

基于“3414”模型对宁夏盐池县马铃薯 氮磷钾效应的研究

胡建军¹,温学飞²,张宏¹,张月琴¹,郭宝¹,赵秀玲¹

(¹盐池县农牧局农业技术推广服务中心,宁夏盐池 751500;²宁夏农林科学院荒漠化治理研究所,银川 750002)

摘要:研究旱地马铃薯的氮磷钾施肥技术,寻找马铃薯最佳施肥措施,建立回归数学方程,通过对方程的解析求得高效组合方案,为实现盐池县马铃薯生产中高产高效提供科学依据。2008年在盐池县具有代表性的土壤类型上进行了马铃薯“3414”试验,结果表明:所有施肥处理均比不施肥处理有增产,最高为处理9为6125.88 kg/hm²,其次为处理13为6121.77 kg/hm²,最低为处理2为179.19 kg/hm²。试验地的地力贡献率为45.86%,说明土壤属于下等肥力,施肥增产效应明显。缺氮区、缺磷区、缺钾区相对产量分别为47.84%、57.83%、86.02%,试验地种植马铃薯氮、磷肥缺失影响比钾肥大一些。根据盐池县旱地马铃薯生产状况,在18套方案中,马铃薯产量大于8000 kg/hm²的农艺措施为:氮肥116.15~183.85 kg/hm²;磷肥60.70~89.30 kg/hm²;钾肥30.56~56.94 kg/hm²。

关键词:马铃薯;肥料效应;测土配方;最佳施肥量

中图分类号:S14-33

文献标志码:A

论文编号:2010-3549

Study on the Effects of “3414” Model on Nitrogen Phosphorus and Potassium of Potato in Yanchi County

Hu Jianjun¹, Wen Xuefei², Zhang Hong¹, Zhang Yueqin¹, Guo Bao¹, Zhao Xiuling¹

(¹Technology Extension and Service Center, Yanchi Agro-pastoral Bureau, Ningxia, Yanchi Ningxia 751500;

²Institute of Desertification Control, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002)

Abstract: Study the fertilizer technology of NPK on potato in dry land in order to find the best fertilizer technology and establish the regression equation. Obtain the high efficiency program by analysis the equation, which can provide the scientific evidence for high and stable yield on potato in Yanchi County. An “3414” experiment of potato was arrangemented on representative soil type in Yanchi County. The result showed that all fertilization treatments increased the yield of potato. The highest yield was treatment 9 (6125.88 kg/hm²), followed by treatment 13 (6121.77 kg/hm²), the lowest was treatment 2 (179.19 kg/hm²). The contribution of testland capability was 45.86%, it explained that the soil fertility was lower and fertilization has significant effect on yield of potato. The relative yield of nitrogen deficiency area, phosphorus deficiency area and potassium deficiency areas were 47.84%, 57.83%, 86.02%. It showed that the effect of nitrogen and phosphorus deficiency on potato cultivation was obvious. According to potato yield conditions in dryland, when potato yield more than 8000 kg/hm², the agronomic measures was N 116.15–183.85 kg/hm²; P 60.70–89.30 kg/hm²; K 30.56–56.94 kg/hm².

Key words: potato; fertilizer effect; soil testing and fertilizer recommendation; optimum amount of fertilization

基金项目:农业部测土配方施肥补贴项目。

第一作者简介:胡建军,男,1969年出生,宁夏盐池人,高级农艺师,本科,主要从事生态农业研究与示范推广等工作。通信地址:751500 宁夏盐池县农牧局技术农业推广服务中心, Tel: 0953-6025208, E-mail: zfd1118@sina.com。

通讯作者:温学飞,男,1972年出生,宁夏盐池人,助理研究员,学士,主要从事干旱区农业研究。通信地址:750001 宁夏银川市黄河东路590号宁夏农林科学院荒漠化治理研究所, Tel: 0951-6886843, E-mail: wenzuefei1973@126.com。

收稿日期:2010-12-09,修回日期:2011-03-10。

0 引言

马铃薯是盐池县的主要农作物之一,常年播种面积 1.05 万 hm^2 ,占全年粮食播种面积的 11.52%。由于长期以来盐池县马铃薯施肥水平低、施肥结构不合理的现状,严重影响了马铃薯产量的提高。因此,应根据马铃薯生长发育规律和养分需求特点以及土壤特性和养分供应能力,采用科学的施肥方法,才是获得优质、高产的重要技术措施^[1]。李大森^[2]查阅资料表明,马铃薯对 N、 P_2O_5 、 K_2O 的吸收利用比例为 1:0.5:2.12。据中国农业科学院作物育种栽培研究所报道,每生产 5000 kg 的马铃薯需要氮 22.2 kg、磷 10.1 kg、钾 50.8 kg,折合 N、P、K 比为 1:0.45:2.29。孙彦良报道^[3]‘克新 13 号’深施底肥以 N、P、K 比 2:1:1 为宜。张国军^[4]报道,在陇中半干旱区旱地马铃薯最佳的施肥量为 N 200 kg/hm^2 、 P_2O_5 300 kg/hm^2 和 K_2O 150 kg/hm^2 ,3 种肥料需要量的养分配比为 N: P_2O_5 : K_2O =100:150:75。左明玉^[5]报道,以施尿素 210 kg/hm^2 、普钙 216 kg/hm^2 、硫酸钾 795 kg/hm^2 为最佳,产量达 26094 kg/hm^2 。在马铃薯生长发育过程中矿质元素通过参与同化物的合成、转运和分配过程,对马铃薯的生长发育及产形成有着重要作用^[6],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,各地肥施用和施肥配比存在很大差异^[7]。盐池县 2008 年被列为测土配方施肥项目启动县,为了提高单产,探索马铃薯高产措施,按照农业部 2008 年《测土配方施肥项目的技术规范》以及宁夏农技推广总站《2008 年全区测土配方施肥田间试验方案》的有关规定,以土壤条件的生产现状为依据,通过田间试验,进一步研究盐池县马铃薯栽培的最佳施肥量、最佳施肥配比等,同时达到提高肥料利用率、增加经济效益的目的,为科学施肥提供依据^[8]。

1 材料与方法

1.1 试验时间、地点

研究田间试验于 2008 年在盐池县王乐井乡孙家楼村进行,土壤类型为灰钙土,共取土样 7 个,取土深度 20 cm, pH 9.1~9.9,全盐 0.34 g/kg,有机质 8.4 g/kg,全氮 0.59 g/kg,水解氮 41.7 mg/kg,有效磷 5.6 mg/kg,速效钾 141.4 mg/kg。

1.2 试验材料

马铃薯,选用脱毒‘陇薯三号’。氮肥选用尿素(宁夏中石化,含氮量 46%);磷肥选用重钙(云南昆明, P_2O_5 46%);钾肥选用硫酸钾(俄罗斯, K_2SO_4 50%)。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 试验设 3 个因素(氮、磷、钾)、4 个水平、14 个处理,小区随机排列,不设重复^[9],具体各小区

表 1 马铃薯“3414”试验各处理及施肥量 kg/hm^2

处理	处理	N	P_2O_5	K_2O
1	$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	0	0	0
2	$\text{N}_0\text{P}_2\text{K}_2$	0	75	75
3	$\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_2$	75	75	75
4	$\text{N}_2\text{P}_0\text{K}_2$	150	0	75
5	$\text{N}_2\text{P}_1\text{K}_2$	150	37.5	75
6	$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$	150	75	75
7	$\text{N}_2\text{P}_3\text{K}_2$	150	112.5	75
8	$\text{N}_2\text{P}_3\text{K}_0$	150	75	0
9	$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$	150	75	37.5
10	$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_3$	150	75	112.5
11	$\text{N}_3\text{P}_2\text{K}_2$	225	75	75
12	$\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_2$	75	37.5	75
13	$\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_1$	75	75	37.5
14	$\text{N}_2\text{P}_1\text{K}_1$	150	37.5	37.5

施肥量见表 1。试验肥料设计选择西吉、海原、原州区中产田方案。

试验马铃薯种植规格及密度。先点播后覆膜。行距 30 cm,株距 27 cm,播深 5 cm,每公顷种植 8.2 万株。每小区 90 m^2 (长 10 m、宽 9 m),小区间距 60 cm,区组间距 50 cm。2008 年 5 月 27 日施肥,氮肥 70%作底肥施用,拔节期追施 30%。磷、钾肥全作底肥施用 6 月 14 日播种;7 月 5 日中耕除草 1 次;10 月 15 日收获。

1.3.2 统计分析 数据处理分析采用 Excel,数学模型处理采用 DPS 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对马铃薯增产及增收的影响

所有施肥处理均比不施肥处理有增产^[10](表 2),最高为处理 9 为 6125.88 kg/hm^2 ,其次为处理 13 为 6121.77 kg/hm^2 ,最低为处理 2 为 179.19 kg/hm^2 。增收情况从 2008 年的当年肥料价格以及马铃薯价格来看(表 2),以处理 9($\text{N}_2\text{P}_1\text{K}_1$)最高 5418.67 元/ hm^2 ,较不施肥增产 2721.82 元/ hm^2 ;其次为处理 14($\text{N}_2\text{P}_1\text{K}_1$)5371.90 元/ hm^2 ,较不施肥增产 2675.05 元/ hm^2 ;最差为处理 2($\text{N}_0\text{P}_2\text{K}_2$)为 1943.32 元,较不施肥少收入 753.53 元。其他依次为处理 13(5731.00 元/ hm^2)>处理 11(4687.63 元/ hm^2)>处理 6(4380.17 元/ hm^2)>处理 8(4038.17 元/ hm^2)>处理 5(3877.65 元/ hm^2)>处理 12(3761.47 元/ hm^2)>处理 7(3704.04 元/ hm^2)>处理 3(2833.16 元/ hm^2)。其他 3 项都低于不施肥均收入。

2.2 缺肥对马铃薯产量的影响

处理 1 ($\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$)、2 ($\text{N}_0\text{P}_2\text{K}_2$)、4 ($\text{N}_2\text{P}_0\text{K}_2$)、6

表2 不同施肥处理马铃薯增产及增收

处理	产量 (kg/hm ²)	较不施肥增产 (kg/hm ²)	增产率 /%	产值 (元/hm ²)	化肥成本 (元/hm ²)	收入 (元/hm ²)	较不施肥增收 (元/hm ²)
1	4149.00	0.0	0.00	2696.85	0.00	2696.85	0.00
2	4328.19	179.19	4.32	2813.32	870.00	1943.32	-753.53
3	6181.78	2032.78	48.99	4018.16	1185.00	2833.16	136.31
4	5231.61	1082.61	26.09	3400.55	1110.00	2290.55	-406.30
5	7973.31	3824.31	92.17	5182.65	1305.00	3877.65	1180.80
6	9046.42	4897.42	118.04	5880.17	1500.00	4380.17	1683.32
7	8306.22	4157.22	100.20	5399.04	1695.00	3704.04	1007.19
8	7781.79	3632.79	87.56	5058.16	1020.00	4038.16	1341.31
9	10274.88	6125.88	147.65	6678.67	1260.00	5418.67	2721.82
10	5797.09	1648.09	39.72	3768.11	1740.00	2028.11	-668.74
11	10004.04	5855.04	141.12	6502.63	1815.00	4687.63	1990.78
12	7309.96	3160.96	76.19	4751.47	990.00	3761.47	1064.62
13	10270.77	6121.77	147.55	6676.00	945.00	5731.00	3034.15
14	9902.93	5753.93	138.68	6436.90	1065.00	5371.90	2675.05

注:马铃薯 0.65 元/kg, N 为 4.30 元/kg, P₂O₅ 为 5.20 元/kg, K₂O 为 6.40 元/kg。

(N₂P₂K₂)、8(N₂P₂K₀)分别是无肥区、缺氮区、缺磷区、最佳施肥量区、缺钾区。通过表2数据可算出该地块的地力贡献率为45.86%,说明土壤属于下等肥力,施肥增产效应明显^[11]。缺氮区、缺磷区、缺钾区相对产量分别为:47.84%、57.83%、86.02%,该地块种植马铃薯氮、磷肥缺失影响比钾肥大一些^[12-13]。

2.3 N、P、K肥的增产效应

对表2中各处理的施肥量及产量数据进行分析^[14],用处理6(全肥区)的产量分别与处理2(无N区)、处理4(无P区)、处理8(无K区)进行比较,分别得出氮、磷、钾肥在玉米上的增产效应(表3)。表3结果显示,增产效果居首位的为氮肥,施用纯N 150 kg/hm²的增产效应达到4718.23 kg/hm²,增产率在109.01%;磷肥的增产幅度次之,施用纯P₂O₅ 75 kg/hm²的增产效应达到3814.81 kg/hm²,增产率72.92%;施用纯K₂O 75 kg/hm²的增产效应为1264.63 kg/hm²,增产率16.25%^[15]。从单位养分的增产效果(表3)看,每1 kg氮素(N)的增产效果为32.65 kg;每1 kg磷(P₂O₅)素的增产效果为50.86 kg;每1 kg钾(K₂O)素的增产效果最低为16.86 kg。

2.4 肥料效应模型的建立

考虑到多因素试验中各因素的效应存在差异,在参与试验的因子中,可能有些因子的效应并不显著^[16]。因此,可利用DPS软件“试验统计→试验优化分析→3414试验设计统计分析”,对马铃薯“3414”试验结果进行肥料效应回归模型模拟^[17]。最后得到产量与肥料之间的数学模型:

$$y=4302.8272 + 13.3161N + 110.4459P + 35.6348K - 0.1190N^2 - 0.8014P^2 - 1.1138K^2 + 0.0566NP + 0.4700NK - 0.0577PK$$

复相关系数R=0.9713,决定系数R²=0.9435,F值=7.4178,Df=(9,4),P值=0.0346,剩余标准差SSE=933.8029,调整相关系数Ra=0.9035,调整决定系数Ra²=0.8163,差异显著。说明参加试验的14种处理在产量差异上极显著,N、P、K不同用量的配合施用对马铃薯有显著的增产效果^[18]。

2.4.1 单因子效应分析 由主效应模式得出各因子不同水平下的产量情况。当某2个因子为零水平时,得到以下3个单因子效应模型:

表3 N、P、K肥料在马铃薯上的增产效应

处理组	氮肥增产效应					磷肥增产效应				钾肥增产效应			
	6	2				4				8			
项目	产量 (kg/hm ²)	产量 (kg/hm ²)	增产量 (kg/hm ²)	增产 /%	单位养分增产 (kg/kg)	产量 (kg/hm ²)	增产量 (kg/hm ²)	增产 /%	单位养分增产 (kg/kg)	产量 (kg/hm ²)	增产量 (kg/hm ²)	增产 /%	单位养分增产 (kg/kg)
数值	9046.42	4328.19	4718.23	118.04	32.65	5231.61	3814.81	72.92	50.86	7781.79	1264.63	16.25	16.86

$$y=4302.8272+13.3161N-0.1190N^2$$

$$y=4302.8272+110.4459P-0.8014P^2$$

$$y=4302.8272+35.6348K-1.1138K^2$$

从回归方程可以看出,二次项系数均小于0,抛物线向下符合生物学规律,回归模型真实性。从一次项系数看,产量的影响从大到小的顺序是P>K>N;从二次项看,其绝对值K>P>N^[13]。氮、磷、钾肥用量均表现为:随着施肥量增加,产量有增加随后又下降。N肥施肥量为55.95 kg/hm²时产量最大,为4675.34 kg/hm²;P肥施肥量为68.91 kg/hm²时产量最大,为8108.14 kg/hm²;K肥施肥量为16.00 kg/hm²时产量最大,为

4587.85 kg/hm²。从最大产量系数上来看,钾肥施肥量多少,对产量影响小于氮肥和磷肥。结合缺N、P、K的相对产量可以看出,磷肥是马铃薯生产的重点控制因子,其次是氮肥,最后为钾肥。

2.4.2 双因子互作效应分析

(1)NP互作效应分析。

$$y=4302.8272 + 13.3161N + 110.4459P-0.1190N^2 -0.8014P^2+0.0566NP$$

表4中数据说明,在低N量及高N量下,产量随P肥增加马铃薯产量先增加后下降;在施肥量56.25~93.75 kg/hm²之间产量最高,在同一施P水平下,施N

表4 NP交互作用对马铃薯产量的影响

kg/hm²

N施肥水平	P施肥水平								CV/%	平均
	0	18.75	37.5	56.25	75.0	93.75	112.5	131.25		
0	4302.83	6091.95	7317.58	7979.73	8078.39	7613.58	6585.27	4993.48	21.17	6620.35
25	4561.35	6377.00	7629.17	8317.85	8443.05	8004.76	7002.99	5437.73	20.28	6971.74
50	4671.13	6513.31	7792.01	8507.22	8658.95	8247.19	7271.95	5733.23	19.92	7174.37
75	4632.16	6500.87	7806.10	8547.84	8726.10	8340.88	7392.17	5879.97	20.03	7228.26
100	4444.44	6339.68	7671.44	8439.71	8644.50	8285.81	7363.63	5877.97	20.59	7133.40
125	4107.96	6029.74	7388.03	8182.84	8414.16	8081.99	7186.35	5727.22	21.66	6889.79
150	3622.74	5571.05	6955.87	7777.21	8035.06	7729.43	6860.31	5427.71	23.36	6497.42
175	2988.77	4963.61	6374.96	7222.83	7507.21	7228.11	6385.53	4979.46	25.96	5956.31
CV/%	14.08	8.88	6.67	5.55	5.00	4.89	5.30	6.62		
平均	4166.42	6048.40	7366.89	8121.90	8313.43	7941.47	7006.03	5507.10		

对马铃薯产量的影响相对稳定,变异系数在4.89%~14.08%。在低P和高P条件下,产量随N肥的增加马铃薯产量先增加后减少,在施肥量50~100 kg/hm²之间产量最高;在同一施N水平下,施P对马铃薯产量的影响相对稳定,变异系数在19.92%~25.96%。通过表4可以看出说明氮肥与磷肥对马铃薯产量而言存在一定的施肥区间^[8],合理配合后可以增加马铃薯产量,施氮和施磷互作的最佳区域施用量为:施N 25~100 kg/hm²,施P 56.25~93.75 kg/hm²,可获得8000 kg/hm²以上的产量。

(2)NK互作效应分析。

$$y=4302.8272 + 13.3161N + 35.6348K-0.1190N^2 -1.1138K^2+0.4700NK$$

表5中数据说明:在低N量及高N量下,马铃薯产量随K肥先增加后下降,在施肥量33~55 kg/hm²之间马铃薯产量最高;在同一施K水平下,施N对马铃薯产量的影响相对较大,变异系数在8.03%~51.65%。在低K和高K条件下,产量随N肥的增加马铃薯产量先增加后减少,在施肥量75~150 kg/hm²之间马铃薯产量最高;在同一施N水平下,施K对马铃薯产量的影响相对较大,变异系数为12.64%~45.33%。从表中可以看出施N和施K互作马铃薯产量低于6100 kg/hm²左右,也

表5 NK交互作用对马铃薯产量的影响

kg/hm²

N施肥水平	K施肥水平								CV/%	平均
	0	11	22	33	44	55	66	77		
0	4302.83	4560.04	4547.71	4265.85	3714.44	2893.50	1803.01	442.99	45.33	3316.30
25	4561.35	4947.82	5064.74	4912.12	4489.97	3798.27	2837.04	1606.26	30.46	4027.20
50	4671.13	5186.85	5433.02	5409.65	5116.75	4554.30	3722.32	2620.79	21.25	4589.35
75	4632.16	5277.12	5652.55	5758.43	5594.77	5161.58	4458.84	3486.57	15.44	5002.75

续表5

N 施肥水平	K 施肥水平								CV/%	平均
	0	11	22	33	44	55	66	77		
100	4444.44	5218.65	5723.32	5958.46	5924.05	5620.11	5046.62	4203.60	12.64	5267.41
125	4107.96	5011.43	5645.35	6009.73	6104.58	5929.88	5485.65	4771.87	13.00	5383.31
150	3622.74	4655.46	5418.63	5912.26	6136.36	6090.91	5775.93	5191.40	16.05	5350.46
175	2988.77	4150.73	5043.16	5666.04	6019.38	6103.19	5917.45	5462.18	21.06	5168.86
CV/%	14.08	8.03	7.59	11.13	16.43	23.53	33.90	51.65		
平均	4166.42	4876.01	5316.06	5486.57	5387.54	5018.97	4380.86	3473.21		

反映出 NK 交互作用低于 NP 交互作用。

(3)PK 互作效应分析。

$$y=4302.8272 + 110.4459P + 35.6348K-0.8014P^2 -1.1138K^2-0.0577PK$$

表6中数据说明,在低P量及高P量下,马铃薯产量随K肥增加先增加后下降,在施K肥量11~22 kg/hm²之间马铃薯产量最高,在同一施K水平下,施P对马铃薯产量的影响相对较大,变异系数在20.18%~54.96%。在低K和高K条件下,产量随P肥的增加马铃薯先增加后减少,在施肥量33~55 kg/hm²之间马铃薯产量最高;在同一施P水平下,施K对马铃薯产量的影响的变异系数为23.04%~45.46%。合理配合后可以增加马铃薯产量,施P和施K互作的最佳区域施用量为:施P 56.25~75.0 kg/hm²,施K 11~33 kg/hm²,可获得8000 kg/hm²以上的产量。

2.4.3 产量模型的优化 根据“3414”试验,共有4³=64方案。其中,根据肥料效应模型,采用数学求导的方法计算出马铃薯氮、磷、钾肥的最高产量施肥量和最佳施肥量^[9]。结果表明:马铃薯最高产量10403.09 kg/hm²时,施氮(N)量为173.40 kg/hm²,施磷量(P)为

73.20 kg/hm²,施钾量(K)为50.68 kg/hm²。马铃薯产值最大时为5529.25元/hm²时,施氮(N)量为109.78 kg/hm²,施磷量(P)为66.51 kg/hm²,施钾量(K)为33.01 kg/hm²。

产量模型优化寻优,产量大于8000 kg/hm²的方案有18套,大于5000 kg/hm²,小于8000 kg/hm²的有22套。根据盐池县旱地马铃薯生产状况,选择产量大于8000 kg/hm²为优域,在18套方案中,肥料试验编码取值频率分布情况见表7。频率分析表明,在本试验条件下,马铃薯产量大于8000 kg/hm²的农艺措施为:氮肥116.15~183.85 kg/hm²、磷肥60.70~89.30 kg/hm²、钾肥30.56~56.94 kg/hm²。氮磷钾肥施肥量以4:2:1较为合适。

3 结论

试验地的地力贡献率为45.86%,说明土壤属于下等肥力,施肥增产效应明显。缺氮区、缺磷区、缺钾区相对产量分别为47.84%、57.83%、86.02%,该地块种植马铃薯氮、磷肥缺失影响比钾肥大一些。产量的影响从大到小的顺序是P>K>N;从二次项看,其绝对值K>P>N。交互作用影响马铃薯产量大小的为NP>PK>NK。根据盐池县旱地马铃薯生产状况,马铃薯

表6 PK 交互作用对马铃薯产量的影响

P 施肥水平	K 施肥水平								CV/%	平均
	0	11	22	33	44	55	66	77		
0	4302.83	4560.04	4547.71	4265.85	3714.44	2893.50	1803.01	442.99	45.33	3316.30
18.75	6358.66	6603.97	6579.75	6285.98	5722.67	4889.83	3787.44	2415.52	28.70	5330.48
37.5	7317.58	7550.99	7514.86	7209.20	6633.99	5789.24	4674.96	3291.13	24.90	6247.74
56.25	7979.73	8201.24	8153.21	7835.64	7248.54	6391.89	5265.70	3869.98	23.04	6868.24
75	8078.39	8288.01	8228.08	7898.61	7299.60	6431.05	5292.96	3885.34	23.23	6925.25
93.75	7613.58	7811.29	7739.46	7398.09	6787.18	5906.73	4756.74	3337.21	25.48	6418.78
112.5	6585.27	6771.08	6687.35	6334.08	5711.27	4818.92	3657.03	2225.61	31.08	5348.83
131.25	4993.48	5167.39	5071.76	4706.59	4071.88	3167.63	1993.84	550.51	45.46	3715.39
CV/%	20.89	20.18	20.29	21.26	23.36	27.33	35.23	54.96		
平均	6653.69	6869.25	6815.27	6491.75	5898.70	5036.10	3903.96	2502.28		

表7 马铃薯肥料试验频率分析

因素水平	施N		施P		施K	
	次数/次	频率/%	次数/次	频率/%	次数/次	频率/%
0	1	5.56	0	0.00	3	16.67
1	4	22.22	5	27.78	9	50.00
2	7	38.89	8	44.44	6	33.33
3	6	33.33	5	27.78	0	0.00
Σ	18	100.00	18	100.00	18	100.00
X_i	2.000		2.000		1.167	
S_{N_i}	45.37		38.35		60.61	
95%置信区间	1.5487~2.4513		1.6186~2.3814		0.8150~1.5183	
农艺措施	116.15~183.85		60.70~89.30		30.56~56.94	

产量大于 8000 kg/hm² 的农艺措施为: 氮肥 116.15~183.85 kg/hm², 磷肥 60.70~89.30 kg/hm², 钾肥 30.56~56.94 kg/hm²。

测土配方施肥是测定土壤养含量后确定产量进行施肥, 具有一定的科学依据^[20]。试验肥料设计选择西吉、海原、原州区中产田方案, 施肥料配比为 2:1:1。盐池县与西吉、海原、原州区土壤性质存在一定的差异, 试验表明, 在盐池县王乐井乡孙家楼村, 氮磷钾肥施肥量以 4:2:1 较为合适。对盐池县马铃薯施肥具有一定的参考和推广应用价值。

4 讨论

马铃薯对氮磷钾的需求同等重要, 在产量形成过程中, 氮素供应是基础, 可保证形成足够的绿叶面积进行光合作用; 磷素的供应对块茎的形成和淀粉的积累也是不可缺少的; 在氮磷充足的基础上, 钾素的供应对于前期碳水化合物同化和后期由地上向地下块茎的运输和淀粉积累都很必要。试验表明, 马铃薯测土施肥技术的应用, 可大幅度提高养分的利用效率, 有极大的增产增收效益。由于中国幅员辽阔, 地貌地形及农业气候复杂, 各地在马铃薯的栽培制度、品种类型也存在差异, 所要求的氮磷钾配比也有所不同。在农业生产中实际施肥决策时, 既要考虑到土壤养分库对马铃薯养分需求的供应, 又要考虑到土壤对氮磷钾的供应水平是不相同的, 在土壤供应的基础上分别推荐氮磷钾肥的施用量。如, 南方土壤有效钾含量低, 应普遍注意增施钾肥, 做好氮磷钾配合的平衡施肥; 北方土壤有效钾含量比南方高, 粮食作物钾肥的施用不普遍。因此, 对于宁夏盐池县干旱区马铃薯氮磷钾施肥, 在摸清土壤养分状况的前提下, 适当减少钾肥的施用, 增加氮肥和磷肥的投入。

由于试验只进行一年, 且在马铃薯生育前期、中期严重干旱的影响, 产量及一些性状表现可能失真, 这有待于进一步试验。因此, 为了评价正确, 继续试验, 深入研究, 确定马铃薯的最佳配合施肥方案, 逐步建立一套适合于不同生产条件的土壤测试与营养调控推荐施肥技术体系——马铃薯优化推荐施肥技术体系, 同时与综合技术措施相配套, 在选择良种、适当播期、搞好防治病虫害与杂草等田间管理, 确保马铃薯高产、稳产^[4]。

参考文献

- [1] 张永成, 纳添仓, 阮建平, 等. 马铃薯高产施肥措施研究[J]. 中国马铃薯, 2001, 15(5): 274-277.
- [2] 李大森. 三峡库区兴山县开发无公害马铃薯的探讨[J]. 农业环境与发, 1999, (1): 46-48.
- [3] 孙彦良. 优质马铃薯—克新 13 号[J]. 中国农技推广, 2000(3): 34.
- [4] 张国君, 高世铭, 张朝巍, 等. 陇中半干旱区旱地马铃薯平衡施肥效应研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(6): 1724-1725.
- [5] 左明玉, 王让彬. 中高山春作区马铃薯施肥模式研究[J]. 农技服务, 2008, 25(11): 62-63.
- [6] 王栓全, 张成娥, 邓西平. 陕北新修梯田马铃薯高产栽培技术研究[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(1): 60-64.
- [7] 崔云玲, 郭天文, 王成宝. 马铃薯平衡施肥及钾肥效应研究[J]. 中国马铃薯, 2006(6): 34-38.
- [8] 王峰, 王顺霞, 王占军, 等. 不同施肥水平与组合对玉米生产性能的影响研究[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(4): 167-171.
- [9] 张淑秀. 宁夏中部干旱区马铃薯土壤养分丰缺试验报告[J]. 农业科技与信息, 2009(23): 34-34.
- [10] 杨斌, 黄建开. 册亨县玉米“3414”测土配方施肥田间肥效试验[J]. 现代农业科技, 2010(1): 5-71.
- [11] 陈金英. 甘薯 3414 肥料效应田间试验[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(15).
- [12] 卓旭升. 基于“3414”试验模型的沿海砂质土壤马铃薯氮、磷、钾效

- 应研究[J].江西农业学报,2010,22(7):84-86.
- [13] 阿尔孜古力·热合甫,节米拉·吉力力,艾米拉汗·阿不都热依木,等.玉米3414试验总结[J].新疆农业科学,2007,44(Z1):105-107.
- [14] 阿吉·买买提.喀什市玉米“3414”肥效试验总结[J].新疆农业科技,2010(4):48.
- [15] 朱能宏,万永全,何艳琼,等.泸西县玉米测土配方施肥“3414”试验初报[J].云南农业科技,2009(Z1).
- [16] 高惠璇.应用多元统计分析[M].北京:北京大学出版社,2005:105-118.
- [17] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其DPS数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002:78-90.
- [18] 王峰,温学飞,马明,等.宁南扬黄灌区最优混合施肥对苜蓿鲜草产量的影响[J].干旱地区农业研究,2006,24(5):50-54.
- [19] 高时凤.油菜“3414”肥效试验分析研究[J].安徽农学通报,2010,16(15):137-138.
- [20] 邓杰.武山县南部阴湿区马铃薯“3414”肥料试验报告[J].现代农业,2010(4):20-21.