

阴山南麓旱作马铃薯的施肥指标

郑海春¹，郜翻身¹，张子义²，樊明寿²

(1. 内蒙古自治区土壤肥料工作站，内蒙古 呼和浩特 010010；2. 内蒙古农业大学农学院，内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要：为使内蒙古阴山南麓旱作马铃薯施肥趋于合理，2006~2008年在该地区进行了多点马铃薯“3414”田间试验，分析了不同基础肥力下土壤有效养分含量与马铃薯相对产量的相关性，并依此确定了土壤养分等级和施肥数量。内蒙古阴山南麓旱作马铃薯土壤全氮等级划分为极低($< 0.64 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)、低($0.64\sim0.92 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)、中($0.93\sim1.58 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)、高($1.59\sim1.90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)和极高($> 1.90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)，对应推荐施氮量每 667 m^2 分别为 > 9.3 、 $9.3\sim7.6$ 、 $7.5\sim5.0$ 、 $4.9\sim4.1$ 、 $< 4.1 \text{ kg}$ ；速效磷含量划分为极低($< 4.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、低($4.9\sim8.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、中($8.5\sim19.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、高($19.1\sim25.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)和极高($> 25.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)，对应推荐施磷量每 667 m^2 分别为 > 5.1 、 $5.1\sim4.1$ 、 $4.0\sim2.6$ 、 $2.5\sim2.1$ 、 $< 2.1 \text{ kg}$ ；速效钾含量分为极低($< 61 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、低($61\sim88 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、中($89\sim151 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、高($152\sim182 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)和极高($> 182 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)，对应的推荐施钾量每 667 m^2 分别为 > 5.0 、 $5.0\sim4.3$ 、 $4.2\sim3.3$ 、 $3.2\sim3.0$ 、 $< 3.0 \text{ kg}$ 。

关键词：内蒙古；旱作马铃薯；阴山南麓；丰缺指标；推荐施肥

Establishment of Soil Nutrient Indexes for Rainfed Potato in the South Yinshan Area of Inner Mongolia

ZHENG Haichun¹, GAO Fanshen¹, ZHANG Ziyi², FAN Mingshou²

(1. Inner Mongolia Soil and Fertilizer Station, Inner Mongolia, Hohhot 010010, China;

2. College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Inner Mongolia, Hohhot 010019, China)

Abstract: In order to make proper fertilization recommendation to rainfed potato production in the South Yinshan areas, Inner Mongolia, 96 rainfed potato “3414” fertilization experiments were conducted in 5 counties of the South Yinshan area from 2006 to 2008. The correlation between the soil nutrient concentration and the corresponding relative yield of potato tubers in different fertility levels was analyzed, soil nutrient abundance indexes of the South Yinshan area was established, and recommendation rates were also calculated from the fertilizer effect functions. The total soil N was classified as 5 degrees of very low ($< 0.64 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), low ($0.64\sim0.92 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), medium ($0.93\sim1.58 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), high ($1.59\sim1.90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) and very high ($> 1.90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), and the corresponding N fertilizer recommendation rates were as > 9.3 , $9.3\sim7.6$, $7.5\sim5.0$, $4.9\sim4.1$, $< 4.1 \text{ kg}$ based on 667 m^2 of land, respectively. Five Olsen P grades were as very low ($< 4.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), low ($4.9\sim8.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), medium ($8.5\sim19.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), high ($19.1\sim25.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) and very high ($> 25.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), and the corresponding P fertilizer recommendation rates were as > 5.1 , $5.1\sim4.1$, $4.0\sim2.6$, $2.5\sim2.1$, $< 2.1 \text{ kg}$ P_2O_5 based on 667 m^2 of land, respectively. Five soluble K grades were as very low ($< 61 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), low ($61\sim88 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), medium ($89\sim151 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), high ($152\sim182 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) and very high ($> 182 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), and corresponding K fertilizer recommendation rates was as following: > 5.0 , $5.0\sim4.3$, $4.2\sim3.3$, $3.2\sim3.0$, $< 3.0 \text{ kg}$ K_2O based on 667 m^2 of land.

Key Words: Inner mongolia; rainfed potato ; South Yinshan area; soil nutrient; fertilization recommendation

通过田间试验，同时采用准确土壤测试，建立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环节，也是当前进行的测土配方施肥工作的重要内容^[1]。20世纪

收稿日期：2010-04-27

基金项目：国家十一五科技支撑项目(2008BADA4B02)；内蒙古马铃薯产业技术服务体系建设；内蒙古自然科学基金(2009MS0302)。

作者简介：郑海春(1960-)，男，推广研究员，从事地力评价和作物施肥研究与技术推广。

* 通信作者：樊明寿，教授，主要从事马铃薯养分管理研究，E-mail：fmswh@yahoo.com.cn。

80年代, 高炳德^[2,3]研究制定了内蒙古灌溉马铃薯土壤氮、磷丰缺指标体系, 这些指标体系的建立对当时的马铃薯科学施肥起到了积极的推动作用。经过二十余年的发展, 农民施肥方式、马铃薯产量水平、栽培方式等已发生了重大变化, 土壤肥力也已发生变化, 这从俞海等^[4]的研究中可以部分地反映出来。而且由于过去的指标体系是在有灌溉条件的马铃薯试验基础上得出的, 不能满足指导旱作马铃薯施肥的需要, 因此, 有必要建立新的马铃薯土壤丰缺指标技术体系, 实现高效施肥, 减少过量施肥造成的浪费和对环境的不良影响, 提高马铃薯产量和品质^[1,5]。

为了提高田间试验效率, 目前普遍采用“3414”试验方案, 是二次回归D-最优设计的一种, 指氮、磷、钾3个因素、4个水平、14个处理。该设计方案吸收了回归最优设计处理少、效率高的优点^[5]。自2006年起, 课题组在内蒙古阴山南麓地区5个县布置了大量“3414”旱作马铃薯施肥田间试验。本文对该地区的“3414”试验结果进行了分析研究, 初步制定了内蒙古阴山南麓地区旱作马铃薯土壤养分丰缺指标体系, 以期为科学施肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 田间试验概况

2006~2008年, 在阴山南麓生态区共布置马铃薯“3414”肥料肥效试验117个, 分散在高、中、低肥力水平的地块上, 详细地点和实施方案见表1。

表1 阴山南麓区马铃薯田间试验数量及方案

Table 1 Experimental scheme of rainfed potato in the South Yinshan area

地点 Place	年度 Year	试验数量(No.) Number	667 m ² 施肥量(kg) Fertilizing rate per 667 m ²		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
凉城	2007	15	10.0	5.0	5.0
Liangcheng	2006	1	11.0	5.0	6.0
和林格尔	2007	11	11.0	5.0	4.6
Helinger	2008	9	11.0	5.0	4.6
丰镇	2007	15	10.0	5.0	5.0
Fengzhen	2008	13	10.0	5.0	5.0
兴和	2008	25	10.0	5.0	5.0
Xinghe					
卓资	2007	28	10.0	5.0	5.0
Zhuozi					

供试马铃薯品种全部为克新1号, 整个生育期不进行任何灌溉。剔除失败的试验21个, 剩余96个试验的结果用于统计分析。试验小区面积20~30 m², 小区采用随机排列。试验小区除施肥数量外, 其他管理措施完全一致。

1.2 土壤取样及测试

播种前, 在每一试验点取0~20 cm的混合土样, 风干磨细, 过0.25 mm筛, 保存用于养分测定。全氮采用浓H₂SO₄消煮—半微量凯氏法; 有效磷采用NaHCO₃浸提—钼锑抗比色法; 速效钾采用NH₄OAc浸提—火焰光度法。

1.3 收获测产

收获时去除边行, 按小区实收, 折算产量。

1.4 数据分析

运用EXCEL软件进行数据统计与分析。

2 结果与分析

2.1 养分丰缺指标的划分

将“3414”试验方案中无肥区产量与2水平的产量相比, 获得相对产量。然后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(表2)。

表2 阴山南麓区土测值与马铃薯相对产量的关系
及养分丰缺指标(n=96)

Table 2 Abundance index of N P K of rainfed potato in South Yinshan area(n=96)

养分 Nutrient	相对产量 (%)		丰缺程度 Abundance grades	丰缺指标 Abundance index	回归方程 Regression equation
	Relative yield	Y			
全 氮 Total N (g·kg ⁻¹)	<65	极低	<0.64	$Y=0.2756\ln(X)+0.7738$ $R^2=0.459$	
	65~75	低	0.64~0.92		
	76~90	中	0.93~1.58		
	>95	高	1.59~1.90		
有效磷 Olsen-P (mg·kg ⁻¹)	<65	极低	<4.9	$Y=0.1837\ln(X)+0.3588$ $R^2=0.394$	
	65~75	低	4.9~8.4		
	76~90	中	8.5~19.0		
	>95	高	19.1~25.0		
速效钾 Solubale K (mg·kg ⁻¹)	<65	极低	<61	$Y=0.2751\ln(X)-0.481$ $R^2=0.436$	
	65~75	低	61~88		
	76~90	中	89~151		
	>95	高	152~182		
			>182		

表中回归关系式中 X 代表土壤养分含量, Y 代表马铃薯的相对产量。统计检验结果表明, 土壤全氮、有效磷、速效钾与马铃薯块茎相对产量的相关系数均达到极显著水平($r_{0.01}=0.2540$, $n=96$), 将相对产量低于 65% 的土壤养分状况定为极低, 相对产量在 65%~75%、76%~90%、91%~95% 间的土壤, 其养分状况分别定为低、中和高, 相对产量高于 95% 的土壤养分状况定为极高, 然后将该划分等级的相对产量临界值带入回归方程, 即可计算出该生态区马铃薯的土壤养分丰缺指标范围, 结果列于表 2。

表 2 清楚地划分了不同肥力土壤养分的含量范围, 如土壤速效钾测定值低于 $61 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 说明该土壤种植马铃薯需要补充大量钾素, 相反若土壤速效钾测定值高于 $182 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 表明土壤速效钾充足, 种植马铃薯可以酌情少施或不施钾肥。该表不仅使阴山南麓马铃薯产区的土壤肥力划分有了依据, 而且便于农技部门通过测土指导施肥。

2.2 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。利用多年多点试验, 分别建立了马铃薯最佳施氮量与土壤全氮测定值、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式:

$$667\text{m}^2 \text{ 施氮量(kg)}: Y = -4.6985 \ln(X) + 7.1446 \\ (R^2=0.401);$$

$$667\text{m}^2 \text{ 施磷量 (kg)}: Y = -1.8197 \ln(X) + 7.9415 \\ (R^2=0.408);$$

$$667\text{m}^2 \text{ 施钾量(kg)}: Y = -1.8631 \ln(X) + 12.643 \\ (R^2=0.585)。$$

将土壤养分丰缺指标, 即养分含量临界值(表2)带入上述函数关系式中(式中 X 表示土壤养分含量, Y 表示最佳施肥量), 得出不同土壤养分含量条件下的合理施肥量见表 3。

建立如表 3 的推荐施肥量表后, 根据土壤测试值所在的范围, 即可作出施肥量估算。从表 3 可以看出, 在同一生态区, 由于土壤肥力存在差异, 马铃薯的氮、磷肥推荐用量可以相差 1 倍以上。如土壤有效磷含量低于 $4.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 磷肥推荐量每 667 m^2 至少 5.1 kg , 相反如果土壤有效磷含量超过 $25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 磷肥推荐量每 667 m^2 小于 2.1 kg 。

表 3 阴山南麓旱作马铃薯的经济合理施肥量

Table 3 Fertilizer recommendation rates of rainfed potato in the South Yinshan area

土壤养分含量 Soil nutrient content	667 m ² 推荐施肥量(kg) Fertilizer recommendation rate per 667 m ²	
<0.64	>9.3	
全氮 Total N (g·kg ⁻¹)	0.64~0.92 0.92~1.58 1.58~1.90 >1.90	9.3~7.6 7.6~5.0 5.0~4.1 <4.1
有效磷 Olsen-P (mg·kg ⁻¹)	<4.9 4.9~8.4 8.4~19.0 19.0~25.0 >25.0	>5.1 5.1~4.1 4.1~2.6 2.6~2.1 <2.1
速效钾 Solubale K (mg·kg ⁻¹)	<61 61~88 88~151 151~182 >182	>5.0 5.0~4.3 4.3~3.3 3.3~3.0 <3.0

3 讨 论

由于土壤肥力差异是客观存在的, 因此建立合理的土壤肥力分级指标就成为有效利用土壤养分测试值进行推荐施肥的基础。土壤肥力分级指标的准确性直接影响推荐施肥的合理性, 而指标的准确性很大程度上取决于田间试验的数量、分布。本课题组在内蒙古阴山南麓旱作区布置了 117 个田间试验, 虽然有 21 个试验因自然灾害等原因失败, 但成功试验数仍达 96 个, 因此具有足够的样本数。另外为了保证试验能够分布在不同肥力的地块, 打破县域行政界线, 而采用按生态地区统一布置的方法, 因此本文所得肥力等级指标的准确性具有较好的保障。

陈新平等^[5]曾撰文提出, 由于“3414”试验设计的独特优势, 其试验结果不仅可以用三元二次肥料效应函数拟合, 而且可以用二元或一元肥料效应函数拟合。付莹莹等^[6]采用三元二次模型建立了陕西关中灌区冬小麦土壤养分丰缺指标体系。孙义祥等^[7]使用一元肥料效应函数成功地建立了冬小麦土壤养分丰缺指标。本研究曾采用三元二次和一元二次模型分别进行肥料效应方程拟合, 结果是采用三元二次模型进行拟合成功率较低, 而采用一元二次模型分别

中图分类号：S532 文献标识码：A 文章编号：1672-3635(2010)03-0172-04

马铃薯茎尖脱毒培养影响因素研究

王娟，汪仲敏，王瑞英，杨俊丰，潘晓春^{*}，姚宴红

(甘肃省定西市旱作农业科研推广中心，甘肃 定西 743000)

摘要：以马铃薯茎尖为外植体，通过组织培养研究了不同的茎尖大小、不同浓度和配比的细胞分裂素和生长素对脱毒效果的影响。结果表明：茎尖越小，脱毒率越高但成活率和成苗率越差；茎尖越大，成活率和成苗率高但脱毒率差。6种培养基中以MS+NAA 0.1 mg·L⁻¹效果最好，成苗率为33.75%，为本试验中茎尖诱导分化成苗的最优培养基。

关键词：马铃薯；茎尖培养；影响因素

Influencing Factors of Potato Meristem Culture for Virus Elimination

WANG Juan, WANG Zhongmin, WANG Ruiying, YANG Junfeng, PAN Xiaochun, YAO Yanhong

(Dingxi Dry Farming Research and Extension Center, Dingxi, Gansu 743000, China)

Abstract: The factors, including meristem size and concentration and proportioning of auxin and cytokinins in medium, were studied for efficacy of virus elimination. The smaller the meristem size, the higher the virus-free regenerated plantlet percentage, however, the survival percentage of inoculated meristem and percentage of regenerated plantlets were decreased. On the other side, the larger the meristem size, the higher the survival percentage of inoculated meristem and percentage of regenerated plantlets, but the efficacy of virus elimination was poor. Of six media tested the medium MS + NAA 0.1 mg·L⁻¹ was the best medium for differentiation, with the percentage of regenerated plantlets being 33.75%.

Key Words: potato; meristem culture; factor

收稿日期：2010-03-08

作者简介：王娟(1980-)，女，研究员，主要从事马铃薯组织培养及遗传育种研究。

*通信作者：潘晓春，副研究员，主要从事马铃薯遗传育种研究，E-mail: pxc0820@126.com。

进行N、P、K与产量的回归分析，成功率较高，因此最佳施肥量均是通过一元二次模型获得的。

阴山南麓区虽然是内蒙古的重要马铃薯产区，而且多数为旱作栽培，多年来缺乏基本的指导施肥的依据，虽然过去有人曾建立了包括该地区在内的马铃薯推荐施肥指标体系^[2,3]，但其是用于指导灌溉马铃薯施肥的。因此，本指标的建立将成为阴山南麓旱作马铃薯的主要施肥依据。

关于土壤氮素含量的分级指标，传统的方法是依据碱解氮进行^[2]。由于用碱解氮表述速效氮含量存在缺陷，而基层农技推广部门难以获得土壤N_{min}，所以本文采用了土壤全氮作为分级指标。

对于钾来说，阴山南麓土壤钾含量相对丰富，试验中低钾水平的地块偏少，由此得出的低肥力等级的实际养分临界值以及推荐施肥量是否能够有效

指导施肥实践，尚需进行试验检验。

[参考文献]

- [1] 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: 93-110.
- [2] 高炳德. 马铃薯氮肥施用技术的研究[J]. 马铃薯杂志, 1988, 2(2): 85-92.
- [3] 中国农业百科全书. 作物卷[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 34-35.
- [4] 俞海, 黄季焜, Scott Rozelle, 等. 中国东部地区耕地土壤肥力变化趋势研究[J]. 地理研究, 2003, 22(3): 381, 387.
- [5] 陈新平, 张福锁. 通过“3414”试验建立测土配方施肥指标体系[J]. 中国农技推广, 2006, 22(4): 36-39.
- [6] 付莹莹, 同延安, 李文祥, 等. 陕西关中灌区冬小麦土壤养分丰缺指标体系的建立[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(5): 897-900.
- [7] 孙义祥, 郭跃升, 于舜章, 等. 应用3414试验建立冬小麦测土配方施肥指标体系[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(1): 197-203.