植物营养与肥料学报 2013,19(2):471 -479
Plant Nutrition and Fertilizer Science doi: 10.11674/zwyf.2013.0225

陕西省马铃薯施肥现状评价

王小英[1], 同延安[1*], 刘 芬[1], 赵佐平[1,2]
(1 西北农林科技大学资源环境学院,陕西杨凌 712100; 2 陕西理工学院,陕西汉中 723001)

摘要: 为了解陕西省马铃薯施肥现状及农户养分资源投入中存在的问题,提出解决问题的对策。对测土配方施肥项目2006～2009年的14个县1890户调查数据进行了分析和评价。结果表明,陕北高原和陕南秦巴山区平均产量分别为23.0 t/hm^2 和15.4 t/hm^2,全省平均22.3 t/hm^2。有机肥施用农户分别占到99.0%和60.6%,全省平均95.4%。全省化肥氮(N)、磷(P_2O_5)和钾(K_2O)投入量分别为155、78和13 kg/hm^2,其投入均表现出报酬递减趋势。与养分分级等级相比,陕北高原和陕南秦巴山区化学氮肥施用量合理的农户分别占43.0%和4.0%,全省平均39.4%;过量施肥的农户分别占24.5%和50.3%,全省平均26.9%。磷肥施用量合理的农户分别占64.6%和16.0%,全省平均60.1%;过量施肥的农户分别占21.9%和56.0%,全省平均25.0%。钾肥施用量不足农户分别占96.9%和93.1%,全省平均96.6%。陕西省农户马铃薯施肥存在问题主要包括氮肥和磷肥投入过量和不足并存,钾肥和有机肥投入不足。今后陕西省马铃薯施肥的重点为平衡氮肥和磷肥用量,增加钾肥和有机肥用量,增加追肥的施用,尤其是陕南秦巴山区。

关键词: 陕西省; 马铃薯; 施肥; 评价
中图分类号: S532.062 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-505X(2013)02-0471-09

Comments on the situation of fertilization on potato in Shaanxi province

WANG Xiao-ying[1], TONG Yan-an[1*], LIU Fen[1], ZHAO Zuo-ping[1,2]
(*1 College of Resources and Environmental Sciences, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;*
2 Shaanxi University of Technology, Hanzhong, Shaanxi 723001, China)

Abstract: In order to understand the current situation of fertilizer application and nutrients resource input problems of farmers on potato in Shaanxi province and to put forward countermeasures to solve the problems, the household survey data of the project of soil testing and formulated fertilization from 2006 to 2009 were analyzed and evaluated. There were totally 14 counties and 1890 households for the survey. The results show that in Loess plateau area of northern Shaanxi and Qin-ba mountain area of southern Shaanxi, the yields of potato are 23.0 t/ha and 15.4 t/ha, and the average yield of the whole province is 22.3 t/ha. The ratios of households of using organic manure are 99.0% and 60.6% respectively, and the average of the whole province is 95.4%. The rates of chemical fertilizer N, P_2O_5 and K_2O are 155, 78 and 13 kg/ha respectively in the whole province, which shows diminishing returns trends. Compared with the rational fertilizer rates, in Loess plateau area of northern Shaanxi and Qin-ba mountain area of southern Shaanxi, for chemical N application, 43.0% and 4.0% are rational respectively, the average of the whole province is 39.4%; 24.5% and 50.3% are excessive respectively, the average of the whole province is 26.9%. For chemical P_2O_5 application, 64.6% and 16.0% are rational respectively, the average of the whole province is 60.1%; 21.9% and 56.0% are excessive respectively, the average of the whole province is 25.0%. For chemical K_2O application, 96.9% and 93.1% are insufficient respectively, the average of the whole province is 96.6%. The current situation of household fertilization on potato in Shaanxi province is that the nitrogen and phosphate fertilizer inputs are both excessive and insufficient, and the potassium fertilizer and organic manure

收稿日期: 2012-07-01 **接受日期:** 2012-09-06
基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201103003); 国际植物营养研究所(IPNI)项目资助。
作者简介: 王小英(1985—),女,陕西榆林人,博士研究生,主要从事施肥与环境研究。Tel: 029-87080045,
E-mail: xiaoying_shezhang@126.com。*通信作者 Tel: 029-87081213, E-mail: tongyanan@nwsuaf.edu.cn

inputs are both insufficient. Therefore, the reasonable application of nitrogen and phosphate fertilizer, increasing potassium fertilizer and organic manure inputs and increasing top dressing fertilizers, especially in Qin-Ba mountain area of southern Shaanxi are all should be concerned for households in Shaanxi province.

Key words: Shaanxi province; potato; fertilization; evaluation

马铃薯分布广、适应性强、产量高、营养丰富，有宜粮、宜菜、宜饲、宜作工业原料等多种用途[1]。目前，我国马铃薯种植面积已达508多万公顷[2]，是世界第一大马铃薯生产国。陕西省是马铃薯主产省份之一，播种面积和总产量均居全国第八位[2]。且马铃薯是陕西第三大种植作物，常年种植面积26.7万公顷左右，仅次于小麦和玉米。陕北是全国马铃薯五大优势区之一，陕南有近似于马铃薯原产地的生态条件[3]。农田施肥是保持土壤肥力和增加作物产量的重要环节之一[4-5]，因此，调查与研究全省马铃薯施肥状况对马铃薯生产具有重要意义。关于陕西省马铃薯施肥的研究已有很多报道[6-12]，但基于区域尺度农户施肥状况及存在问题的研究甚少，只有王圣瑞[13]对上世纪末陕西省马铃薯施肥状况进行了评价，然而进入新世纪以来全省尺度上马铃薯施肥状况及评价未曾报道。此文利用陕西省测土配方施肥项目县2006～2009年的马铃薯农户施肥调查数据，对全省马铃薯施肥状况进行了分析和评价，寻求农户施肥中存在的问题，提出解决的对策。

1 材料与方法

1.1 数据来源

数据来源于2006～2009年陕西省14个测土配方施肥项目县的马铃薯施肥调查信息。各项目县每年选取具有代表性的自然村，由农技推广人员随机选取农户进行调查，调查内容主要包括：作物品种、作物产量、肥料品种、施肥量、施肥时期等，共得到有效调查户数1890户。全省马铃薯主要分布在陕北和陕南，而自然条件介于陕北、陕南之间的关中地区仅有零星种植，因此本文以陕北高原和陕南秦巴山区为代表研究全省情况。具体调查地点分布及样本数见表1。

表1 调查地点分布及样本数

Table 1 Sites and number of the samples investigated in the study

区域 Region	县(区) County	样本数(No.) No. of samples
陕北高原 Loess plateau area of northern Shaanxi	安塞县 Ansai county，宝塔区 Baota district，定边县 Dingbian county，横山县 Hengshan county，靖边县 Jingbian county，榆阳区 Yuyang district	1715
陕南秦巴山区 Qin-ba mountain area of southern Shaanxi	城固县 Chenggu county，留坝县 Liuba county，南郑县 Nanzheng county，山阳县 Shanyang county，商州区 Shangzhou district，石泉县 Shiquan county，西乡县 Xixiang county，洋县 Yang county	175

1.2 数据处理

化肥养分含量按产品标注含量计算，有机肥养分含量按《中国有机肥料养分志》提供的标准值计算[14]。所有数据均用Excel和SAS统计软件处理分析。

2 结果与分析

2.1 陕西省马铃薯产量分布

根据已有试验研究和调查结果将马铃薯产量分为5级[15-16]（表2）。对各区域马铃薯生产状况调查表明，陕北高原和陕南秦巴山区平均产量分别为23.0 t/hm^{2}和15.4 t/hm^2，全省平均22.3 t/hm^2。由表2可知，陕北高原产量中等的农户接近一半，为48.7%；很低和偏低农户占45.1%。陕南秦巴山区产量中等的农户占40.0%；很低和偏低农户所占比例较高，为59.4%；产量偏高的农户仅占0.6%；在调查样本中该区域没有农户的产量达到很高水平。

表 2　陕西省马铃薯产量分布

Table 2　The yield levels of potatos in Shaanxi Province

等级 Classification	产量分级 Yield classification (t/hm^2)	陕北高原 Loess plateau area of northern Shaanxi		陕南秦巴山区 Qin-ba mountain area of southern Shaanxi	
		样本数(No.) No. of samples	比例(%) Ratio	样本数(No.) No. of samples	比例(%) Ratio
很低 Low	<15.0	121	7.0	80	45.7
偏低 Slightly low	15.0～22.5	653	38.1	24	13.7
中等 Medium	22.5～37.5	835	48.7	70	40.0
偏高 Slightly high	37.5～45.0	31	1.8	1	0.6
很高 High	≥45.0	75	4.4	0	0.0

2.2　陕西省马铃薯肥料投入状况

马铃薯肥料投入状况调查表明(表 3),全省化肥氮(N)、磷(P_2O_5)和钾(K_2O)投入量分别为 155、78 和 13 kg/hm^2。陕北高原和陕南秦巴山区化学氮肥投入量分别为 158 kg/hm^2 和 120 kg/hm^2;化学磷肥投入量相差不大,分别为 78 kg/hm^2 和 79 kg/hm^2;化学钾肥投入量分别为 12 kg/hm^2 和 31 kg/hm^2。

陕北高原和陕南秦巴山区施用有机肥农户比例分别为 99.0% 和 60.6%,全省平均 95.4%;有机肥实物量分别为 13.5 t/hm^2 和 10.9 t/hm^2,全省平均 13.3 t/hm^2。全省有机肥提供的氮、磷和钾分别为 82、53 和 57 kg/hm^2,且有机肥提供的氮、磷和钾在各区域间差异明显。陕北高原有机肥提供的氮、磷和钾分别为 85、55 和 59 kg/hm^2,明显高于陕南秦巴山区。由表 4 可知, 全省有机肥提供氮、磷和钾

表 3　陕西省马铃薯肥料投入量(kg/hm^2)

Table 3　The fertilizer inputs in potato production in Shaanxi Province

区域 Region	肥料种类 Fertilizer type	N		P_2O_5		K_2O	
		平均值 Mean	标准差 SD	平均值 Mean	标准差 SD	平均值 Mean	标准差 SD
陕北高原 Loess plateau area of northern Shaanxi	化肥 Chemical fertilizer	158	116	78	86	12	40
	有机肥 Organic manure	85	102	55	49	59	83
陕南秦巴山区 Qin-ba mountain area of southern Shaanxi	化肥 Chemical fertilizer	120	72	79	67	31	65
	有机肥 Organic manure	52	54	36	41	39	42
全省 Whole province	化肥 Chemical fertilizer	155	114	78	85	13	43
	有机肥 Organic manure	82	99	53	49	57	81

表 4　陕西省马铃薯有机肥提供养分比例(%)

Table 4　The ratio of nutrients supplied by organic manure in potato production in Shaanxi Province

肥料种类 Fertilizer type	陕北高原 Loess plateau area of northern Shaanxi	陕南秦巴山区 Qin-ba mountain area of southern Shaanxi	全省 Whole province
N	34.2	28.1	33.7
P_2O_5	44.6	25.2	42.8
K_2O	94.3	47.1	89.9
$N+P_2O_5+K_2O$	43.2	28.4	41.8

的比例是氮肥 < 磷肥 < 钾肥,陕北高原的规律与全省一致,但陕南秦巴山区是磷肥 < 氮肥 < 钾肥。整体上有机肥提供钾的比例最高,全省平均 89.9%,尤其陕北高原高达 94.3%。陕北高原和陕南秦巴山区有机肥提供的氮磷钾($N + P_2O_5 + K_2O$)占肥料总养分的比例分别为 43.2% 和 28.4%,全省平均 41.8%。

2.3 陕西省马铃薯施肥量与产量的关系

由农户肥料投入与马铃薯产量间的关系(图 1)看出,随化肥氮(N)、磷(P_2O_5)和钾(K_2O)投入量的增加,产量均呈不同程度的先增后减趋势,说明化肥氮、磷和钾养分投入整体表现出报酬递减趋势。随有机肥施用量的增加,产量呈逐渐增加趋势。当然,有些养分投入量在极高水平下,产量同样很高,如化学钾肥在 250 ~ 300 kg/hm² 范围内,产量高达 43.3 t/hm²,但只有 10 户的钾肥施用量在该范围内,因此这些样本数很少的平均产量不能代表整个区域的趋势。

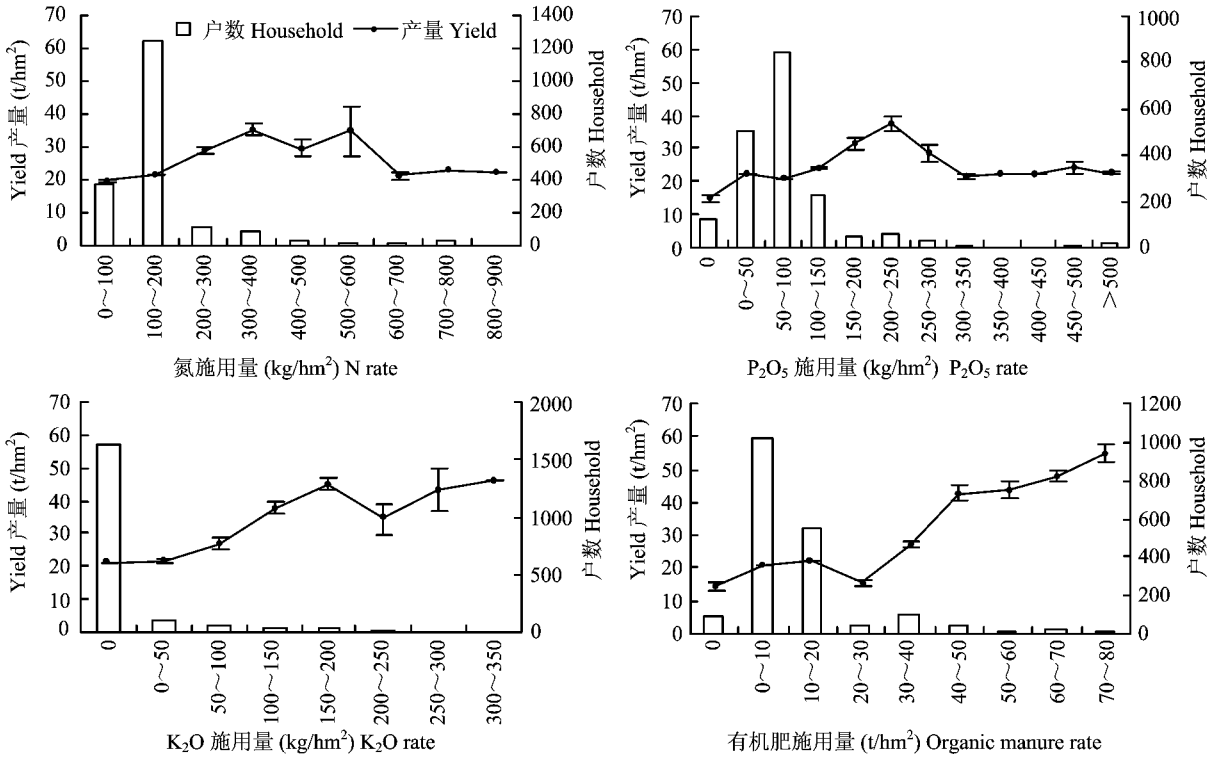

图 1 陕西省马铃薯化肥和有机肥不同投入水平下的农户数和产量分布(图中误差棒是标准误差值)

Fig. 1 Distribution of households and the yields under different fertilization levels (Error bars on the yield curves are SE)

2.4 陕西省马铃薯施肥状况评价

2.4.1 陕西省马铃薯施肥量分级的确定 由于全省有机肥施用量很低,仅为 13.3 t/hm²,另外有机肥只有一部分是速效的,另一部分只有经过微生物分解后才能被作物吸收利用,而且有机肥中速效养分和迟效养分的比例很不确定,因此本研究在确定合理施肥量时只考虑化肥投入。同时,在已有试验研究和调查结果基础上将施肥量分为五级[16-18],具体结果见表 5。

2.4.2 陕西省马铃薯施肥状况评价 根据表 5 的化肥养分投入等级,对全省马铃薯养分投入进行总体评价(图 2 ~图 4)。由图 2 可知,氮肥投入的合理比例陕北高原为 43.0%,陕南秦巴山区仅为 4.0%,全省平均 39.4%;过量比例的在陕北高原和陕南秦巴山区分别为 24.5% 和 50.3%,全省平均 26.9%;不足比例的在陕北高原和陕南秦巴山区分别为 32.5% 和 45.7%,全省平均 33.8%。说明马铃薯氮肥投入过量和不足并存,合理引导农户施用氮肥是今后全省马铃薯施肥工作的重要内容之一。由图 3 可知,磷肥投入合理比例陕北高原较高,为 64.6%,陕南秦巴山区仅为 16.0%,全省平均 60.1%;过量比例的在陕北高原和陕南秦巴山区分别为 21.9% 和 56.0%,全省平均 25.0%;不足比例的分别为 13.5%

表 5　陕西省马铃薯施肥量分级等级(kg/hm²)

Table 5　The level of fertilizer rates on potato in Shaanxi Province

等级 Classification	陕北高原 Loess plateau area of northern Shaanxi			陕南秦巴山区 Qin-ba mountain area of southern Shaanxi		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
很低 Low	<90	<30	<120	<60	<15	<90
偏低 Slightly low	90～120	30～45	120～150	60～90	15～30	90～120
合理 Rational	120～150	45～75	150～180	90～120	30～60	120～150
偏高 Slightly high	150～180	75～90	180～210	120～150	60～75	150～180
很高 High	≥180	≥90	≥210	≥150	≥75	≥180

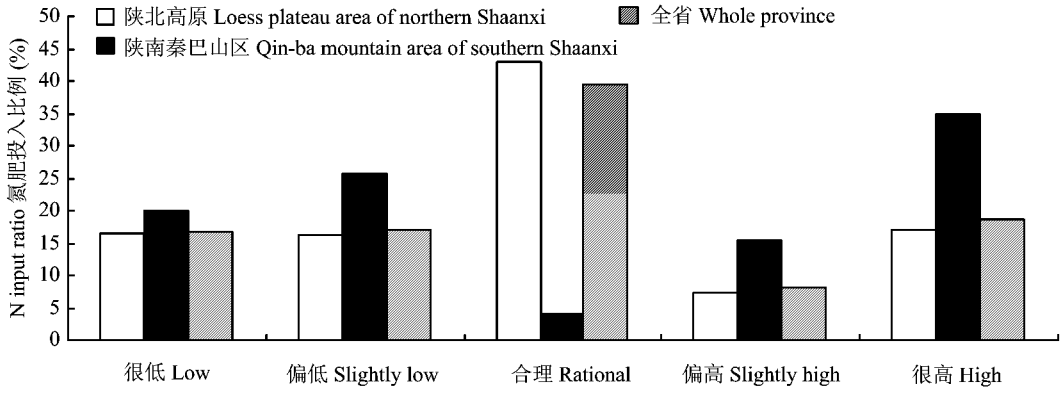

图 2　陕西省马铃薯氮肥(N)投入比例分布

Fig. 2　Distribution of N input ratio at different levels on potato in Shaanxi Province

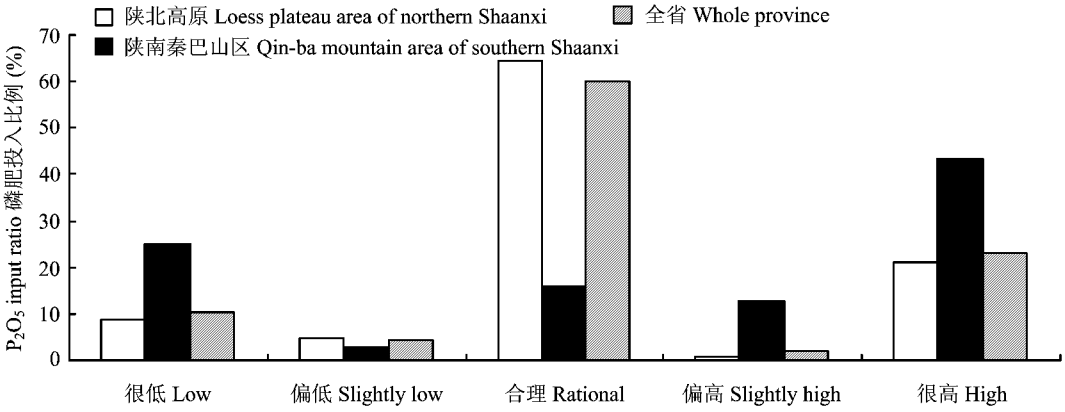

图 3　陕西省马铃薯磷肥(P_2O_5)投入比例分布

Fig. 3　Distribution of P_2O_5 input ratio at different levels on potato in Shaanxi Province

和 28.0%,全省平均 14.9%。说明与氮肥状况相同,马铃薯磷肥投入过量和不足并存,合理引导农户施用磷肥也是今后全省马铃薯施肥工作的重要内容之一。调查可知,全省不施用化学钾肥的农户占 85.9%。另外由图 4 可以看出,钾肥投入不足的比例在陕北高原和陕南秦巴山区均很高,分别为 96.9%和 93.1%,全省平均为 96.6%。说明今后全省在马铃薯生产中增加化学钾肥的投入显得非常重要。

各区域化肥氮、磷和钾单位面积过量投入量减

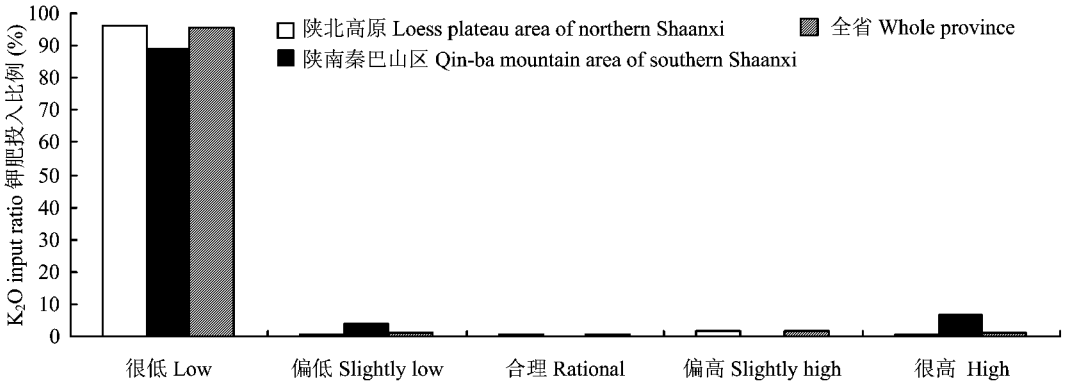

图4 陕西省马铃薯钾肥(K_2O)投入比例分布

Fig. 4 Distribution of K_2O input ratio at different levels on potato in Shaanxi Province

去合理施肥量的上限,乘以马铃薯种植面积(陕北高原约15.3万公顷,陕南秦巴山区约10.7万公顷[3]),然后再乘以过量投入比例,可得到过量投入总量,同理也可计算出投入不足总量(表6)。表6显示,全省马铃薯化学氮肥过量投入0.87万吨,不足投入0.33万吨;化学磷肥过量投入0.78万吨,不足投入0.14万吨;化学钾肥过量投入量较小,为0.08万吨,不足投入量较大,为3.18万吨。其中陕北高原化学氮肥过量和不足投入量均大于陕南秦巴山区;化学磷肥过量投入量两区域相同,均为0.39万吨;化学钾肥不足投入量陕北高原较高,为2.14万吨。

表6 陕西省马铃薯化肥氮、磷和钾投入的过量和不足(万吨)

Table 6 The excessive and insufficient amounts of chemical fertilizer N, P_2O_5 and K_2O inputs on potato in Shaanxi Province ($\times 10^4$ t)

养分种类 Fertilizer type	陕北高原 Loess plateau area of northern Shaanxi		陕南秦巴山区 Qin-ba mountain area of southern Shaanxi		全省 Whole province	
	过量投入量 Excessive amount	不足投入量 Insufficient amount	过量投入量 Excessive amount	不足投入量 Insufficient amount	过量投入量 Excessive amount	不足投入量 Insufficient amount
N	0.56	0.17	0.31	0.16	0.87	0.33
P_2O_5	0.39	0.06	0.39	0.08	0.78	0.14
K_2O	0.01	2.14	0.07	1.04	0.08	3.18

2.5 陕西省马铃薯施用肥料品种的概况

陕北高原和陕南秦巴山区马铃薯除养分施用量不同之外,肥料品种施用也不同(表7)。由表7可以看出,陕北高原马铃薯基肥以有机肥比例最大,占基肥施用品种的34.8%;其次是碳酸氢铵,占27.8%;再次是过磷酸钙,占25.7%。追肥以尿素为主,占追肥施用品种的87.2%;其次是碳酸氢铵,占7.5%。该区域施用追肥农户比例为23.2%。陕南秦巴山区马铃薯基肥以碳酸氢铵比例最大,占基肥施用品种的29.2%;其次是有机肥,占29.0%;再次是磷酸二铵,占17.5%。该区域调查样本175户中只有3户施用了追肥,另外调查表明,陕北高原马铃薯平均产量比陕南秦巴山区高7.6 t/hm^2,这说明不注重追肥施用是陕南秦巴山区产量较低的一个主要原因。

表 7　陕西省马铃薯施用肥料品种概况

Table 7　Fertilizers used in potato production in Shaanxi Province

肥料种类 Fertilizer type	陕北高原 Loess plateau area of northern Shaanxi				陕南秦巴山区 Qin-ba mountain area of southern Shaanxi			
	基肥 Base fertilizer		追肥 Top dressing		基肥 Base fertilizer		追肥 Top dressing	
	户数 Household (No.)	比例 Ratio (%)	户数 Household (No.)	比例 Ratio (%)	户数 Household (No.)	比例 Ratio (%)	户数 Household (No.)	比例 Ratio (%)
复合肥 NPK Compost fertilizer	169	3.5	13	1.2	34	9.3	0	0.0
尿素 Urea	44	0.9	985	87.2	5	1.4	1	33.3
碳酸氢铵 Ammonium bicarbonate	1357	27.8	85	7.5	107	29.2	2	66.7
硫酸铵 Ammonium sulphate	10	0.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0
磷酸一铵 Monoammonium phosphate	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
磷酸二铵 Diammonium phosphate	298	6.1	7	0.6	64	17.5	0	0.0
过磷酸钙 Single superphoshate	1253	25.7	0	0.0	35	9.6	0	0.0
磷酸二氢钾 Potassium dihydrogen phosphate	6	0.1	2	0.2	0	0.0	0	0.0
钙镁磷肥 Calcium magnesium phosphate	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
硫酸钾 Potassium sulfate	37	0.8	16	1.4	14	3.8	0	0.0
氯化钾 Potassium chloride	0	0.0	0	0.0	1	0.3	0	0.0
有机肥 Organic manure	1698	34.8	21	1.9	106	29.0	0	0.0

3 讨论与结论

陕西省马铃薯氮肥投入过量的比例在陕北高原和陕南秦巴山区分别为24.5%和50.3%,全省平均26.9%,数量达0.87万吨。王圣瑞研究表明上世纪末全省马铃薯施氮过量较为严重[13],说明目前较上世纪末氮肥投入过量现象有所减轻,但数量仍很大。氮肥投入过量不仅浪费资源,同时对环境造成潜在威胁[19-20]。本研究中氮肥投入不足比例在陕北高原和陕南秦巴山区分别为32.5%和45.7%,全省平均33.8%,数量达0.33万吨。如果氮肥投入不足农户将氮肥投入量增加到合理水平,产量明显增加。以陕北为例,单位面积可增产2.0 t/hm^2,全区增产10.1万吨。说明合理引导农户施用氮肥对全省马铃薯生产有重要作用。

磷肥投入与氮肥投入的表现一致,即过量和不足并存。过量比例在陕北高原和陕南秦巴山区分别为21.9%和56.0%,全省平均25.0%,数量为0.78万吨;不足比例的分别为13.5%和28.0%,全省平均14.9%,数量为0.14万吨。与上世纪末全省马铃薯90.0%以上磷肥投入不合理[13]相比,目前马铃薯磷肥投入更趋近合理化。但过量和不足现象仍存在,如果磷肥投入不足农户将磷肥投入量增加到合理水平,产量明显增加。以陕北为例,单位面积可增产2.2 t/hm^2,全区增产4.5万吨。说明引导农户合理施用磷肥对全省马铃薯生产也非常重要。

钾肥投入与氮、磷不同,表现为严重不足。全省不施用化学钾肥的农户占85.9%,不足比例的陕北高原和陕南秦巴山区均很高,分别为96.9%和93.1%。89.9%的钾肥是由有机肥提供,且全省有95.4%农户施用有机肥,但有机肥实物量仅13.3 t/hm^2,远低于应施优质有机肥22.5～37.5 t/hm^{2}的标准[21]。杨进荣等[8]在1992年陕北黄土丘陵区进行的马铃薯钾肥试验表明,增施钾肥马铃薯增产幅度为7.7%～23.9%。罗国亮等[22]研究表明随硫酸钾施量的增加,马铃薯产量及外观品质不断提高。郭志平[23]研究也表明增施钾肥提高了马铃薯产量18.2%～42.1%、块茎淀粉含量3.2%～7.9%、商品率9.2%～20.9%。本研究中陕北区域钾肥施用合适的农户的平均产量为47.9 t/hm^2,施用不足农户平均产量为22.3 t/hm^2,可见钾肥对马铃薯产量的重要性。总之,马铃薯是喜钾作物,在平衡施肥中要特别重视钾肥的施用。同时,不宜施用过多的含氯肥料,如氯化钾,应选用硫酸钾,否则会影响马铃薯品质[21]。

另外,除养分施用量不同之外,陕北和陕南马铃薯肥料施用品种也不同。陕北高原基肥品种所占比例前三位的是有机肥、碳酸氢铵和过磷酸钙;施用追肥农户比例为23.2%,品种主要有尿素和碳酸氢铵。陕南秦巴山区基肥品种所占比例前三位的是碳酸氢铵、有机肥和磷酸二铵,只有3户施用了追肥。陕北高原和陕南秦巴山区平均产量分别为23.0 t/hm^{2}和15.4 t/hm^2,这说明不注重追肥施用是陕南产量较低的原因之一。今后全省马铃薯生产中必须注重追肥,尤其是在陕南秦巴山区。

综上,陕西省马铃薯施肥策略包括:平衡氮肥和磷肥用量;增加钾肥和有机肥用量;增加追肥的施用,尤其是在陕南秦巴山区。

参 考 文 献:

[1] 王圣瑞,马文奇,徐文华,等. 陕西省马铃薯施肥状况与评价[J]. 中国农业科技导报,2003,5(增刊):77-82.
Wang S R, Ma W Q, Xu W H *et al*. Evaluation of fertilization situation in potato production in Shaanxi province[J]. J. Agric. Sci. Technol., 2003, 5(Suppl.): 77-82.

[2] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2010. 144-145.
Department of Rural Surveys, National Bureau of Statistics. China rural statistical yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2010. 144-145.

[3] 魏延安. 陕西省马铃薯产业化发展战略研究[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(6):199-203.
Wei Y A. Study on industrialization development strategy in Shaanxi[J]. Agric. Res. Arid Areas, 2006, 24(6): 199-203.

[4] Smil V. Enriching the earth: fritz haber, carl bosch, and the transformation of word food production[M]. Cambridge: MIT Press, 2001. 102-113.

[5] 龚伟,颜晓元,王景燕. 长期施肥对土壤肥力的影响[J]. 土壤,2011,43(3):336-342.
Gong W, Yan X Y, Wang J Y. Effect of long-term fertilization on soil fertility[J]. Soils, 2011, 43(3): 336-342.

[6] 刘星照,杨进荣. 黄土高原沟壑区马铃薯增产效应试验初报[J]. 马铃薯杂志,1989,3(3):158-161.
Liu X Z, Yang J R. A preliminary report on potato production effect in gully region of Loess Plateau[J]. Potato J., 1989, 3(3): 158-161.

[7] 杨进荣,刘星照. 陕北丘陵沟壑区旱梯田马铃薯氮肥经济用量初探[J]. 马铃薯杂志,1991,5(8):170-172.
Yang J R, Liu X Z. A preliminary study on the economy amount of nitrogen of dry terraced potato in the hilly and gully regions of North Shaanxi[J]. Potato J., 1991, 5(8): 170-172.

[8] 杨进荣,胡银岗. 陕北黄土丘陵区马铃薯施钾增产效果研究[J]. 陕西农业科学,1995,(1):20-21.

Yang J R, Hu Y G. Effect of increasing potassium inputs on yield of potato in loess hilly and gully regions of Northern Shaanxi[J]. Shaanxi Agric. Sci., 1995, (1): 20-21.

[9] 杨进荣, 吴存良. 施肥量和种植密度对旱地马铃薯产量的影响[J]. 陕西农业科学, 1999, (2): 14-15.
Yang J R, Wu C L. Effects of fertilization and planting density on yield of dryland potato[J]. Shaanxi Agric. Sci., 1999, (2): 14-15.

[10] 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.
Wang S Q, Zhang C E, Deng X P. Planting techniques for high yield of potato in newly-built terraced field in North Shaanxi[J]. Agric. Res. Arid Areas, 2000, 18(1): 60-64.

[11] 魏延安. 陕西百万亩马铃薯三项高产栽培技术[J]. 作物杂志, 2001, (1): 21-23.
Wei Y A. The three planting techniques for high yield of million acres of potato in Shaanxi province[J]. Crops, 2001, (1): 21-23.

[12] 刘兴娥, 李毕芳, 谷建华. 浅谈镇巴县马铃薯最佳施肥配方[J]. 农家之友, 2009, (5): 23-27.
Liu X E, Li B F, Gu J H. Research on the optimum fertilizer formula in Zhenba county[J]. Agric. Friend, 2009, (5): 23-27.

[13] 王圣瑞. 陕西省和北京市主要作物施肥状况与评价[D]. 北京: 中国农业大学博士学位论文, 2002. 65-75.
Wang S R. Current status and evaluation of crop fertilization in Shaanxi province and Beijing city[D]. Beijing: PhD dissertation, China Agricultural University, 2002. 65-75.

[14] 全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料养分志[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999. 2-194.
National Agricultural Technology Extension and Service Centre. China organic fertilizer records[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1999. 2-194.

[15] 张福锁, 陈新平, 崔振岭, 等. 主要作物高产高效技术规程[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2010. 270-277.
Zhang F S, Chen X P, Cui Z L *et al*. The high yield and high efficient technical regulations of main crops[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2010. 270-277.

[16] 张福锁, 陈新平, 陈清, 等. 中国主要作物施肥指南[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009. 77-80.
Zhang F S, Chen X P, Chen Q *et al*. Fertilization guide on major crops of China[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2009. 77-80.

[17] 郑海春, 郜翻身, 张子义, 樊明寿. 阴山南麓旱作马铃薯的施肥指标[J]. 中国马铃薯, 2010, 24(3): 169-172.
Zheng H C, Gao F S, Zhang Z Y, Fan M S. Establishment of soil nutrient indexes for rainfed potato in the south Yinshan area of Inner Mongolia[J]. Chin. Pot. J., 2010, 24(3): 169-172.

[18] 陈杨, 樊明寿, 康文钦, 秦永林. 内蒙古阴山丘陵地区马铃薯施肥现状与评价[J]. 中国土壤与肥料, 2012, (2): 104-108.
Chen Y, Fan M S, Kang W Q, Qin Y L. Evaluation and present situation of fertilization for potato in hilly country of Yinshan in Inner Mogolia[J]. China J. Soil Fert., 2012, (2): 104-108.

[19] 高祥照, 马文奇, 杜森, 等. 我国施肥中存在问题的分析[J]. 土壤通报, 2001, 32(6): 258-261.
Gao X Z, Ma W Q, Du S *et al*. Current status and problems of fertilization in China[J]. Chin. J. Soil Sci., 32(6): 258-261.

[20] Ju X T, Xing G X, Chen X P. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems[J]. PNAS, 2009, 106(9): 3041-3046.

[21] 同延安. 测土配方施肥技术[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2011. 49-50.
Tong Y A. Technology of soil testing and formulated fertilization[M]. Xi'an: Science Technology Press of Shaanxi, 2011. 49-50.

[22] 罗国亮, 阿不力米提·吾斯曼, 王辉霞, 努尔比燕·艾海提. 硫酸钾不同施用量对马铃薯产量及品质的影响研究初报[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(S1): 99-101.
Luo G L, Abulimiti·Wusiman, Wang H X, Nuerbiyan·Aihaiti. Preliminary report on the effect of potassium sulfate inputs on yield and quality of potato[J]. Xinjiang Agric. Sci., 2008, 45(S1): 99-101.

[23] 郭志平. 增施钾肥对高淀粉马铃薯产量贡献的研究[J]. 江西农业大学学报, 2008, 30(2): 211-214.
Guo Z P. A Study on the contribution of increased application of potassium fertilizer to the yield of high starch content potato[J]. J. Jiangxi Agric. Univ., 2008, 30(2): 211-214.