

文章编号 :1003-8701(2011)06-0028-05

县域玉米测土配方施肥应用技术研究

彭 畅¹, 牛红红¹, 李 强¹, 顾 明², 赵丽娟², 朱 平^{1*}

(1. 吉林省农业科学院农业环境与资源研究中心, 长春 130033;
2. 吉林省梨树县农业技术推广总站, 吉林 梨树 136500)

摘 要: 本文对梨树县配方施肥数据进行汇总分析, 结果表明: 从 1982 年土壤普查后, 土壤有机质含量、碱解氮含量、速效磷含量、速效钾含量均有增加的趋势。通过应用配方施肥技术在梨树县主要类型区土壤得出了施肥量与产量的效应方程。在中部黑土区 667 m² 施 N- P₂O₅- K₂O: 13.26 kg- 5.46 kg- 5.64 kg, 达最高产量 644.7 kg; 在西北部风沙土区 667 m² 施 N- P₂O₅- K₂O: 13.26 kg- 4.57 kg- 7.91 kg, 达最高产量 582.5 kg; 在南部棕壤区 667 m² 施 N- P₂O₅- K₂O: 12.4 kg- 8.33 kg- 4.08 kg, 可获得最高产量 699.58 kg。综合全县来看, 667 m² 施纯 N14.38 kg、P₂O₅ 5.28 kg、K₂O 6.43 kg, 此时可获得最高产量 637.14 kg。在梨树县主要农区平均 1kg 肥料增产粮食 9.27 kg, 肥料增产贡献率由高到低的顺序为: 氮肥 > 磷肥 > 钾肥, 从不同类型区来看, 化肥增产排序为北部风沙土区 > 南部棕壤区 > 中部黑土区。

关键词: 梨树县; 测土配方施肥; 3414 试验; 产量; 施肥量

中图分类号: S513.062

文献标识码: A

Studies on Technology of Applying Soil Testing and Fertilizer Recommendation for Maize in Counties

PENG Chang¹, NIU Hong-hong¹, LI Qiang¹, GU Ming², ZHAO Li-juan², ZHU Ping^{1*}

(1. *Agricultural Environment and Resource Research Center, Academy of Agricultural Sciences of Jilin Province, Changchun 130033*; 2. *Lishu Agricultural Technology Extension Station of Jilin Province, Lishu 136500, China*)

Abstract: Statistics of fertilization in Lishu County was collected and analyzed in the paper. The results showed that after soil survey in 1982, soil organic matter content, nitrogen content, available phosphorus, available potassium were increased. Fertilization technology according to the main types of soil in Lishu come to effect fertilization and yield equations. In black soil district the fertilization of N- P₂O₅- K₂O was 13.26- 5.46- 5.64 kg/667 m², the highest yield was 644.7 kg; in north- west sandy soil areas the fertilization of N- P₂O₅- K₂O was 13.26- 4.57- 7.91 kg/667 m², the highest yield was 582.5 kg; in the southern brown soil zone the fertilization of N- P₂O₅- K₂O was 12.4- 8.33- 4.08 kg/667 m², for maximum yield was 699.58 kg. When the county was accounting as a whole, the fertilization of pure N14.38kg, P₂O₅ 5.28kg, K₂O 6.43kg, the maximum yield was 637.14 kg. In main grain production areas of Lishu, input of 1 kg fertilizer achieved 9.27 kg increase of grains. Fertilizers contribution rate to yield increase decreased in such order: nitrogen > fertilizer > K. According to different types of areas, yield increase by fertilizer application in such order: wind sand soil area in the north > brown soil zone in the south > black soil area in the central.

Keywords: Lishu County; Fertilization according to soil test; 3414 test; Production; Fertilizer dosage

收稿日期: 2011-10-15

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201003014)

作者简介: 彭 畅(1977-), 女, 在读博士, 副研究员, 从事环境监测与土壤培肥研究。

通讯作者: 朱 平, 男, 研究员, E-mail: zhuping1962@sohu.com

测土配方施肥是我国施肥技术上的一项重大改革。20 世纪 80 年代初我国开始推广配方施肥,主要以土壤基本肥力分析为基础,对土壤肥力进行分级,再根据目标产量和肥料利用系数计算经济施肥量。本试验以梨树县为例,梨树县地处吉林省中南部,全县幅员面积 4 209 km²,耕地面积 22 万 hm²。栽培作物以玉米、大豆、水稻为主,其中玉米占 75%~80%,是国家和吉林省重点商品粮基地之一。

1 材料与方法

1.1 梨树县自然概况

梨树县地处北纬 42°,东经 119°,属温带半湿润季风大陆性气候,常年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 3 046.8 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,年平均日照时数 2 698.5 h,年平均降水量 577.2 mm,无霜期平均为 152 d。梨树县由东南到西北,气候由湿润逐步过渡到半干旱;地形由丘陵逐渐过渡到平原;植被由森林逐渐过渡到草原,因而成土过程较为复杂,形成的土壤类型多,几乎吉林省的主要土壤类型在梨树县均有分布。第二次土壤普查把梨树县的土壤分为 17 个土类,37 个亚类,47 个土属,132 个土种,主要土壤类型有黑土、黑钙土、草甸土、淡黑钙土、风沙土、棕壤土、白浆土等。

1.2 试验地点概况

试验点的基本情况:试验在中部、北部、南部共 20 个点次,土壤速效氮、磷、钾测试平均值如下:

A、西北部风沙盐碱区:包括的乡镇有刘家馆、林海、沈洋、小城子(部分村)、四棵树(部分村)、

榆树台(部分村),主要土壤类型为风沙土、淡黑钙土、盐碱土、盐碱化草甸土等。

B、中部黑土区:包括的乡镇有蔡家、小城子(部分村)、喇嘛甸、泉眼岭、榆树台(部分村)、金山、太平、胜利、四棵树(部分村)、双河、东河、董家、白山、梨树乡、梨树镇、万发、大房身、郭家店(部分村)、十家堡(部分村),主要土壤类型为黑土、黑钙土、草甸土、冲积土等。

C、南部棕壤区:包括的乡镇有十家堡(部分村)、孟家岭、石岭、叶赫、郭家店(部分村),主要土壤类型为棕壤、白浆土、灰棕壤、破皮黑土等。

1.3 土壤基本性质

表 1 供试土壤的基本性质

试验地点	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
中部 10 点)	122.31	37.55	164.58
北部 6 点)	80.89	7.88	82.40
南部 4 点)	111.77	21.41	93.89

1.4 供试作物及肥料

供试玉米品种为郑单 958,其中氮肥为长效尿素(锦西化工集团生产,含纯氮 46%),磷肥为重过磷酸钙(云南产,含纯五氧化二磷 46%),钾肥为硫酸钾(含氧化钾 50%),全部作基肥一次施用。

1.5 试验设计

本研究采用“3414”方案设计,是二次回归 D- 最优设计的一种,是指氮、磷、钾 3 个因素,4 个水平,14 个处理。4 个水平的含义:0 水平指不施肥;2 水平指最佳施肥量;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),每个试验点不设置重复,其具体试验方案处理如下。

表 2 “3414”试验处理

试验编号	处理	N	P	K	试验编号	处理	N	P	K
1	N0P0K0	0	0	0	8	N2P2K0	2	2	0
2	N0P2K2	0	2	2	9	N0P0K1	0	0	1
3	N1P2K2	1	2	2	10	N2P2K3	2	2	3
4	N2P0K2	2	0	2	11	N3P2K2	3	2	2
5	N2P1K2	2	1	2	12	N1P1K2	1	1	2
6	N2P2K2	2	2	2	13	N1P2K1	1	2	1
7	N2P3K2	2	3	2	14	N2P1K1	2	1	1

试验采用“3414”完全试验,小区面积 50 m²,不设重复,3 个因素 4 个水平设计方案分别为:氮为 0、6、12、18 kg,磷为 0、2.5、5、7.5 kg,钾为 0、2.5、5、7.5 kg。

1.6 样本采集与测定项目

1.6.1 样本采集方法

一般是先把采样区域划分成若干采样地块。同一采样地块里的地形、近期耕作施肥措施、作物长相和产量水平等应基本一致。每一采样地块的

面积不应过大,一般不要超过 3.3 hm²。

采样点的分布应尽量照顾到土壤的全面情况,不要太集中,不要在路旁、沟边、渠道附近和粪堆底等地方采样。因为这些地方不代表地块的平均肥力。

采样时,采取对角线或蛇形方法取样。在采样点上先刮去 2~3 cm 厚的表层土,再用耕层取土器或铁铲(锹)等取深 20 cm、宽 10 cm、厚 1~2 cm 的土片。每块地 5~10 个点取一个混合样,用

四分法多次淘汰,剩至 0.5 kg 为止,装入袋中,袋内外均需有标签,用铅笔写明样品编号、采样地块名称、采样日期、采样人等。

1.6.2 测定项目与方法

有机质采用重铬酸钾氧化 - 外加热法(NY/T 1121.6-2006), 碱解 N 采用碱解 - 扩散法(LY/T 1229-1999); 速效 P 采用碳酸氢钠浸提 - 钼锑抗比色法(LY/T 1233-1999); 速效 K 采用乙酸铵浸提 - 火焰光度法(LY/T 1236-1999)。

2 结果与讨论

2.1 梨树县土壤肥力状况随时间变化情况

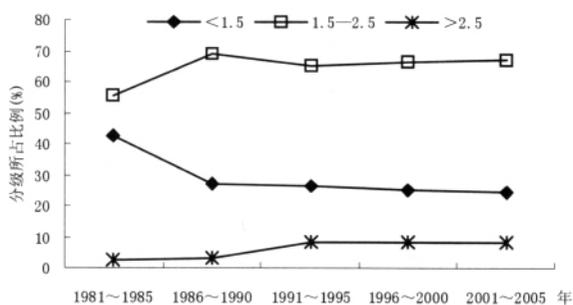


图1 土壤有机质含量分级情况

土壤有机质含量小于 1.5% 比例有递减趋势, 介于 1.5%~2.5% 和大于 2.5% 比例有增加趋势。从 1986 年至 2005 年土壤有机质含量小于 1.5% 比例和介于 1.5%~2.5% 之间的比例基本稳定在 24.5%~27% 和 65.3%~69.2%, 变异程度不大, 而土壤有机质含量大于 2.5% 随时间比例有所增加, 尤其在 1991 年后土壤有机质大于 2.5% 的比例从 1990 年左右的 3.5% 左右上升为 8.2%, 增加了 2.3 倍。

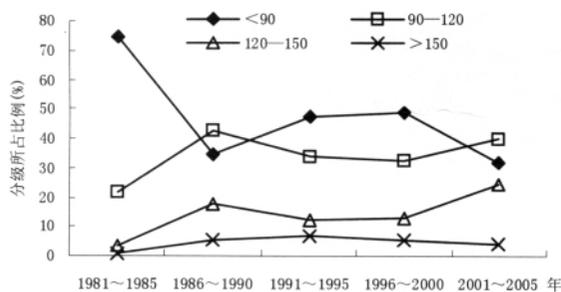


图2 土壤碱解氮分级情况

一方面因为根据 1982 年土壤普查结果全县土壤普遍缺氮, 严重缺磷, 部分缺钾, 因此在 1982 年后的几年内, 推广增施磷肥及二铵等一系列技术, 施肥在增加作物产量的同时, 土壤地下根系也

有所增加, 使土壤有机物料归还增加, 也是土壤有机质上升的主要因素。从 1986 年以来, 土壤有机质含量分级比例波动不大, 也可以看出, 有机质提升和下降是一个漫长的过程, 因此应该保持土壤有机质的平衡。

土壤碱解氮变化随时间呈现出总体增加的趋势, 同土壤有机质变化趋势相同, 也是从 1986 年开始, 土壤碱解氮呈现出增加态势。这与土壤二次普查后执行的施肥政策有关。土壤碱解氮含量大于 150 mg/kg 呈现先增加后减少的趋势, 土壤碱解氮含量以 90~150 mg/kg 比例有增加, 原因主要是后期随高产品种及栽培水平的提高, 养分投入没有增加的情况下, 土壤氮库补充不足, 增加了土壤氮的耗竭程度, 使得土壤碱解氮 90~150 mg/kg 比例增加, 而大于 150 mg/kg 比例有所下降。

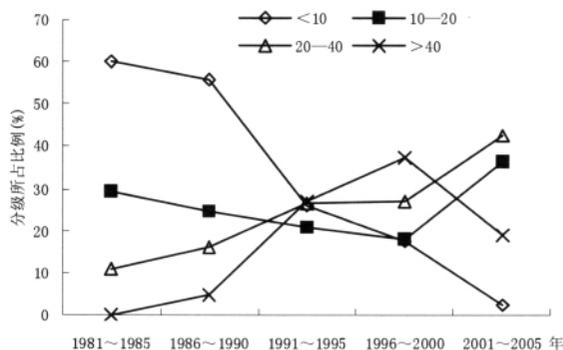


图3 土壤速效磷分级情况

土壤速效磷含量随时间变化呈现增加趋势。且以 10~20 mg/kg 及 20~40 mg/kg 增加较为明显, 其中 20~40 mg/kg 的比例由 1981~1985 年的 10.8% 增加到 2001~2005 年的 42.8%, 增加 4 倍多。土壤速效磷含量小于 10 mg/kg 比例减少最为明显, 由原来 1981~1985 年的所占 60% 减少为 2001~2005 年间的 2.2%, 减少了 30 倍。

土壤速效钾含量随时间总体上也呈增加的趋势。其中以土壤速效钾含量在 100~150 mg/kg 增加较为明显, 由 1981~1985 年的 16.5% 增加到 2001~2005 年的 50.9%, 增加 3 倍多; 土壤速效钾在 150~200 mg/kg 之间的比例从 1981~1985 年的 4.4% 增加到 2001~2005 年的 16%, 增加 3.6 倍; 土壤速效钾大于 200 mg/kg 的比例从 1981~1985 年的 0.6% 增加到 2001~2005 年的 3.3%, 增加 5.5 倍。从图中可以看出, 土壤速效钾含量由原来 150~200 mg/kg 及大于 200 mg/kg 比例先增加后降低, 同时 100~150 mg/kg 比例有

所上升。可以看出近年应用高产品种及栽培水平的提高对土壤钾库容量也有所消耗,外源钾投入不足,使得土壤速效钾含量有所降低。

2.2 不同土壤类型区施肥量与产量关系研究

利用全国农业技术服务中心统一制定的“玉米平衡施肥试验统计分析程度(PHSF)”,分别建立了各试验点产量(Y)和纯 N(X1)、P₂O₅(X2)、K₂O(X3)的回归模型,并进行了 F 检验。

表 3 回归模型 F 检验

土壤类型	n	R	SY	F	F0.05	F0.01
黑土区	10	0.960 8	21.828 3	5.342	5.999	14.659
风沙土区	10	0.981 2	23.921 1	11.517*		
棕壤土区	10	0.969	27.357 9	6.832*		
全县平均	10	0.983 9	17.321 5	13.449*		

利用“3414”试验统计分析程序,分别建立了各试验点回归模型,并进行了 F 检验。分析结果表明,20 个试验点均达到了显著水平,说明每个试验点氮、磷、钾肥和产量之间都存在明显的函数关系。在此基础上建立了 3 个施肥类型区和全县平均值的回归模型均达到了显著水平,且相关系数均达到了 0.96 以上。由此可见,完全可以利用回归模型确定施肥量和产量的预测。梨树县中部黑土区玉米产量与施肥量的数学方程为:

$$Y=503+5.8X_1+23.3X_2+16.22X_3+1.23X_1X_2+1.14X_1X_3+1.29X_2X_3-0.71X_1^2-2.96X_2^2-2.16X_3^2(n=10,R=0.9608);$$

西北部风沙土区玉米产量与施肥量的数学方程为:

$$Y=328+16.18X_1+34.69X_2+9.28X_3+0.62X_1X_2+1.89X_1X_3+1.55X_2X_3-1.09X_1^2-3.51X_2^2-2.01X_3^2(n=10,R=0.9812*);$$

南部棕壤区玉米产量与施肥量的数学方程为:

$$Y=517+7.92X_1+30.64X_2+7.26X_3+0.44X_1X_2+3.39X_1X_3+3.52X_2X_3-1.05X_1^2-1.30X_2^2-2.33X_3^2(n=10,R=0.969*);$$

综合全县玉米产量与施肥量的数学方程为:

$$Y=456+9.33X_1+28.17X_2+13.62X_3+0.98X_1X_2$$

$$+1.79X_1X_3-1.89X_2X_3-0.9X_1^2-2.85X_2^2-2.28X_3^2(n=10,R=0.984*);$$

式中 Y 为玉米产量(kg/667 m²);X₁、X₂、X₃ 分别为氮肥、磷肥、钾肥代码。对方程进行回归系数显著性分析,结果表明:方程达到了显著的水平,方程拟合度较高,表明此方程真实存在。方程式中一次项系数均大于 0,二次项系数均小于 0,交互相系数 X₁X₃、X₂X₃ 的系数均为正值,说明玉米产量与施肥量数学模型为典型的三元二次肥料效应方程。

利用已建立的方程,可获得高产量时的最优方案。分别对不同区域方程中各因素求偏导,并设其等于零,计算所得,在中部黑土区最高产量需肥量为 X₁=13.26 kg/667 m²,X₂=5.46 kg/667 m²,X₃=5.64 kg/667 m²。即在供试土壤上,在本试验条件下每 667 m² 施入纯氮 13.26 kg、P₂O₅ 5.46 kg、K₂O 5.64 kg,此时可获得最高产量 644.7 kg;在西北部风沙土区最高产量需肥量为纯氮 15.66 kg、P₂O₅ 4.57 kg、K₂O 7.91 kg,此时可获得最高产量 582.5 kg;在南部棕壤区最高产量施肥量为每 667 m² 施入纯氮 12.4 kg、P₂O₅ 8.33 kg、K₂O 4.08 kg,此时可获得最高产量 699.58 kg。综合全县来看,最高产量 637.14 kg/667 m² 施肥量为纯氮 14.38 kg、P₂O₅ 5.28 kg、K₂O 6.43 kg。

表 4 施肥决策汇总

类型	最高产量施肥量(kg/667 m ²)				经济施肥量(kg/667 m ²)			
	产量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	产量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
中部	644.70	13.26	5.46	5.64	626.43	7.57	3.91	3.85
北部	582.53	15.66	4.57	7.91	567.98	11.24	4.14	5.20
南部	699.58	12.40	8.33	4.08	691.56	11.02	5.07	5.07
平均	637.14	14.38	5.28	6.43	620.70	9.28	4.38	4.10

2.3 施肥贡献情况分析

平均 1 kg 肥料增产粮食 9.27 kg,肥料增产贡献率由高到低的顺序为:氮肥 > 磷肥 > 钾肥,贡献率分别为 52.25%、24.66%和 23.09%;从不同类型区来看,化肥增产排序为北部风沙土区 > 南部棕壤区 > 中部黑土区。其中化肥增产作用最

大的是西北部风沙土区,每公斤肥料增产粮食为 11.66 kg,氮磷钾肥料贡献率为 54.61%、20.11%和 25.28%,增产贡献排序为 N>K>P;其次为南部棕壤区,每公斤肥料增产 8.24 kg 粮食,氮磷钾的贡献为 N>P=K;中部黑土区每公斤肥料增产粮食 8.05 kg,氮磷钾的贡献为 N>P>K。

表5 不同区域肥料贡献率

类型	经济施肥			
	1 kg 肥增粮	N(%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O(%)
中部	8.05	49.38	25.50	25.12
北部	11.66	54.61	20.11	25.28
南部	8.24	52.07	23.96	23.97
平均	9.27	52.25	24.66	23.09

3 结 论

3.1 梨树县土壤有机质含量随年度小于 1.5% 比例有递减趋势, 介于 1.5%~2.5% 和大于 2.5% 比例有增加趋势; 土壤碱解氮变化随时间呈现出总体增加的趋势, 以土壤碱解氮 90~150 mg/kg 比例有增加, 而大于 150 mg/kg 有所下降; 土壤速效磷含量随时间变化呈现增加趋势, 且以 10~20 mg/kg 及 20~40 mg/kg 增加较为明显, 土壤速效磷含量小于 10 mg/kg 比例减少最为明显; 土壤速效钾含量随时间总体上也呈增加的趋势。其中以土壤速效钾含量在 100~150 mg/kg 增加较为明显, 以 150~200 mg/kg 及大于 200 mg/kg 比例先增加后降低。

3.2 梨树县主要类型土壤区域, 用三元二次曲线方程很好的拟合了施肥量与产量的效应关系, 主要区域数学方程如下:

中部黑土区玉米产量与施肥量的数学方程为:

$$Y=503+5.8X_1+23.3X_2+16.22X_3+1.23X_1X_2+1.14X_1X_3+1.29X_2X_3-0.71X_1^2-2.96X_2^2-2.16X_3^2(n=10, R=0.9608);$$

西北部风沙土区玉米产量与施肥量的数学方程为:

$$Y=328+16.18X_1+34.69X_2+9.28X_3+0.62X_1X_2+1.89X_1X_3+1.55X_2X_3-1.09X_1^2-3.51X_2^2-2.01X_3^2(n=10, R=0.9812*);$$

南部棕壤区玉米产量与施肥量的数学方程为:

$$Y=517+7.92X_1+30.64X_2+7.26X_3+0.44X_1X_2+3.39X_1X_3+3.52X_2X_3-1.05X_1^2-1.30X_2^2-2.33X_3^2(n=10, R=0.969*);$$

综合全县玉米产量与施肥量的数学方程为:

$$Y=456+9.33X_1+28.17X_2+13.62X_3+0.98X_1X_2+1.79X_1X_3-1.89X_2X_3-0.9X_1^2-2.85X_2^2-2.28X_3^2(n=10, R=0.984*);$$

用方程计算得出在中部黑土区 667 m² 施 N-P₂O₅-K₂O: 13.26 kg-5.46 kg-5.64 kg, 达最高产量 644.7 kg; 在西北部风沙土区 667 m² 施 N-P₂O₅-K₂O: 13.26 kg-4.57 kg-7.91 kg, 达最高产量 582.5 kg; 在南部棕壤区 667 m² 施 N-P₂O₅-K₂O: 12.4 kg-8.33 kg-4.08 kg, 可获得最高产量 699.58 kg。综合全县来看, 667 m² 施纯氮 14.38 kg, P₂O₅ 5.28 kg, K₂O 6.43 kg, 此时可获得最高产量 637.14 kg。

3.3 在梨树县主要农区平均 1 kg 肥料增产粮食 9.27 kg, 肥料增产贡献率由高到低的顺序为: 氮肥 > 磷肥 > 钾肥, 从不同类型区来看, 化肥增产排序为北部风沙土区 > 南部棕壤区 > 中部黑土区, 每公斤肥料增产粮食为 11.66 kg、8.24 kg 和 8.05 kg。且在西部风沙土区, 增产贡献排序为 N>K>P, 在南部棕壤区, 氮磷钾的贡献为 N>P=K, 在中部黑土区, 氮磷钾的贡献为 N>P>K。

参考文献:

- [1] 李玉颖, 梁红. 土壤养分状况系统研究法在测土施肥中的应用[A]. 土壤养分状况系统研究法学术讨论会论文集[C]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995: 125-129.
- [2] 王贵满, 宋玉文. 梨树县三个施肥类型区施肥模型及有关参数的研究[J]. 吉林农业科学, 1998, 23(1): 62-66.
- [3] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.