【**Conclusions**】With less input amount, phosphate fertilizer is divided into 6 parts, and applied with drip irrigation in the high-yield potato management. The results proved the sustanable P supply ability to potato, especally from the tuber initiation stage to the tuber bulking stage, the accumulated phosphorus is at a rapid rate to ensuring high absorption efficiency and phosphorus use efficiency under the reduction of phosphorus fertilizer.

Key words: drip irrigation condition; potato; high-yield population; phosphorus absorption; phosphorus use efficiency

磷在土壤中的移动性较差,施入的磷肥极易被固定,当季利用率低。我国主要作物磷肥的当季利用率只有10%～20%[1-2],内蒙古为18.1%,其中马铃薯磷肥利用率仅为11.2%[3]。

马铃薯是内蒙古的优势作物,2011年种植面积全国第一[4],其对内蒙古粮食总产的贡献率达10%左右。马铃薯是典型的浅根系作物,磷素吸收能力较弱,因此如何提高马铃薯磷肥利用率已成为马铃薯生产中亟待解决的关键问题之一[5-6]。目前,与滴灌技术相配套的水溶肥在生产中开始应用,使马铃薯生育期间对磷素的调控成为可能。在近年来的马铃薯高产田创建中,内蒙古阴山北麓地区(马铃薯主产区)不少地块产量达45000 kg/hm^{2}以上,因此研究高产马铃薯群体的磷素营养规律,是建立滴灌条件下高产高效的马铃薯磷肥管理技术体系的重要基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

田间试验于2012年和2013年在内蒙古察右中旗德胜乡(41°30′N、112°64′E,海拔1780 m)进行。该区域属中温带大陆性季风气候,无霜期100天左右。供试品种均为克新1号原种。两年试验分别在不同地块进行,供试土壤均为栗钙土,土壤肥力状况及当年生育期降水量见表1。

表1 试验田基础土壤肥力及生育期降雨量

Table 1 Soil fertility and rainfall during the growing period of potato in the test area

年份 Year	有机质(g/kg) OM	全氮(g/kg) Total N	有效磷(mg/kg) Avail. P	速效钾(mg/kg) Avail. K	降雨量(mm) Rainfall
2012	12.2	1.02	14.4	87	266.9
2013	13.6	1.04	17.7	79	282.3

注(Note):土壤取样深度为60 cm Soil sampling depth is 60 cm.

1.2 试验设计

通过对内蒙古察右中旗大量农户调查,目前该地区马铃薯栽培密度4.5×10^4 plant/hm^2,施N 340 kg/hm^2(50%基肥,50%分3次随灌溉施入),K_2O 285 kg/hm^2(100%基肥施用);灌溉方式为滴灌,全生育期灌水量为3750 m^3/hm^2,灌水6次。田间试验以该模式为对照(CK),在对照基础上,增加施P_2O_5 240 kg/hm^2(100%基肥施用),记为农户模式;高产模式是在总结2009～2011年内蒙古马铃薯繁育中心察右中旗基地高产创建田的基础上设置的。具体为:栽培密度6.0×10^4 plant/hm^2;氮肥用量为N 270 kg/hm^2(分6次施用,其中苗期10%,块茎形成期第一次10%,第二次15%,块茎膨大期第一次20%、第二次25%,淀粉积累期20%);施磷量P_2O_5 180 kg/hm^2(分6次施用,其中20%作基肥,苗期10%,块茎形成期30%,块茎膨大期第一次20%、第二次10%,淀粉积累期10%);施钾量K_2O 285 kg/hm^2(分6次施用,其中苗期10%,块茎形成期

20%，块茎膨大期第一次 20%，第二次 25%，淀粉积累期第一次 15%、第二次 10%），肥料随水滴入；灌溉方式为滴灌，灌水量全生育期 3750 m^3/hm^2，灌水 10 次。

氮肥为尿素，磷肥作基肥施用的品种为过磷酸钙，做追肥施用的品种为古米磷（12-61-0），钾肥为硝酸钾。每个模式重复 3 次，小区面积 72 m^2。2012 年于 5 月 13 日播种，9 月 11 日收获。2013 年 5 月 10 日播种，9 月 13 日收获。

1.3　样品采集与测定

取样在马铃薯各生育时期最后一次追施肥料后一周左右进行。即苗期（2012 年 6 月 24 日，2013 年 6 月 28 日）、块茎形成期（2012 年 7 月 14 日，2013 年 7 月 18 日）、块茎膨大期（2012 年 8 月 12 日，2013 年 8 月 18 日）、淀粉积累期（2012 年 9 月 11 日，2013 年 9 月 13 日）取样，每小区随机取样 5 株。

植株干重的测定　将整株带回实验室，用蒸馏水冲洗，晾去水分，按叶片、地上茎、地下茎（包括匍匐茎和根系）、块茎将各器官分开，分别称鲜重。然后取小样于烘箱中，在 105℃ 下杀青 30 min 后在 80℃ 条件下烘干至恒重，称干重。烘干样品按器官粉碎过 0.25 mm 筛。

植株含磷量的测定　植株全磷采用浓 H_2SO_4-H_2O_2 消煮—钒钼黄比色法进行测定[7]。

块茎产量及商品薯率的测定　收获时，每公顷块茎产量以每小区随机抽取 2 m^2 的马铃薯植株进行测产后折算；以大薯与中薯重量之和占总块茎重的比率作为商品薯率。其中，单薯重小于 50 g 为小薯，50～150 g 为中薯，大于 150 g 为大薯。

1.4　数据分析

磷肥吸收利用率（%）=（施磷区植株吸磷量－空白区植株吸磷量）/施磷量 ×100；

1000 kg 块茎需磷量（kg）= 植株磷素积累量/块茎产量 ×1000；

植株磷素消耗系数 = 植株吸磷量/植株干物质积累量 ×100；

块茎磷素生产效率（kg/kg）= 块茎产量/植株磷素积累量。

试验数据采用 SPSS 19.0 和 Excel 软件进行统计分析，采用 LSR 法进行多重比较。

2　结果与分析

2.1　不同栽培模式马铃薯产量及其构成因子特点

不同模式下马铃薯产量差异显著。2012 年高产模式马铃薯产量 45060 kg/hm^2，较农户模式提高 12%；2013 年高产模式马铃薯产量达 50599 kg/hm^2，较农户模式提高了 16%（表 2）。

表 2　马铃薯产量及其构成因子特点

Table 2　Characteristics of potato yield and its components

年份 Year	栽培模式 Cultivation mode	产量 Yield (kg/hm^2)	块茎数量 Tuber number (No./plant)	单薯重(kg) Single tuber weight	小薯率(%) Small-sized tuber rate	中薯率(%) Middle-sized tuber rate	大薯率(%) Big-sized tuber rate
2012	对照 CK	36569 ±5238 c	5.67 ±0.58 c	0.17 ±0.01 a	13.14 a	66.46 a	20.40 c
	农户模式 Farmer mode	40263 ±7628 b	7.67 ±1.53 b	0.15 ±0.01 a	8.86 b	61.78 b	29.36 b
	高产模式 High-yield mode	45060 ±2983 a	8.33 ±0.58 a	0.17 ±0.01 a	6.04 c	60.08 b	33.88 a
2013	对照 CK	41317 ±1142 b	6.86 ±0.25 b	0.16 ±0.01 a	6.89 a	31.58 a	61.54 c
	农户模式 Farmer mode	43798 ±994 b	7.24 ±0.44 b	0.16 ±0.01 a	3.69 b	30.26 a	66.05 b
	高产模式 High-yield mode	50599 ±5126 a	8.05 ±0.93 a	0.16 ±0.00 a	1.93 c	30.48 a	67.59 a

注（Note）：同列数据后不同字母表示处理间差异达 5% 显著水平 Values followed by different letters in a column are significant among treatments at the 5% level.

2012年,高产模式马铃薯单株结薯数平均为8.33个,较农户模式高9%;大薯率33.88%,较农户模式高15%;小薯率仅为6.04%,明显低于农户模式。2013年的结果与2012年相似,高产模式马铃薯的单株结薯数为8.05个,较农户模式高11%;高产模式下马铃薯大薯率为68%,小薯率仅为2%,明显优于农户模式。

2.2 不同栽培模式下马铃薯群体的磷素吸收、分配特点

三种模式马铃薯群体对磷素的吸收速率均表现为苗期最低,块茎形成至膨大期迅速增加,吸磷强度达到最高,淀粉积累期有所下降。全生育期,高产马铃薯的日平均吸磷量为0.47～0.60 kg/hm^2,显著高于农户模式28%～31%(表3)。从不同生育期看,苗期各处理无显著差异。在块茎膨大期,高产模式下马铃薯的吸磷速率为0.67～0.78 kg/(hm^2·d),显著高于农户模式37%,显现出高产模式对马铃薯能持续供磷能力。

表3 马铃薯各生育阶段群体磷素的日积累量[kg/(hm^2·d)]

Table 3 Daily rates of phosphorus accumulation population at different stages of potato

年份 Year	栽培模式 Cultivation mode	苗期 Vegetative growth	块茎形成期 Tuber initiation	块茎膨大期 Tuber bulking	淀粉积累期 Starch accumulation	全生育期 Whole growth period
2012	对照 CK	0.06±0.01 a	0.26±0.07 c	0.45±0.04 b	0.27±0.07 c	0.29±0.05 c
	农户模式 Farmer mode	0.06±0.01 a	0.38±0.05 b	0.49±0.04 b	0.38±0.09 b	0.36±0.05 b
	高产模式 High-yield mode	0.08±0.02 a	0.51±0.08 a	0.67±0.06 a	0.45±0.06 a	0.47±0.06 a
2013	对照 CK	0.10±0.01 a	0.62±0.01 b	0.45±0.03 c	0.34±0.04 b	0.40±0.02 c
	农户模式 Farmer mode	0.11±0.00 a	0.68±0.02 b	0.64±0.06 b	0.31±0.04 b	0.47±0.03 b
	高产模式 High-yield mode	0.13±0.01 a	0.85±0.02 a	0.78±0.04 a	0.47±0.04 a	0.60±0.03 a

注(Note):同列数据后不同字母表示处理间差异达5%显著水平 Values followed by different letters in a column are significant among treatment at the 5% level.

马铃薯各生育阶段群体磷素的吸收累积情况如图1所示。高产模式马铃薯群体全生育期对磷素的吸收量为44.3～55.3 kg/hm^2,较农户模式多10.0～12.1 kg/hm^2。其中,块茎形成开始直至淀粉积累时期,高产模式马铃薯群体吸收的磷量便一直高于同阶段的农户模式,由各阶段的磷素吸收比例看,差异主要集中在后期。2012年,高产模式马铃薯在块茎膨大期吸收的磷量已占全生育期的44.1%,而农户模式仅为41.6%;2013年,淀粉积累阶段高产模式马铃薯的吸磷比例仍占全生育期的22.3%,比农

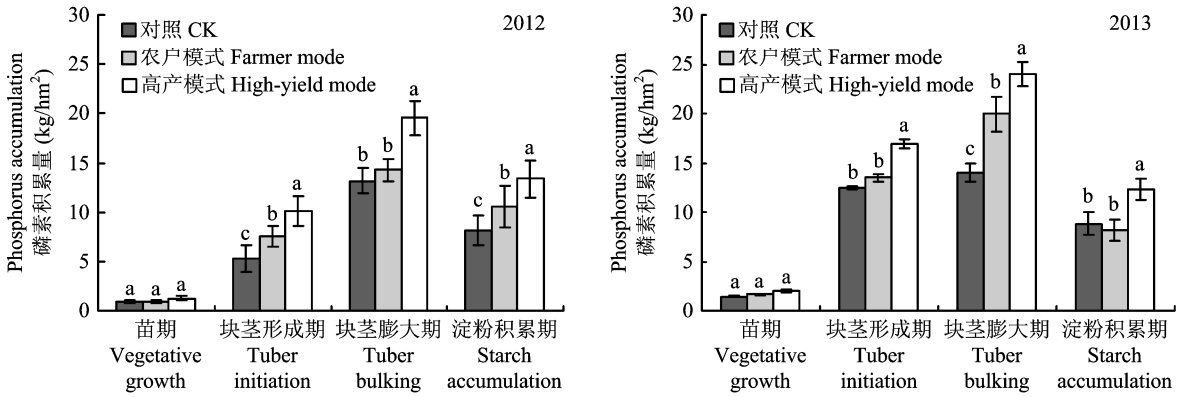

图1 马铃薯各生育阶段群体磷素累积量

Fig. 1 Phosphorus accumulation of potato population at different stages

[注(Note):柱上不同字母表示处理间差异达5% Different letters above the bars mean significant among treatment at the 5% level.]

表 4　在地上部/地下部马铃薯各生育阶段磷素的分配比例(%)

Table 4　Phosphorus distribution in abovegrand/underground of potato

年份 Year	部位 Part	栽培模式 Cultivation mode	生育时期 Growth period			
			苗期 Vegetative growth	块茎形成期 Tuber initiation	块茎膨大期 Tuber bulking	淀粉积累期 Starch accumulation
2012	地上部/地下部 Aboveground/ underground part	对照 CK	78.4/21.6	64.8/35.2	42.2/57.8	15.5/84.5
		农户模式 Farmer mode	71.7/28.3	60.8/39.2	41.6/58.4	15.3/84.7
		高产模式 High-yield mode	79.1/20.9	70.9/29.1	44.2/55.8	12.8/87.2
2013	地上部/地下部 Aboveground/ underground part	对照 CK	78.5/21.5	69.4/30.6	41.5/58.5	21.5/78.5
		农户模式 Farmer mode	80.9/19.1	67.6/32.4	44.7/55.8	15.6/84.4
		高产模式 High-yield mode	82.0/18.0	72.0/28.0	47.6/52.4	15.3/84.7

户模式高 3.6%。可见,保证关键时期以较大比例持续吸收磷素是马铃薯获得高产的基础。

从不同模式马铃薯的磷素分配情况可以看出,随着生长中心由茎叶转向块茎,磷素在马铃薯体内各器官的分布也由地上部转移至地下部。与农户模式不同的是,高产模式马铃薯在苗期到块茎膨大时期,磷素在地上部的分布较高,到了淀粉积累期,地下部的分配率达 84.7% ~ 87.2%,又高于农户模式。

2.3　不同栽培模式下马铃薯群体磷肥的利用率

2012 年,高产模式的马铃薯磷肥利用率为 21.6%,较农户模式高 4.3 个百分点;2013 年,磷肥利用率 23.6%,比农户模式高 7.1 个百分点(图 2)。高产模式马铃薯的磷肥利用率明显高于农户模式。

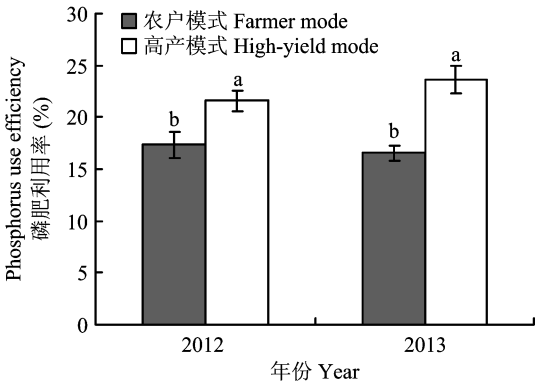

图 2　马铃薯的磷肥利用率

Fig. 2　Phosphorus use efficiency of potato

[注(Note):柱上不同字母表示处理间差异达 5% Different letters above the bars mean significant among treatments at the 5% level.]

3　讨论与结论

张静等[8]曾报道,适量的磷肥可以增加马铃薯单株的结薯数,但却不利于单薯重的提高,而胡助力等[9]、李章田等[10]的研究结果表明,磷肥可促进马铃薯大、中薯率的提高。本研究高产模式下马铃薯单株结薯数和商品率均高于对照和农户模式(表 2),意味着单株结薯数量和单薯重量是可以协同提高的,并且可以通过磷肥调控来实现。虽然高产模式的施磷量为 P_2O_5 180 kg/hm^2 低于农户模式(P_2O_5 240 kg/hm^2),但高产模式下整个生育期内磷素的吸收量始终高于农户模式(图 1),这是由于高产模式的磷肥是随滴灌分期供应的,而农户模式的磷肥全部基施。因此,针对内蒙古马铃薯主产区的石灰性土壤,在滴灌条件下磷肥随水分次滴施,应作为马铃薯养分管理的重要措施。

马铃薯各器官对磷素的吸收、分配数量对其生长发育,尤其是对源库关系的调节作用十分明显。夏锦慧[11]研究表明,磷素在生育前期主要分配在叶片,块茎一旦形成,便向其中进行转移,成熟收获时块茎中的磷素可占全株的 89.9%;而磷素吸收速率最快的时期出现在开花期,为 5.26 mg/(plant · d),最大吸收量为 241.3 mg/plant。高聚林等[12]揭示的磷素吸收分配规律与之一致,但其通过拟合方程得出马铃薯吸收磷素的高峰在块茎增长初期,最大吸磷速率可达 22 mg/(plant · d),与夏锦慧[11]的结论相差较大。众所周知,作物产量是单位土地面积上群体的表现,探讨马铃薯群体磷素营养规律更具指导意义。本研究证明,内蒙古阴山北麓地区,高产

(产量 >45000 kg/hm^2)马铃薯群体磷素营养基本特点表现为,全生育期日均吸磷数量为0.47～0.60 kg/hm^2,其中,阶段的吸磷高峰出现在块茎形成至块茎膨大期,最大吸磷强度为0.67～0.78 kg/(hm^2·d)。

不同模式植株吸磷效率差异明显。如尹飞虎等[13]通过同位素标记肥料及放射性同位素自显影技术研究发现,随水滴施磷肥可使肥料利用率提高至21%左右;岳红丽等[14]在内蒙古武川县膜下滴灌马铃薯的试验中得到磷肥的利用率却仅为6.0%～10.5%,究其原因发现,其磷肥的施用全部采用一次性基施,水肥不同步可能是造成肥料利用率低的直接原因。本文在滴灌条件下的研究结果表明,磷肥随水分期供应,马铃薯磷肥利用率可达24%(图2),显著高于农户模式。高产模式下地下部84.7%～87.2%的磷素分配率也进一步证明了这点。因此,高产模式也是磷肥高效利用模式。

参考文献:

[1] 鲁如坤. 我国的磷矿资源和磷肥生产消费—Ⅱ磷肥消费和需求[J]. 土壤, 2004, 36(2): 113-116.
Lu R K. Phosphorus resources and phosphate fertilizer production and consumption of China. Ⅱ Phosphorus fertilizer consumption and predicted demand[J]. Soil, 2004, 36(2): 113-116.

[2] 程明芳, 何萍, 金继运. 我国主要作物磷肥利用率的研究进展[J]. 作物杂志, 2010, (1): 12-14.
Cheng M F, He P, Jin J Y. Advance of phosphorus recovery rate in Chinese main crops[J]. Crops, 2010, (1): 12-14.

[3] 戴庆林, 郑海春, 王芬棠, 等. 内蒙古地区化肥施用与肥分利用现状[J]. 内蒙古农业科技, 2000, (3): 3-5.
Dai Q L, Zheng H C, Wang F T *et al*. Fertilizer and nutrient use efficiency in Inner Mongolia [J]. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology, 2000, (3): 3-5.

[4] 中华人民共和国农业部. 中国农业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012.
The Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. China agricultural statistics yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2012.

[5] Dechassa N, Schenk M K, Claassen N, Steingrobe B. Phosphorus efficiency of cabbage, carrot and potato [J]. Plant and Soil, 2003, 250: 215-224.

[6] Thornton M K, Novy R G, Stark J C. Improving phosphorus use efficiency in the future[J]. American Journal Potato Research, 2014, 91: 175-179.

[7] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
Bao S D. Soil and agro-chemistry analysis (3rd Ed) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000.

[8] 张静, 蒙美莲, 王颖慧, 等. 氮磷钾施用量对马铃薯产量及品质的影响[J]. 作物杂志, 2012, (4): 124-127.
Zhang J, Meng M L, Wang Y H *et al*. The effects of nitrogen phosphorus potassium fertilizer combination on the yield and quality of potato[J]. Crop, 2012, (4): 124-127.

[9] 胡助力, 郭志平. 马铃薯Mira高产施肥措施的研究[J]. 江西师范大学学报(自然科学版), 2006, 30(4): 396-398.
Hu Z L, Guo Z P. Research on fertilization measures of the high yielding of potato Mira flowers [J]. Journal of Jiangxi Normal University (Natural Sciences Edition), 2006, 30(4): 396-398.

[10] 李章田, 陈际才, 罗有卫. 不同磷肥施用量对冬马铃薯"合作88"生长及产量的影响[J]. 云南农业科技, 2012, (6): 6-8.
Li Z T, Chen J C, Luo Y W. Effects of different phosphorus fertilizer amount on growth and yield of winter potato [J]. Yunnan Agricultural Science and Technology, 2012, (6): 6-8.

[11] 夏锦慧. 马铃薯"大西洋"干物质积累及氮、磷、钾营养特征研究[J]. 西北农业学报, 2009, 18(4): 267-271, 314.
Xia J H. Analysis on dry matter accumulation and nitrogen, phosphorus, potassium nutrition characteristics of potato atlantic [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2009, 18 (4): 267-271, 314.

[12] 高聚林, 刘克礼, 张宝林, 盛晋华. 马铃薯磷素的吸收、积累和分配规律[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(4): 199-203.
Gao J L, Liu K L, Zhang B L, Sheng J H. The patterns of phosphorus absorption, accumulation and distribution in potato [J]. Chinese Potato, 2003, 17 (4):199-203.

[13] 尹飞虎, 康金花, 黄子蔚, 曾德超. 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.
Yin F H, Kang J H, Huang Z W, Zeng D C. Distribution and use efficiency of phosphorus from trickle irrigation fertilizer specific fertigated of trickle irrigated cotton via ^{32}P tracing technique [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2005,14(6): 199-204.

[14] 岳红丽, 张胜, 蒙美莲, 等. 施磷量对膜下滴灌马铃薯产质量及磷肥利用效率的影响[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2013, 34(3): 40-45.
Yue H L, Zhang S, Meng M L *et al*. Effects of phosphorus application amount on production quality and phosphorus fertilizer use efficiency of coated drip irrigation potato[J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2013, 34(3): 40-45.