

垄膜沟灌马铃薯测土施肥指标体系

——以甘肃省张掖市山丹县为例

鲁天文¹, 刘祁峰¹, 张卫峰², 王朝东²

(1. 甘肃省山丹县农业技术推广中心, 甘肃 山丹 734100;

2. 中国农业大学 资源与环境学院 中化化肥农大研究中心, 北京 100094)

摘要: [目的] 确定施肥指标体系, 为垄膜沟灌马铃薯提供精确的施肥配方。[方法] 2007—2010 年在甘肃省张掖市山丹县进行马铃薯“3414”田间肥效试验, 分析不同土壤肥力水平下马铃薯土壤有效养分含量与相对产量的相关性, 并依此确定土壤养分丰缺指标和推荐施肥量。[结果] 将山丹县马铃薯田间土壤碱解氮、有效磷、速效钾含量等级划分为低、较低、中、较高、高 5 级, 对应推荐施氮量分别为 $>225.7, 193.3 \sim 225.7, 117.2 \sim 193.3, 161.0 \sim 177.2, <161.0$ kg/hm²; 推荐施磷量分别为 $>164.3, 146.5 \sim 164.3, 137.6 \sim 146.5, 128.6 \sim 137.6, <128.6$ kg/hm²; 推荐施钾量分别为 $>166.8, 149.7 \sim 166.8, 141.1 \sim 149.7, 132.5 \sim 141.1, <132.5$ kg/hm²。经过 150 个示范点的调研分析发现, 利用测土配方施肥技术增产率达 9.8%, 节约化肥 67.5 kg/hm², 节本 506.3 元/hm², 节本增效 3 286.5 元/hm²。[结论] 垄膜沟灌马铃薯测土配方施肥技术可以实现普遍增产和增效。

关键词: 马铃薯; 丰缺指标; 推荐施肥; 山丹县

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)01-0291-06

中图分类号: S512.1, S311

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.01.053

Soil Testing and Fertilization Recommendation Index System for Mulched Potato in Shandan County of Zhangye City, Gansu Province

LU Tianwen¹, LIU Qifeng¹, ZHANG Weifeng², WANG Chaodong²

(1. Shandan Agricultural Technology Extension Center, Shandan,

Gansu 734100, China; 2. SINOCHEM-CAU Fertilizer R&D Center, College of

Resources and Environmental Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: [Objective] To determine the fertilization index system and provide the precision fertilization formula for mulched potato system in Shandan County of Zhangye City, Gansu Province. [Methods] Fourteen field experiments were conducted in mulched potato system in Shandan County of Zhangye City, Gansu Province from 2007 to 2010. The relationship between the soil available nutrient content and the corresponding crop yield was established. [Results] The soils in Shandan County was classified into 5 different categories such as the lowest, lower, medium, higher and the highest according to the content of alkali-hydrolyzable nitrogen, available phosphorus and available potassium. Fertilizer application rate was recommended for each soil categories, such as $>225.7, 193.3 \sim 225.7, 117.2 \sim 193.3, 161.0 \sim 177.2$ and <161.0 kg/hm² for nitrogen, $>164.3, 146.5 \sim 164.3, 137.6 \sim 146.5, 128.6 \sim 137.6$ and <128.6 kg/hm² for phosphorus, $>166.8, 149.7 \sim 166.8, 141.1 \sim 149.7, 132.5 \sim 141.1$ and <132.5 kg/hm² for potash. The new technologies can improve potato yield by 9.8%, save fertilizer by 67.5 kg/hm², reduce cost by 506.3 yuan/hm², and increase economic profit by 3 286.5 yuan/hm². [Conclusion] The technologies of soil testing and fertilization formula can improve potato yield and increase economic profit generally.

Keywords: mulched potato; abundance index; fertilizer recommendation; Shandan County

马铃薯是继小麦、水稻、玉米之后的世界第四大作物, 既是粮食作物又可作蔬菜或休闲食品, 在全球

粮食安全日益突出的背景下成为新的增长点^[1-2]。我国西北地区由于光照充足, 病虫害较少, 土

收稿日期: 2014-03-21

修回日期: 2014-03-18

资助项目: 农业部测土配方施肥补贴项目(2007—2010)

第一作者: 鲁天文(1957—), 男(汉族), 甘肃省山丹县人, 大专, 高级农艺师, 主要从事农业技术推广工作。E-mail: shdnjzhx@163.com。

通信作者: 刘祁峰(1986—), 女(汉族), 甘肃省山丹县人, 本科, 助理农艺师, 主要土壤肥料技术推广工作。E-mail: 315941270@qq.com。

地规模大便于集约化生产而逐渐成为主产区。据国家统计年鉴显示,2011年甘肃、内蒙马铃薯种植面积已经达到 $1.39 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 占全国播种面积的比重为 25.6%, 总产达到 $4.25 \times 10^6 \text{ t}$, 占全国总产的比重为 24.1%^[3]。解放初期, 甘肃省马铃薯种植面积只有 $1.40 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 20 世纪 90 年代中后期进入快速发展阶段, 2009 年为 $6.43 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。自 2003 年以来, 甘肃省马铃薯种植面积稳居全国第二, 总产稳居全国第一^[4]。山丹县坐落在甘肃省河西走廊, 属于典型的大陆性高寒半干旱气候, 年均气温 $6.5 \text{ }^\circ\text{C}$, 无霜期 102~138 d。近年来, 随着山丹县土地流转规模的扩大, 马铃薯在山丹县的种植面积也逐年攀升, 截至 2012 年, 全县垄膜沟灌马铃薯播种面积达 $8\ 300 \text{ hm}^2$, 产量 $3.14 \times 10^5 \text{ t}$, 产值 $3.45 \times 10^8 \text{ 元}$, 种植马铃薯已经成为山丹县经济发展的新亮点^[5]。

西北地区在水资源缺乏、无霜期短的自然条件下实现马铃薯大面积快速发展主要得益于覆膜和灌溉技术的发展。马铃薯覆膜灌溉种植方式大规模发展起始于本世纪初期, 属于研究与推广同步进行的技术, 此项技术可以有效缓解西北地区干旱缺水的生态环境压力, 是实现农民增收、农业增效的一项关键措施^[6]。早在 20 世纪 90 年代末, 山丹县就开始推广垄膜沟灌马铃薯生产节水技术, 目前已经普遍应用, 这种方式相对于传统方法增加了覆膜和起垄环节, 可以有效地提高地温^[7], 节约灌溉水 $1\ 800 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, 提高灌溉水利用效率 33%, 控制杂草, 从而实现了马铃薯产量增加 $5\ 250 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 增收 $6\ 540 \text{ 元}/\text{hm}^2$ 的目标^[8]。这一技术体系中的覆膜、起垄、种植、灌溉等综合技术已经日趋成熟, 然而施肥技术仍沿用 20 世纪 80 年代建立的大水大肥方法, 肥料用量没有根据地

力条件确定, 氮、磷、钾肥施用比例不合理, 肥效低, 导致肥料浪费严重, 增产受限^[9]。

2005 年以来全国测土配方施肥技术进入了快速发展期^[10]。随着马铃薯生产方式的快速转变, 基于土壤测试的马铃薯施肥指标也在逐渐建立^[11-12], 然而针对垄膜沟灌生产体系的施肥指标体系仍是空白, 制约了马铃薯产业的发展。实践表明, 基于测试的土壤养分丰缺指标和推荐施肥技术体系, 是作物高效施肥的重要技术^[12]。因此, 亟需建立垄膜沟灌马铃薯测土施肥和土壤丰缺指标技术体系, 减少过量施肥造成的浪费和对环境的不良影响, 提高作物产量和品质^[13]。这不仅是山丹县马铃薯发展的需要, 也是全国马铃薯测土配方施肥与现代生产发展的需要。

本研究于 2007—2010 年, 依托国家测土配方施肥补贴项目的实施, 采用农业部统一的测土配方施肥“3414”试验方案^[14], 根据甘肃省张掖市山丹县土壤地力和不同海拔区域小气候特征, 布置垄膜沟灌马铃薯田间肥效试验, 对全县 14 个“3414”试验结果进行分析, 以期初步建立山丹县马铃薯施肥指标体系。同时在主要地区进行示范验证, 用以确定施肥指标体系的可行性。

1 试验材料与方法

1.1 试验点的选择

14 个试验点选择在山丹县 5 个乡镇, 11 个村, 覆盖了 4 种土壤类型。从土壤基础 4 项测定结果来看, 14 个试验点的土壤有机质为 $12.5 \sim 25.8 \text{ g}/\text{kg}$, 碱解氮为 $48 \sim 129 \text{ mg}/\text{kg}$, 速效磷为 $6.0 \sim 47.0 \text{ mg}/\text{kg}$, 速效钾为 $95 \sim 322 \text{ mg}/\text{kg}$ 。基本能够代表全县不同地力水平的土壤(表 1)。

表 1 “3414”试验点概况

编号	试验地点	试验年份	土壤类型	有机质/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	碱解氮/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效磷/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效钾/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
1	清泉镇清泉村	2007	灰棕漠土	17.5	94.0	15.0	280
2	清泉镇郑庄村	2007	灌耕土	20.3	85.0	16.0	260
3	大马营乡潘坡村	2007	栗钙土	24.5	48.0	47.0	315
4	李桥乡山寨村	2007	灌耕土	16.2	129.0	15.0	313
5	清泉镇农场	2008	灰棕漠土	21.7	80.0	16.0	250
6	大马营乡马营村	2008	栗钙土	13.6	72.0	13.0	190
7	清泉镇双桥村	2008	灌耕土	17.5	106.0	39.0	320
8	清泉镇双桥村	2008	灌耕土	25.8	116.0	40.0	320
9	大马营乡楼庄村	2009	灰钙土	15.6	118.0	6.0	95
10	大马营乡马营村	2009	灰钙土	24.1	66.0	9.8	335
11	位奇镇十里堡村	2009	灰钙土	23.8	132.0	10.0	320
12	李桥乡山寨村	2010	灌耕土	25.7	129.0	15.0	322
13	霍城镇双湖村	2010	灌耕土	20.8	148.0	17.0	245
14	位奇镇四坝村	2010	灰钙土	12.5	80.0	11.0	190

1.2 供试材料

供试品种为当地主栽品种大西洋。供试氮肥为尿素(含 N \geq 46%), 中国石油宁夏石化公司生产; 磷肥为重过磷酸钙(含 P₂O₅ \geq 43%), 云南三环化工有限公司生产; 钾肥为硫酸钾(含 K₂O \geq 33%), 山西钾肥有限公司生产。

1.3 试验方法

试验采用“3414”设计, 选氮、磷、钾 3 个因素, 4 个水平, 14 个处理 (N₀P₀K₀, N₀P₂K₂, N₁P₂K₂, N₂P₀K₂, N₂P₁K₂, N₂P₂K₂, N₂P₃K₂, N₂P₂K₀, N₂P₂K₁, N₂P₂K₃, N₃P₂K₂, N₁P₁K₂, N₁P₂K₁, N₂P₁K₁)。小区面积 36 m², 试验采取多点无重复设计, 区组内随机排列。试验因子水平见表 2。0 水平不施肥; 2 水平指当地推荐施肥水平; 1 水平=2 水平 \times 0.5; 3 水平=2 水平 \times 1.5(该水平为过量施肥水平)^[4]。试验小区除施肥数量外, 其他管理措施完全一致。

表 2 试验因子水平

水平	施肥量/(kg \cdot hm ⁻²)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	0
2	95.0	82.5	75.0
3	195.0	165.0	150.0

1.4 土壤取样及测试

春季播种前, 在每一试验点取 0—20 cm 的混合土样, 风干磨细, 过 1 mm 筛孔, 保存备用。测定项目

及方法为: 碱解氮采用碱解扩散法; 有效磷采用 NaHCO₃ 浸提—钼锑抗比色法; 有效钾采用 NH₄OAC 浸提—火焰光度法。收获时去除边行, 按小区单收计产。

1.5 示范效果调查方法

对采用测土配方施肥技术的示范户进行调研, 示范户是指那些土地经过取土化验, 并得到施肥指导的农户。采取随机取点、对称等距的抽样方法, 在目标村随机抽取样本农户 10~12 户, 为最终的调查农户。随后收集农户地块施肥的信息和数据。本次测土配方施肥采用面访式问卷调查, 即调查员与被调查者面对面, 调查员提问、被调查者回答的方式, 并对数据进行现场核实, 如化肥品种、数量、含量、种植作物产量等, 确保数据的真实性和准确性, 农户确认后签名, 2009—2013 年共收集种植马铃薯的农户施肥情况与满意度调查表 150 份, 每年 30 份。

2 结果与讨论

2.1 产量回归方程的建立

为了验证试验的成功与否, 我们对各试验点进行回归分析, 建立了自变量 N, P, K 与因变量产量(y)之间的回归方程, 其通用方程式为:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_1^2 + b_5 x_2^2 + b_6 x_3^2 + b_7 x_1 x_2 + b_8 x_1 x_3 + b_9 x_2 x_3。$$

从对各试验点方程进行显著性测验的结果(表 3)可以看出, 均达到显著或极显著水平。说明各个试验是成功的。

表 3 回归方程参数及显著性检验结果

编号	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇	b ₈	b ₉	F 值
1	1 687.5	116.9	105.1	76.9	-3.1	-6.3	-4.8	-1.6	-1.6	4.3	125.8
2	1 871.2	101.8	82.3	194.8	-6.6	-7.8	-9	7.3	-1.7	-1.3	22.4
3	1 184.5	48.4	116.9	67.6	-4.1	-3.3	-2.3	2.6	6.6	-11.7	11
4	1 398.7	99.3	88.2	48.1	0.3	-3.8	0.2	-2.7	-7.3	3.5	7.9
5	1 023.4	29.5	49.6	29.4	-2	-3.2	-3	0.8	1.4	0.9	13.2
6	809.4	37.8	24.5	75.2	-1.8	-2.3	-5.1	1.8	-0.5	1.4	7.3
7	2 258.6	125.1	126	18.9	-3.2	-2.7	1.2	-3.4	-0.5	-2.8	17.9
8	2 259.1	112.6	123.7	27.4	-2.4	-1.5	1.3	-4.1	0.4	-4.8	17.7
9	742.7	46.7	42.8	59	-2	-4.7	-6.1	0.3	-0.4	5.9	15.2
10	1 187.1	38.6	148.4	56.3	-4.3	-8.6	-2.8	6.3	3.5	-6.7	6.3
11	1 909.5	86.1	196.7	91.8	-3.1	-8.8	-0.8	2.2	-4.8	-1.8	15.6
12	1 398.7	99.3	88.2	48.1	0.3	-3.8	0.2	-2.7	-7.3	3.5	7.9
13	1 175.3	37.8	107.5	102.6	-1.1	-6.1	-4.6	0.7	-2.5	1	10.8
14	809.4	37.7	24.4	75.5	-1.8	-2.3	-5.1	1.8	-0.5	1.4	7.2

注: F_{0.05}=5.999, F_{0.01}=14.659。

2.2 土壤养分丰缺指标的建立

将“3414”试验方案中的无肥区产量与 2 水平的产量相比,获得相对产量。将相对产量低于 50% 的土壤养分状况定为低,相对产量在 50%~70%,70%~80%,80%~90% 之间的土壤分别定为较低、中和较高;相对产量高于 90% 的土壤养分状况定为高。然

后,以土壤养分测定值为自变量(X),以相对产量为因变量(Y), R^2 为相关系数,对土壤养分测定值和相对产量进行回归分析,建立了对数回归方程然后将该划分等级的相对产量临界值带入回归方程,即可计算出山丹县种植马铃薯土壤养分丰缺指标范围(结果见表 4)。

表 4 山丹县土壤养分测定值与马铃薯产量的关系及养分丰缺指标($n=14$)

养分	相对产量/%	丰缺程度	丰缺指标/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	回归方程
碱解氮	<50	低	<48.5	$Y=44.568 \ln X-122.95$ ($R^2=0.9751$)
	50~70	较低	48.5~75.9	
	70~80	中	75.9~95.0	
	80~90	较高	95.0~118.9	
	>90	高	>118.9	
有效磷	<50	低	<3.0	$Y=16.41 \ln X+32.015$ ($R^2=0.9317$)
	50~70	较低	3.0~10.1	
	70~80	中	10.1~18.6	
	80~90	较高	18.6~34.2	
	>90	高	>34.2	
速效钾	<50	低	<65	$Y=28.36 \ln X-68.411$ ($R^2=0.8291$)
	50~70	较低	65~132	
	70~80	中	132~187	
	80~90	较高	187~267	
	>90	高	>267	

2.3 推荐施肥量的确定

将每个试验的产量与施肥量进行回归分析,建立肥料效应函数,通过边际分析,计算每个试验点的最佳施肥量。根据 14 个试验,分别建立了马铃薯最佳施氮量与土壤碱解氮测定值、最佳施磷量与土壤有效磷测定值、最佳施钾量与土壤速效钾测定值的函数关系:

最佳施氮量(kg/hm^2):

$$y=-4.805 \ln x+33.692 \quad (R^2=0.6032, n=13)$$

最佳施磷量(kg/hm^2):

$$y=-0.976 \ln x+12.025 \quad (R^2=0.7427, n=6)$$

最佳施钾量(kg/hm^2):

$$y=-1.624 \ln x+15.903 \quad (R^2=0.8019, n=6)$$

将土壤养分丰缺指标,即养分含量临界值(表 4)带入上述函数关系式中(式中土壤养分测定值为自变量(x),最佳施肥量为因变量(y),得出山丹县马铃薯生产不同土壤养分含量条件下的推荐施肥量(见表 5)。

2.4 推荐施肥量示范验证

如图 1 所示,在土壤碱解氮含量由低到高各个丰缺范围内的示范户氮肥用量均在表 5 推荐施肥量的范围内,推荐水平用量较为集中。在低地力水平,推荐施肥量平均 $239 \text{ kg}/\text{hm}^2$,高于农民习惯施肥量的 75%,能够较为有效地补充该地力水平;较低地力水平,推荐施肥量略高于农民习惯施肥量;中地力水平,推荐施肥

量平均 $180 \text{ kg}/\text{hm}^2$,比农民习惯施肥量 $217 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 高出 $37 \text{ kg}/\text{hm}^2$;较高地力水平,推荐施肥量平均 $169 \text{ kg}/\text{hm}^2$,比农民习惯施肥量平均 $213 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 高出 $44 \text{ kg}/\text{hm}^2$;高地力水平,推荐施肥量 $150 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 比农民习惯施肥量 $207 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 高出 $57 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。

表 5 山丹县垄膜沟灌马铃薯推荐施肥量

养分元素	土壤养分含量/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	推荐施肥量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
碱解氮	<48.5	>225.7
	48.5~75.9	193.3~225.7
	75.9~95.0	177.2~193.3
	95.0~118.9	161.0~177.2
	>118.9	<161.0
有效磷	<3.0	>164.3
	3.0~10.1	146.5~164.3
	10.1~18.6	137.6~146.5
	18.6~34.2	128.6~137.6
	>34.2	<128.6
速效钾	<65	>166.8
	65~132	149.7~166.8
	132~187	141.1~149.7
	187~267	132.5~141.1
	>267	<132.5

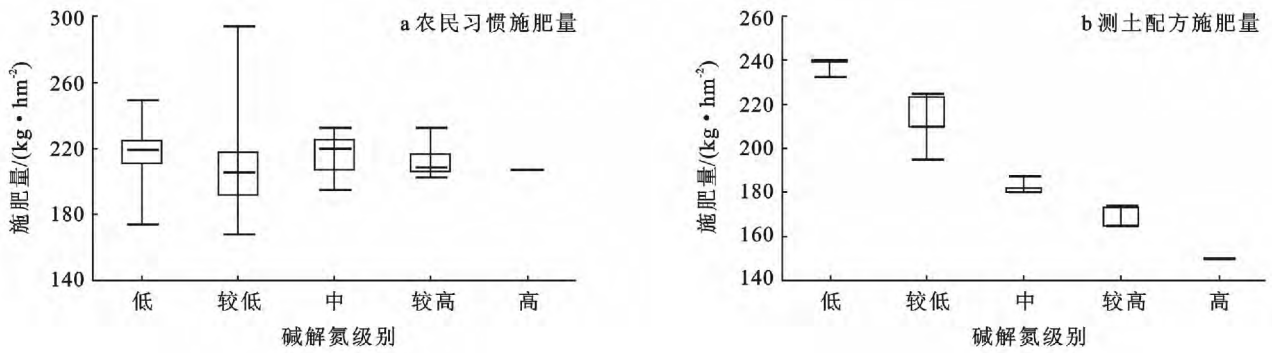


图 1 碱解氮各丰缺程度农民习惯施肥量与测土配方施肥量差异

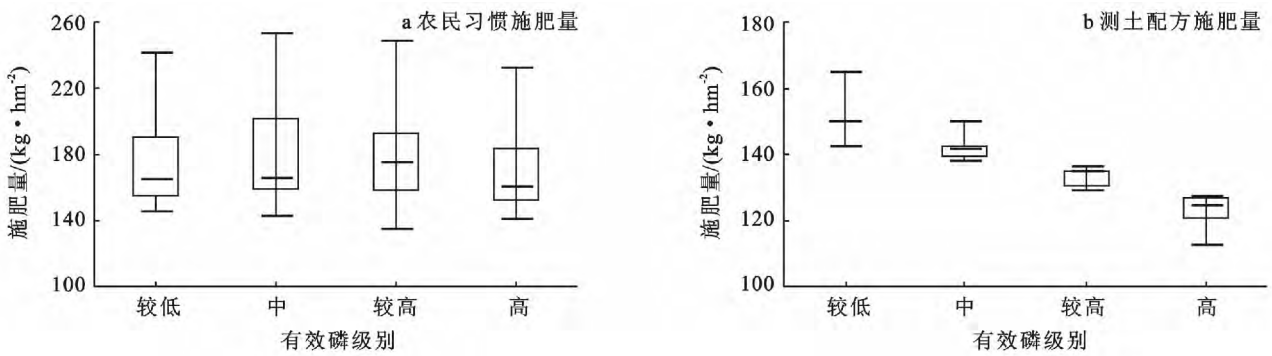


图 2 有效磷各丰缺程度农民习惯施肥量与测土配方施肥量差异

如图 2 所示, 土壤有效磷含量没有低地力等级, 在较低等级推荐施肥量 143~165 kg/hm² 除最小值与最大值两点之外其他各点施肥量均在推荐范围内; 由中到高各个丰缺范围内测土配方施肥磷肥量, 均在表 5 推荐施肥量的范围内, 推荐水平用量较为集中。从较低至高地力水平, 分别比农民习惯施肥量优化施肥

28, 40, 49, 40 kg/hm²。

从图 3 可以看出, 土壤速效钾含量没有低地力等级; 在由较低到高各个丰缺范围内测土配方钾肥量, 均比表 5 推荐施肥量的范围低, 推荐水平用量较为集中。从较低至高地力水平, 分别比农民习惯施肥量优化施肥 2, 16, 17, 35 kg/hm²。

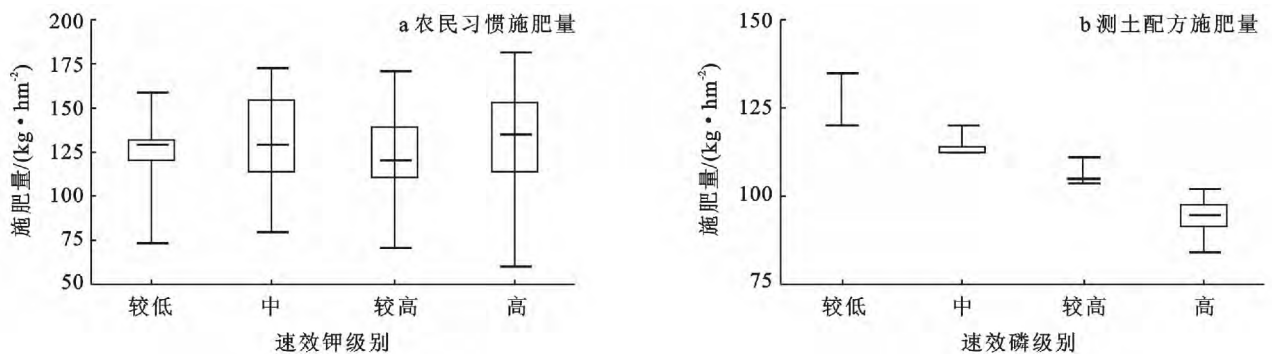


图 3 速效钾各丰缺程度农民习惯施肥量与测土配方施肥量差异

由图 4 可以看出, 在相对产量由低到高各个丰缺范围内测土配方施肥产量没有高级别。从低至较高地力水平, 推荐施肥处理的产量分别比农民习惯施肥量增产 3 696, 1 666, 2 568, 1 571 kg/hm²。

全部示范点平均而言, 习惯施肥平均产量为 31 633.5 kg/hm², 测土配方施肥平均产量 34 722.0 kg/hm², 增产 3 088.5 kg/hm², 增产率达 9.8%。习惯

施肥平均施用纯氮 208.5 kg/hm², 纯磷 178.5 kg/hm², 纯钾 127.5 kg/hm², 氮磷钾比例为 1 : 0.86 : 0.61, 施用纯养分 514.5 kg/hm²。测土配方施肥平均施用纯氮 210.0 kg/hm², 纯磷 135.0 kg/hm², 纯钾 102 kg/hm², 氮磷钾比例为 1 : 0.64 : 0.49, 施用纯养分 447.0 kg/hm², 平均节约化肥 67.5 kg/hm², 节本 506.3 元, 节本增效 3 286.5 元。习惯施肥前产投比

为 3.74, 测土配方施肥产投比为 5.44。由此可见根据地力等级推荐施肥量可以更加有效的因地制宜, 低

增高减, 均衡地力各营养元素, 提高肥料利用率, 并提高产量。

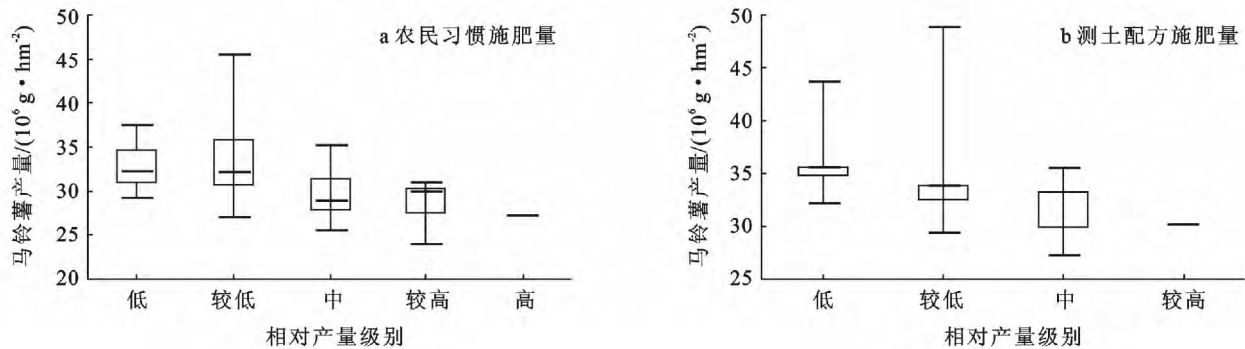


图 4 各相对产量级别农民习惯与测土配方施肥处理的产量差异

3 结论

通过 14 个田间试验, 不仅确定了山丹县在 0—20 cm 土层中碱解氮、有效磷及速效钾土测值的范围, 而且建立了山丹县垄膜沟灌马铃薯土壤养分丰缺指标, 并根据丰缺指标结果建立了该区域垄膜沟灌马铃薯的经济合理施肥量。

山丹县 4 a 的垄膜沟灌马铃薯试验和示范结果说明, 在各种土壤肥力水平上开展“3414”试验, 利用试验数据通过相对产量划分土壤碱解氮、有效磷和速效钾的肥力等级, 同时根据肥料效应函数建立每个肥力等级的肥料用量方程, 就可为各种土壤类型提供较为精确的施肥配方。大样本示范数据说明这种测土配方施肥技术是可以实现普遍增产和增效的。

[参 考 文 献]

- [1] 洪彩愁, 戴树荣. 南安市马铃薯测土配方施肥指标的研究[J]. 江西农业学报, 2010, 22(9): 79-83.
- [2] 张红霞, 李永成. 近年马铃薯价格走势与马铃薯产业发展趋势[J]. 甘肃科技, 2013, 29(21): 7-9.
- [3] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011-2012.
- [4] 李福, 岳云. 甘肃省马铃薯产业集群发展思路[J]. 作物杂志, 2011, 16(4): 11-15.
- [5] 鲁天文, 张忠福, 马金占, 等. 山丹县马铃薯“3414”肥效试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2013(6): 40-42.
- [6] 邵博. 甘肃河西灌区马铃薯垄膜沟灌机械化节水种植技术对比试验[J]. 农业技术与装备, 2011(11): 50-51.
- [7] 张忠福, 鲁天文, 宋金凤. 大西洋马铃薯垄膜沟灌标准化栽培技术[J]. 中国农业信息, 2013(2): 24-25.
- [8] 王君华. 山丹县高效农田节水技术推广现状及思考[J]. 农业科技与信息, 2011(19): 36-37.
- [9] 张建玲, 赵宏儒, 马丽萍, 等. 固阳县旱地马铃薯测土配方施肥田间肥效试验[J]. 内蒙古农业科技, 2011(1): 75-77.
- [10] 孙钊. 测土配方施肥项目的发展现状与对策[J]. 现代农业科技, 2011(1): 290-291.
- [11] 吴永斌, 张立功, 邱宇洁, 等. 陇东黄土丘陵区马铃薯测土配方施肥指标体系研究[J]. 西北农业学报, 2012, 21(10): 191-196.
- [12] 张子义, 郑海春, 郜翻身, 等. 内蒙阴山北麓旱作马铃薯土壤氮、磷、钾丰缺指标研究[J]. 华北农学报, 2011, 26(1): 177-180.
- [13] 冯向阳, 孟祥婵. 县域测土配方施肥指标体系参数分析建立与应用[J]. 河北农业科学, 2012, 16(3): 56-59.
- [14] 张福锁. 测土配方施肥技术要览[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2006.