

马铃薯氮磷钾养分吸收规律及施肥肥效的研究^①

段 玉, 张 君, 李焕春, 赵沛义, 妥德宝, 姚俊卿, 安 昊, 贾有余

(内蒙古自治区农牧业科学院资源环境与检测技术研究所, 呼和浩特 010031)

摘 要: 整理分析了内蒙古 2002—2011 年进行的 15 项次马铃薯施肥田间试验结果, 发现: 马铃薯氮磷钾吸收积累量呈“S”型生长曲线变化规律, 即前期慢、中期快、后期又慢, 吸收积累的高峰期在出苗后 60 天左右, 之后积累量逐渐放缓, 到收获时日积累量有小幅下降, 特别是磷和钾的积累。吸收的氮磷钾前期主要供给叶片的生长发育, 在收获时 70%~80% 的氮素, 80%~90% 的 P_2O_5 和 K_2O 转移到了块茎中。出苗后 60 天是马铃薯水肥需要关键期, 此时期保证水肥供应是获得高产的关键。马铃薯施用氮、磷、钾肥分别增产 26.3%、22.8% 和 20.1%, 每千克 N、 P_2O_5 、 K_2O 增产马铃薯 40.7、70.4 和 44.7 kg。施肥增产效果: 氮肥>磷肥>钾肥。施用氮磷钾肥的 N、 P_2O_5 和 K_2O 的养分利用率分别为 35.9%、15.6%、50.4%。生产 1 t 马铃薯块茎吸收 N、 P_2O_5 、 K_2O 分别为 5.32 kg、1.42 kg、6.01 kg。缺素区全株马铃薯吸收 N、 P_2O_5 、 K_2O 养分量分别为 126.3、38、152.1 kg/hm²。马铃薯可采用基于产量反应和农学效率的方法进行推荐施肥, 尤其是氮肥的施用, 而对于磷、钾肥的推荐, 除考虑肥效外, 还要考虑土壤养分平衡, 主要基于产量反应和一定目标产量下作物的移走量给出推荐施肥量。

关键词: 马铃薯; 氮磷钾化肥; 养分吸收规律; 平衡施肥

中图分类号: S532.06

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)由于营养丰富, 容易栽培, 产量较高, 在世界各地广泛种植, 是世界上仅次于稻、麦、玉米的四大粮食作物之一^[1]。我国是世界上最大的马铃薯生产国, 马铃薯播种面积是仅次于大豆的第五大作物。2008—2011 年马铃薯播种面积平均为 509.3 万 hm², 单产达 15.4 t/hm², 总产量达 7 845.9 万 t, 占世界总产量的 25% 左右。内蒙古自治区是我国马铃薯主产区之一, 2008—2011 年, 全区马铃薯播种面积平均 68.4 万 hm², 占全国的 13.4%^[1], 总产占全国的 11.3%, 单产仅 12.9 t/hm²。其中不平衡施肥是限制该区域马铃薯产量的主要因素之一。科学合理施肥是保证产量、降低投入、增加品质的重要途径。明确马铃薯对氮、磷、钾的吸收规律, 可以抓住施肥关键期, 达到事半功倍的效果^[2-4]。张宝林等^[5-7]研究表明, 马铃薯对氮、磷、钾的吸收速率在整个生育期间呈单峰曲线变化, 氮磷养分吸收峰值出现在块茎快速增长期, 钾素(K_2O)积累量在淀粉积累期达到峰值。生产 1 t 马铃薯吸收氮磷钾量因品种和栽培条件的不同而有差异。高炳德^[8]研究结果

表明, 同薯 8 号每生产 1 t 鲜薯吸收 N、P、K 分别为 4.38、0.79、6.55 kg。张宝林等^[5-7]研究结果表明, 在适量施肥组合下, 每生产 1 t 马铃薯需 N 5.3~6.04 kg, P_2O_5 1.6 kg, K_2O 8.20 kg。吴旭银等^[9]研究结果显示, 马铃薯(克新1号)产量在 38 718 kg/hm² 水平下, 生产 1 t 块茎需吸收 N 5.65 kg, P_2O_5 1.17 kg, K_2O 5.19 kg。

关于马铃薯平衡施肥的研究比较多, 因各地自然条件、栽培管理等差异, 氮磷钾肥施用量和施肥配比存在很大差异。如甘肃省景泰县、内蒙古达拉特旗和河北省沽源县 3 个马铃薯生产基地进行的研究结果表明, N、 P_2O_5 、 K_2O 用量和比例为 180~180~225 kg/hm² 的施肥处理, 其经济效益较高^[10]。贵州六盘水市马铃薯 N、 P_2O_5 、 K_2O 用量为 45~45~75 kg/hm² 可以较低的投入获得较高的产出^[11]。福建土壤肥力较高的灰泥田上 N、 P_2O_5 、 K_2O 用量为 150~60~225 kg/hm² 较适宜^[12]。大兴安岭地区 N、 P_2O_5 、 K_2O 用量为 120~120~112.5 kg/hm² 产量较高^[13]。

基金项目: 国际植物营养研究所(IPNI)中国项目部资助。

作者简介: 段玉(1963—), 男, 内蒙古人, 硕士, 研究员, 主要研究领域植物营养与施肥。E-mail: duanyu63@aliyun.com

本文采用多年多点试验,开展马铃薯氮磷钾养分吸收规律和施肥肥效的研究,明确马铃薯养分吸收规律和施肥肥效,为马铃薯推荐施肥提供技术参数,为马铃薯最佳养分管理提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地点

2002—2011 年在内蒙古武川县上秃亥乡、察右中旗黄羊城乡等地不同试验地块共进行 15 项次试验。试验地土壤为栗钙土,土壤养分状况见表 1。

1.2 试验处理

试验设 4 个处理:OPT(NPK),OPT-N,OPT-P,OPT-K。OPT(NPK):N、P、K 化肥配合施用的最优施肥处理^[17](由中加合作实验室推荐),肥料具体用量见表 2;OPT-N:不施氮肥处理,即在 OPT 的基础上减去氮肥;OPT-P:不施磷肥处理,即在 OPT 的基础上减去磷肥;OPT-K:不施钾肥处理,即在 OPT 的基础上减去钾肥。推荐用量为 N 120~300 kg/hm²,P₂O₅ 60~150 kg/hm²,K₂O 90~225 kg/hm²,平均 N-P₂O₅-K₂O 为 190-97-137 kg/hm²(表 2)。

表 1 供试土壤养分状况
Table 1 Soil nutrients in experimental sites

地点	年份	pH	有机质(g/kg)	无机氮(mg/L)	速效磷(mg/L)	交换性钾(mg/L)
武川	2002	8.30	6.6	8.7	14.7	76.5
	2003	8.35	11.0	10.3	18.5	83.5
	2004	8.40	12.0	7.9	10.3	54.8
	2005	8.35	14.5	30.1	9.7	66.5
	2006	7.90	4.0	7.9	20.9	58.7
	2007	8.42	14.5	41.4	24.9	108.8
	2008	8.48	12.7	51.3	18.9	123.5
	2009	8.37	12.8	42.8	26.8	137.0
	2010	8.44	8.5	34.2	19.8	80.6
	2010	8.42	4.4	26.2	14.3	54.2
	2011	8.12	12.9	19.9	14.3	80.4
察右中旗	2008	8.76	7.2	24.3	5.5	79.0
	2008	8.94	3.3	32.9	12.1	98.8
	2009	8.55	25.2	19.2	7.5	138.0
	2009	8.49	12.6	23.6	37.5	90.1

注:土壤分析结果由中加合作实验室进行,采用 ASI 方法^[16]。

表 2 马铃薯施肥的养分吸收量和养分利用率
Table 2 Fertilization effect on nutrient uptake and nutrient utilization efficiency on potato

地点	年份	OPT 施肥量 (kg/hm ²)			OPT 养分吸收量 (kg/hm ²)			养分平衡 (kg/hm ²)			缺素区养分吸收量 (kg/hm ²)			养分利用率 (%)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	OPT-N	OPT-P	OPT-K	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
武川	2002	128	90	90	202.6	48.5	168.3	-74.6	41.5	-78.3	166.1	37.1	131.3	28.5	12.7	41.1
	2003	143	92	120	184.8	38.0	182.7	-41.8	54.0	-62.7	132.9	26.2	136.7	36.3	12.8	38.3
	2004	120	90	120	126.9	26.3	151.0	-6.9	63.7	-31.0	89.1	16.2	98.8	31.5	11.2	43.5
	2005	120	90	120	165.2	59.3	248.7	-45.2	30.7	-128.7	118.0	41.4	181.4	39.3	19.9	56.1
	2006	150	90	120	217.4	50.9	249.1	-67.4	39.1	-129.1	173.0	35.6	197.6	29.6	17.0	42.9
	2007	180	60	120	231.7	37.1	288.9	-51.7	22.9	-168.9	169.4	30.8	231.8	34.6	10.5	47.6
	2008	150	75	105	208.5	50.7	202.4	-58.5	24.3	-97.4	146.3	35.6	144.6	41.5	20.1	55.0
	2009	210	90	165	151.7	58.0	205.9	58.3	32.0	-40.9	85.5	47.7	121.4	31.5	11.4	51.3
	2010	240	90	165	151.5	35.4	198.0	88.5	54.6	-33.0	71.0	17.5	100.3	33.5	19.9	59.2
	2010	300	120	150	272.7	62.4	337.3	27.3	57.6	-187.3	158.0	37.7	253.4	38.2	20.6	55.9
	2011	240	90	165	253.3	42.3	302.3	-13.3	47.7	-137.3	132.3	27.1	194.3	50.4	16.9	65.4
察右中旗	2008	180	90	120	152.0	58.1	132.2	28.0	31.9	-12.2	89.5	41.2	72.1	34.7	18.8	50.1
	2008	180	90	120	159.0	36.6	162.8	21.0	53.4	-42.8	95.9	23.7	105.0	35.1	14.3	48.2
	2009	210	150	150	170.2	90.0	188.2	39.8	60.0	-38.2	87.4	70.2	108.6	39.4	13.2	53.1
	2009	300	150	225	282.1	103.9	311.4	17.9	46.1	-86.4	180.0	82.0	203.4	34.0	14.6	48.0
平均		190	97	137	195.3	53.2	221.9	-5.2	44.0	-84.9	126.3	38.0	152.1	35.9	15.6	50.4

供试马铃薯品种为“脱毒紫花白”。试验用氮肥为尿素,按 N 460 g/kg 计算,磷肥为重过磷酸钙,按 P_2O_5 460 g/kg 计算,钾肥为氯化钾,按 K_2O 600 g/kg 计算,磷钾肥全部作基肥一次深施,氮肥 40%作基施,60% 在生育期间追施。田间管理同一般生产田。

1.3 分析测定

收获时各处理分别收获记产,并随机取样 3 株,测定茎、叶和块茎的鲜重,切碎后 80℃ 烘干测定茎、叶和块茎干重,混匀后粉碎,过 2 mm 筛备用。植株样品用 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消解后,全氮用凯氏定氮法,全磷用钒钼黄比色法,全钾用火焰光度法测定。

有关计算公式:

某养分元素的增产率(%)= (全肥区产量 - 缺该养分区产量)/缺该养分区产量 $\times 100$;

某养分元素的农学效率(kg/kg)=(全肥区产量-缺该养分区产量)/该养分施入量;

某养分元素的利用率(%)=(全肥区该元素吸收量-缺该元素区养分吸收量)/全肥区该元素养分用量 $\times 100$ 。

试验数据采用 Excel 电子计算表格计算处理。

2 结果与分析

2.1 马铃薯的养分积累分配规律

2011 年对武川进行马铃薯施肥试验的 OPT 处理从出苗后开始每隔 15 天左右取样一次(每次每处理随机取样 3 株)测定茎、叶和块茎鲜重,样品烘干后测定干重并测定氮、磷、钾养分含量,各器官和全株的氮、磷、钾养分吸收积累变化规律见图 1。

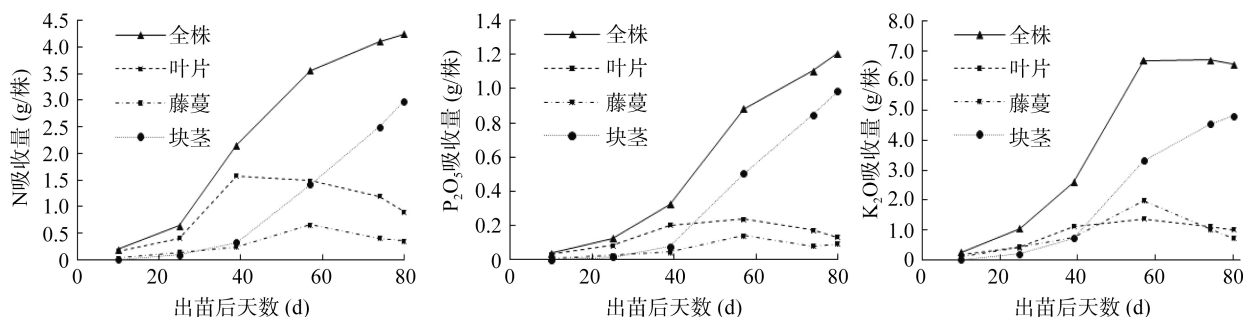


图 1 施肥对马铃薯氮磷钾养分积累的影响

Fig. 1 Effect of NPK fertilization on nutrient accumulation in potato

马铃薯氮磷钾养分吸收曲线呈“前期慢、中期快、后期又慢”的 Logistic 生长曲线模型,吸收积累最快时期为出苗后 30~60 天,生育前期和后期吸收积累量较小。氮磷钾的积累量均以出苗后 60~75 天达到最大,此时,茎叶等吸收积累的养分开始下降而块茎的养分积累量超过茎叶并快速增加,马铃薯茎叶等同化器官吸收积累的养分开始向块茎转移,块茎快速膨大,这时正是马铃薯开花期,是马铃薯生长最快的时期,此时期保证水肥供应是获得高产的关键。

吸收的氮素前期主要供给叶片的生长发育,在出苗后 40 天叶片吸收的氮素占总量的 73%,在收获时大部分氮素转移到块茎中,块茎积累量占总吸收量的 70%。吸收的 P_2O_5 前期也是主要供给叶片,在出苗后 40 天叶片吸收的 P_2O_5 占总吸收量的 62%,到收获时绝大多数 P_2O_5 转移到了块茎中,块茎的积累量占总量的 82%。吸收的 K_2O 前期主要供给茎秆生长需要,在出苗后 25 天茎秆吸收的 K_2O 占总吸收量的 40%,到收获时块茎的积累量占总量的 74%。

2.2 马铃薯推荐施肥养分平衡与施肥的养分利用率

2002—2011 年进行的 15 项次马铃薯田间试验结

果见表 2。

由表 2 可知,采用推荐氮肥(N)用量基本能够满足马铃薯吸收氮素的需求,供需基本平衡,平均亏缺仅为 5.2 kg/hm²;推荐的 P_2O_5 量大于马铃薯吸收的 P_2O_5 量,盈余 22.9~63.7 kg/hm²,平均盈余 44.0 kg/hm²;在内蒙古相对富钾地区推荐的钾肥用量不能满足马铃薯的钾素需求,亏缺 84.9 kg/hm²,需要从土壤中补充。

缺素(N、P、K)处理的养分吸收量反映了试验土壤供应氮磷钾养分的能力。进行的 15 项次试验结果表明,缺氮区(OPT-N)马铃薯吸收 N 量为 71~180 kg/hm²,平均为 126.3 kg/hm²;缺磷区(OPT-P)马铃薯吸收 P_2O_5 量为 16.2~82.0 kg/hm²,平均为 38.0 kg/hm²;缺钾区(OPT-K)吸收 K_2O 为 72.1~253.4 kg/hm²,平均为 152.1 kg/hm²。

在施磷钾肥基础上施用氮肥的养分利用率(N)为 28.5%~50.4%,平均 35.9%;在施氮钾肥的基础上施用磷肥的养分利用率(P_2O_5)为 10.6%~20.6%,平均 15.6%;在施氮磷肥的基础上施用钾肥的养分利用率(K_2O)为 38.3%~65.4%,平均 50.4%。

2.3 马铃薯施肥肥效与单位产量养分吸收量

进行的 15 项次试验表明(表 3), 马铃薯 OPT 处理的产量水平为 24.4 ~ 60.2 t/hm², 平均为 37.4 t/hm²。OPT-N 的产量为 18.0 ~ 47.8 t/hm², 平均 29.9 t/hm²。OPT-P 为 18.1 ~ 44.2 t/hm², 平均 30.6 t/hm²。OPT-K 为 19.6 ~

47.2 t/hm², 平均 31.2 t/hm²。多年多点试验结果表明, 采用中加合作实验室进行的养分推荐用量(OPT)的产量都是最高的且与缺素处理存在显著差异, 说明中加合作实验室的推荐用量是合理的。但本方法需要取土测试, 针对每一农户田块进行测土推荐施肥存在困难。

表 3 马铃薯施肥肥效和养分吸收量
Table 3 Fertilization effect on potato yield and nutrient uptake rate on potato

地点	年份	产量 (t/hm ²)				施肥增产率 (%)			农学效率 (kg/kg)			1 t 马铃薯吸收养分量 (kg/t)		
		OPT	OPT-N	OPT-P	OPT-K	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
武川	2002	34.4 a	30.9 c	33.2 b	33.6b	11.4	3.6	2.3	27.4	13.3	8.6	5.89	1.41	4.89
	2003	32.4 a	27.9 a	27.9 b	29.6b	16.2	16.0	9.3	31.5	48.6	23.1	5.71	1.17	5.64
	2004	26.0 a	20.4 b	23.7 b	23.8c	27.2	9.9	9.3	46.3	26.0	18.5	4.88	1.01	5.81
	2005	37.5 a	31.3 ab	31.3 b	34.0b	20.0	19.7	10.3	52.1	68.5	29.2	4.40	1.58	6.63
	2006	31.5 a	25.6 b	25.4 b	25.3b	22.9	24.1	24.5	39.1	67.9	51.6	6.91	1.62	7.91
	2007	30.6 a	23.8 b	24.9 b	25.9b	28.3	23.0	18.1	37.5	95.4	39.1	7.58	1.21	9.44
	2008	38.7 a	29.7 b	30.6 b	30.3 b	30.3	26.4	28.0	60.0	107.9	80.6	5.38	1.31	5.22
	2009	37.0 a	29.5 b	32.7 b	33.9 c	25.5	13.3	9.0	35.8	48.3	18.6	4.10	1.57	5.56
	2010	37.5 a	28.2 b	32.1 bc	30.1 c	32.9	16.7	24.3	38.6	59.4	44.3	4.04	0.94	5.29
	2010	60.2 a	47.8 b	44.2 b	47.2 b	25.8	36.2	27.4	41.1	133.3	86.4	4.53	1.04	5.61
	2011	44.3 a	38.0 b	38.9 b	39.6 b	16.4	13.9	11.9	26.0	60.0	28.6	5.72	0.95	6.82
察右中旗	2008	37.1 a	24.5 b	25.2 b	25.9 b	51.7	47.3	43.4	70.3	132.6	93.7	4.09	1.56	3.56
	2008	24.4 a	18.0 b	18.1 c	19.6 c	35.8	34.7	24.5	35.8	70.0	40.0	6.51	1.50	6.66
	2009	35.9 a	27.0 b	26.1 b	26.6 b	32.9	37.4	35.1	42.3	65.2	62.2	4.74	2.51	5.24
	2009	53.2 a	45.2 b	44.2 b	42.9 c	17.7	20.4	24.1	26.7	60.0	45.9	5.30	1.95	5.85
平均		37.4	29.9	30.6	31.2	26.3	22.8	20.1	40.7	70.4	44.7	5.32	1.42	6.01

注：同行不同小写字母表示处理间差异在 $P < 0.05$ 水平显著。

施用氮肥增产 11.4% ~ 51.7%, 平均为 26.3%, 每千克 N 增产马铃薯 26.0 ~ 70.3 kg, 平均为 40.7 kg; 施用磷肥增产 3.6% ~ 47.3%, 平均为 22.8%, 每千克 P₂O₅ 增产马铃薯 13.3 ~ 133.3 kg, 平均为 70.4 kg; 施用钾肥增产 2.3% ~ 43.4%, 平均为 20.1%, 每千克 K₂O 增产马铃薯 8.6 ~ 93.7 kg, 平均为 44.7 kg。施肥增产效果：氮肥>磷肥>钾肥。

生产单位产量马铃薯块茎需要吸收的养分量受土壤养分供应状况、栽培管理技术和气候条件等综合因素的影响其数值不是绝对稳定的而是相对的。试验研究表明, 生产 1 t 马铃薯吸收 N 4.04 ~ 7.58 kg, 平均为 5.32 kg; 吸收 P₂O₅ 0.94 ~ 2.51 kg, 平均为 1.42 kg; 吸收 K₂O 3.56 ~ 9.44 kg, 平均为 6.01 kg。

2.4 马铃薯养分吸收的增加量与施肥量的关系

多年多点试验结果表明, 马铃薯养分吸收的增加量(OPT 处理吸收量 - 缺素区吸收量, y)与施肥量(x)之间有较好的正相关性(图 2)。对于氮, 施氮区吸氮量与施氮(N)量的回归方程为: $y = 0.406x - 8.16$ $R^2 =$

0.831^{*}, 达显著水平, 施氮量每增加 N 1 kg/hm², 施氮区比缺氮区马铃薯吸氮量增加 N 0.41 kg/hm²。对于磷, 施磷区吸磷增量与施磷量(P₂O₅)的回归方程为: $y = 0.145x + 1.07$ $R^2 = 0.533^*$, 达显著水平, 每增施 P₂O₅ 1 kg/hm², 施磷区比缺磷区马铃薯吸收 P₂O₅ 增加 0.15 kg/hm²。对于钾, 施钾区吸钾增量与施 K₂O 量的回归方程为: $y = 0.606x - 13.12$ $R^2 = 0.818^*$, 达显著水平, 每增施 K₂O 1 kg/hm², 施钾区比缺钾区马铃薯吸收 K₂O 增加 0.61 kg/hm², 说明增施钾肥能够促进马铃薯对 K₂O 的吸收。分析表明, 施用氮磷钾肥能够促进马铃薯对氮磷钾的吸收, 吸收氮磷钾养分的增加量与施肥的肥料利用率基本相近。

2.5 马铃薯推荐施肥量的确定

农户对马铃薯施肥过量和不平衡现象比较普遍, 导致肥料利用率较低, 经济效益不高。本文通过多年多点田间试验研究已经取得了大量的推荐施肥参数, 可以采用基于作物产量反应和农学效率的推荐施肥方法^[19]进行马铃薯的施肥推荐。

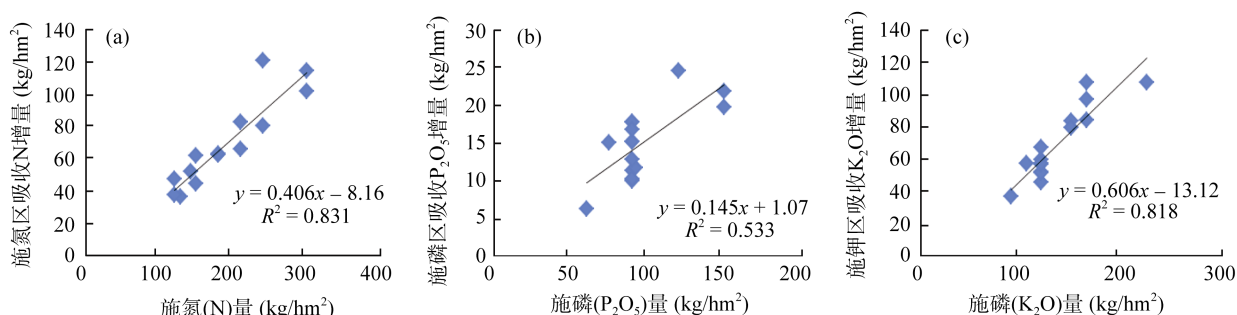


图 2 吸氮增加量与施氮量(a)、吸磷增加量与施磷量(b)和吸钾增加量与施钾量(c)之间的相关关系
Fig. 2 Relationship between uptake of N, P₂O₅ and K₂O with rate of N (left), P₂O₅ (middle) and K₂O (right) in 15 site-years

对于氮素养分推荐施肥,主要依据产量反应和农学效率,即施氮量 = 施氮的产量反应/氮素养学效率,施氮的产量反应由施氮和不施氮小区的产量差求得。通过本文相关参数可知,在内蒙古阴山北麓马铃薯种植区域平均氮素的推荐用量为 185 kg/hm²。

而对于磷、钾推荐,除考虑肥效外,要考虑土壤养分平衡,主要基于产量反应和一定目标产量下作物的移走量给出推荐施肥量(施磷或钾量 = 作物产量反应施磷或施钾量 + 目标产量收获物移走量)。通过本文相关参数可知,在内蒙古阴山北麓马铃薯种植区域如果目标产量 45 t/hm²,P₂O₅ 的推荐用量平均为:74 kg/hm²,K₂O 的推荐用量平均为:307 kg/hm²。

3 结论与讨论

马铃薯氮磷钾吸收累积量呈“Logistic”型生长曲线变化规律,即前期慢、中期快、后期又慢,吸收积累的高峰期在出苗后 60 天左右,之后积累量逐渐放缓,到收获时日积累量有小幅下降,特别是磷和钾的积累。出苗后 60 天是马铃薯水肥需要关键期,此时期保证水肥供应是获得高产的关键。

吸收的氮磷钾前期主要供给叶片等同化器官的生长发育,在收获时 70% 的氮素,近 80% 的 P₂O₅ 和 75% K₂O 转移到了块茎中。

马铃薯施用氮磷钾肥均有增产效果,分别增产 26.3%、22.8% 和 20.1%,施肥增产效果:氮肥>磷肥>钾肥。每千克 N、P₂O₅、K₂O 增产马铃薯 37.9 kg、65.6 kg 和 41.1 kg。施肥的养分利用率:N、P₂O₅ 和 K₂O 分别为 35.6%、14.9%、49.9%。生产 1 t 马铃薯吸收 N、P₂O₅、K₂O 分别为 5.56、1.48、6.21 kg。缺素区马铃薯吸收 N、P₂O₅、K₂O 养分量分别为 120.6、36.8、146.6 kg/hm²。

马铃薯可以采用基于作物产量反应和农学效率的推荐施肥方法进行施肥推荐。对于氮素养分推荐施肥,主要依据产量反应和农学效率。而对于磷、钾推

荐,除考虑肥效外,要考虑土壤养分平衡,主要基于产量反应和一定目标产量下作物的移走量给出推荐施肥量。

致谢:本项研究得到国际植物营养研究所(IPNI)中国项目部的大力支持,特别是李书田研究员从试验设计到分析总结等方面给予了指导和大力帮助,在此致谢!

参考文献:

- [1] 中国种植业信息网. 农作物数据库[OL]. [2011-5-20]. <http://zzys.agri.gov.cn/nongqing.aspx>
- [2] 门福义,刘梦芸. 马铃薯栽培生理[M]. 北京:中国农业出版社,1995:172-210
- [3] 黑龙江省农业科学院马铃薯研究所. 中国马铃薯栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,1994
- [4] 杨海鹰,云庭,段跃,杨慧民. 内蒙古马铃薯产业发展的思路与对策[J]. 内蒙古农业科技. 2001(1):30
- [5] 张宝林,高聚林,刘克礼,盛晋华. 马铃薯氮素的吸收、积累和分配规律[J]. 中国马铃薯,2003,17(4):193-198
- [6] 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
- [7] 刘克礼,张宝林,高聚林,盛晋华. 马铃薯钾素的吸收、积累和分配规律[J]. 中国马铃薯,2003,17(4):204-208
- [8] 高炳德. 马铃薯营养特性的研究[J]. 马铃薯,1984(4):3-14
- [9] 吴旭银,张淑霞,吴贺平,母景刚,刘淑军. 马铃薯(克新1号)地膜覆盖栽培氮磷钾的吸收特性[J]. 河北科技师范学院学报,2005,19(1):11-14
- [10] 张朝春,江荣风,张福锁,王兴仁. 氮磷钾肥对马铃薯营养状况及块茎产量的影响[J]. 中国农学通报,2005,21(9):279-283
- [11] 靳颖,肖继梅. 马铃薯平衡施肥试验初报[J]. 耕作与栽培,2003(1):59-60
- [12] 颜维根,刘裕岭. 马铃薯免耕优质高产高效栽培技术[J]. 上海农业科技,2005(1):71-72
- [13] 李功轶,吴凌娟,梁杰,张雅奎,董传民,白雅梅. 大兴安岭地区马铃薯测土配方施肥研究[J]. 中国马铃薯,2003,17(2):85-87
- [14] Patricia I, Bansal SK. Potassium and Integrated Nutrient Management in Potato[J]. Presented at the Global

- Conference on Potato 6-11 December, New Delhi, India, 1999
- [15] 段玉, 妥德宝. 内蒙古马铃薯最佳养分管理[M]. 呼和浩特: 内蒙古教育出版社, 2011
- [16] Portch S, Hunter A. Special Publication No.5[M]. PPI/PPIC China Program, 2005
- [17] 白由路, 杨丽萍, 金继运. 测土施肥原理与实践[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007
- [18] Robert M, Bryan H. Fertilizer management practices for potato production in the pacific northwest[OL]. [http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/e0f085ed5f091b1b85257900057902e/1510bfb2a4649f7c8525756f005899e9/\\$FILE/BMP_Potato.pdf](http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/e0f085ed5f091b1b85257900057902e/1510bfb2a4649f7c8525756f005899e9/$FILE/BMP_Potato.pdf)
- [19] 何萍, 金继运, Mirasol F, Adrian J. 基于作物产量反应和农学效率的推荐施肥方法[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(2): 499–505

Fertilization Effect and Nutrition Use Efficiency of Potato in Inner Mongolia

DUAN Yu, ZHANG Jun, LI Huan-chun, ZHAO Pei-yi, TUO De-bao, YAO Jun-qing, AN Hao, JIA You-yu
(*Institute of Resources Environment and Detection Technology, Inner Mongolia Academy of Agriculture & Animal Husbandry Sciences, Huhhot 010031, China*)

Abstract: In order to investigate the fertilization effect and the fertilizer use efficiency on the potato in Inner Mongolia, a field experiments were carried out in 2002—2011. The accumulated amount of N, P, and K by potato increased as an “S” curve and accumulated slowly in the early period, then fast in the middle stage, and slowly again in the end. The absorption peak occurred in about 60 days after emergence, so it’s the critical period to the potato growing. The nutrient of N, P, and K supplied leaf growth mainly in the early period and 70%–80% N and 80%–90% P_2O_5 and K_2O were transferred to the tuber in harvest day. The results showed that the potato yield was increased by 26.3%, 22.8% and 20.1% respectively, when N, P, and K fertilizer were used. Per kg N, P_2O_5 and K_2O increased potato tuber 40.7 kg, 70.4 kg and 44.7kg and their use efficiency were 35.9%, 15.6% and 50.4% respectively. 5.32 kg N, 1.42 kg P_2O_5 and 6.01 kg K_2O were needed to produce 1 t potato. The potato fertilizer could be recommended based on the output response and the efficiency of agriculture, especially for the nitrogen nutrient fertilization recommendation. The P and K can be recommended based on the output response and nutrient removal by a certain target yield of crops from the soil. So the soil nutrient balance should be considered besides the fertilizer effect in P and K fertilization recommendation.

Key words: Potato, NPK fertilizer, Nutrition pattern, Fertilizer recommendation