

玉米测土施肥中几个主要 参数及其应用的研究*

张光大 刘武仁 边秀芝 阎晓艳

(四平市农科所)

摘 要

本文对测土施肥目标产量施肥量计算公式中的主要参数, 每生产百公斤玉米子实所吸收氮、磷、钾的数量; 土壤供氮系数、供磷系数, 化学氮肥、磷肥的利用率等, 五年中在四平市、辽源市的不同土壤—气候区, 进行多点田间试验, 通过土壤、植株大量样本的化验, 对这些主要参数的可变性、规律性、适用性进行了系统全面的综合分析, 得出了一系列与土壤速效养分, 地力间的一元、二元回归方程, 使具体参数因地制宜实现了定量化、适用化。用其确定的施肥量与回归方程所确定的最佳施肥量二者拟合较好, 生产中应用, 获得显著经济效益。

合理施肥的核心问题是确定适宜的施肥量。目标产量F测土施肥量的计算, 需要一系列有关参数, 影响这些参数值的因素很多, 具体参数值各地差异很大。为满足生产中测土施肥的需要, 我们从1981至1985年, 对四平市, 辽源市不同土壤、气候条件下, 玉米测土施肥中的几个主要参数及其变化规律, 进行了系统研究, 为测土施肥时因地制宜选择参数, 提供了依据, 生产中得到了广泛应用。

一、试验内容与方法

(一) 目标产量需肥量计算所需参数: 理论施肥量 = 目标产量需肥量 - 土壤供肥量;
目标产量需肥量 = 计划产量指标 × 每公斤子实需肥量; 土壤供肥量 = 土壤有效养分测得量 × 土壤供肥系数; 实际施肥量 = 理论施肥量 + 肥料利用率。

为此在计算施肥量时要掌握: 玉米每生产百公斤子实氮磷钾吸收量、土壤碱解氮供氮系数和土壤速效磷供磷系数、氮肥和磷肥利用率。

(二) 试验条件和方法: 根据四平、辽源两市的土壤、气候条件, 分为三个土壤—气候区, 即以白浆土为主的湿润型东部半山区, 以淡黑钙土等为主的西部半干旱区, 以黑土为主的中间型的中部平原区。采用多年多点联合试验, 土壤养分状况见附表。土壤碱解氮用碱解扩散法、速效磷用0.5M NaHCO₃法测定。玉米秸秆和子粒用常规法测定全氮磷钾。

试验设7个处理, 3—5次重复, 小区面积60平方米, 玉米品种四单8号。处理为: 1. 无肥, 2. N, 3. P, 4. 1NP, 5. 0.5NP, 6. 2NP, 7. 4NP。(N表示每亩施10公斤N素, P表示每亩施5公斤P₂O₅, 0.5NP为N、P量一半, 以此类推)

施肥方法采用当地惯用施法。

* 盖树森、孙历俭参加了部分工作。土壤、植株样本全由本所中心化验室化验。

二、试验结果与分析

(一) 玉米每生产百公斤子实吸收氮磷钾数量

1. 不同地区由于土壤、气候条件、耕作水平不同, 每生产百公斤子粒吸收氮磷钾的数量不同。平均吸N 2.22公斤、幅度1.91~2.87公斤, 总趋势是西部高东部低。平均吸P₂O₅ 0.668公斤, 幅度0.465~0.999公斤, 中部地区稍高, 东部地区稍低。平均吸K₂O 1.88公斤, 幅度0.90~3.37公斤, 其中西部地区稍高。生产百公斤子粒吸收N、P₂O₅、K₂O合计平均为4.77公斤, 其间比例为1:0.30:0.85。不同地区见表1

不同土壤—气候区玉米百公斤

表1 子粒需氮磷钾数量和比例

地 区	数 量 (公 斤)				比 例
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	合计	N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
东部半山区	2.15	0.627	1.84	4.62	1 : 0.29 : 0.86
中部平原区	2.22	0.693	1.84	4.75	1 : 0.31 : 0.83
西部干旱区	2.41	0.676	2.07	5.16	1 : 0.28 : 0.86
全 区	2.22	0.668	1.88	4.77	1 : 0.30 : 0.85

表2 施肥状况对生产玉米百公斤子实所需氮磷钾数量和比例的影响

处 理	数 量 (公 斤)				比 例
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	合计	N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
无肥	2.10	0.65	1.83	4.54	1 : 0.32 : 0.89
N	2.19	0.64	1.72	4.55	1 : 0.29 : 0.79
P	2.00	0.69	1.78	4.47	1 : 0.35 : 0.79
NP	2.20	0.67	1.74	4.61	1 : 0.30 : 0.85

2. 施肥状况对生产百公斤子粒吸收氮磷钾数量有一定影响, 如表2。从表中可见施氮或磷处理的, 生产百公斤子粒吸收氮或磷相应的增加, 而施氮有降低磷、施磷有降低氮的趋势。

3. 生产百公斤子粒吸收氮磷钾的数量和土壤基础肥力密切相关。无肥区产量(X公斤/亩)和生产百公斤子粒吸氮量(y公斤)极显著负相关, n=45, r=-0.4197**, $\hat{y} = 25.23 - 0.0036x$ 。无肥区产量(X)与生产百公斤子粒吸磷量(y)显著负相关, n=46, r=-0.300**, $\hat{y} = 7.48 - 0.0012x$ 。

产生上述相关性原因, 一是无肥区产量(x)和施肥区玉米经济系数(y)极显著正相关, n=42, r=0.5254**, $\hat{y} = 0.4816 + 0.0002x$, 即地越肥, 玉米经济系数越高, 生产单位子实消耗在秸秆中的氮磷养分就相对少; 二是无肥区产量(x)和氮磷在秸秆中的分配比例(y)极显著负相关, 和氮的关系为r=-0.3833**, n=48, $\hat{y} = 33.7267 - 0.0126x$, 和磷关系为r=-0.7575**, n=36, $\hat{y} = 35.5636 - 0.0443x$ 。

(二) 土壤供肥系数

土壤供肥(N、P)系数, 是土壤供肥量(土壤生物产量中所包含的养分数量公斤/亩)与土壤速效养分量(公斤/亩)的比值。有了土肥供肥系数, 有了土壤速效养分含量, 就可计算出土壤供肥量。

为真实的求得土壤供肥系数, 考虑到最小养分率, 把偏施磷区生物产量中所包含的氮视为土壤供氮量; 把偏施氮区生物产量中所包含的磷量视为土壤供磷量。经56份资料表明, 这样较无肥区平均土壤供氮量提高了22.6%, 土壤供磷量提高了25.2%, 为此求得的土壤供肥系数更接近于实际。

1. 土壤供氮系数

它是土壤供氮量与土壤碱解氮量(公斤/亩)的比值,反映了土壤碱解氮与实际供氮量的关系。据54份研究资料,平均为0.41,幅度0.20~0.71,变异性较大,见表3。

表3 不同土壤—气候区的土壤供氮系数

地 区	资料份数	幅 度	平均 值	标准差	变异系数 (%)
东部半山区	19	0.20~0.64	0.35	0.1026	29.3
中部平原区	29	0.24~0.67	0.44	0.1201	27.3
西部干旱区	8	0.25~0.71	0.54	0.2116	39.2
全 区	56	0.20~0.71	0.42	0.1246	29.7

(3) 土壤碱解氮含量(ppm)和土壤供氮系数极显著负相关,土壤速效磷(P_2O_5 -ppm)含量和土壤供氮系数极显著正相关。土壤碱解氮(x_1)、速效磷(x_2)与土壤供氮系数(y)间的二元回归方程为 $\hat{y} = 0.5857 - 0.0017x_1 + 0.0018x_2$ 。通过测土壤碱解氮、速效磷由此二元回归式求得土壤供氮系数,再求出相应供氮量。

还可不求供氮系数,直接由土壤碱解氮(x_1)、速效磷(x_2),与土壤供氮量(y)的二元回归方程求得土壤供氮量,其方程为 $\hat{y} = 6.1316 + 0.0127x_1 + 0.0431x_2$ 。其与由供氮系数求得的供氮量基本上是一致的。

2. 土壤供磷系数

它是土壤供磷量与土壤速效磷量(公斤/亩)的比值,反映了土壤速效磷与土壤实际供磷量的关系。据56份研究资料,土壤供磷系数平均0.98,幅度0.22~2.09,变异性较大,变异系数为46.9%,如表4

表4 不同土壤—气候区的土壤供磷系数

地 区	资料份数	幅 度	平均 值	标准差	变异系数 (%)
东部半山区	19	0.22~1.90	0.92	0.44	47.4
中部平原区	29	0.31~2.09	1.03	0.52	50.3
西部干旱区	8	0.41~1.36	0.97	0.32	33.4
全 区	56	0.22~2.09	0.98	0.46	46.9

(1) 不同土壤—气候区土壤供磷系数有明显差异,从表4中可见中部平原区较高为1.03、西部0.97、东部0.92。

(2) 无肥区亩产(x)与土壤供磷系数(y)极显著负相关, $n=43$, $r=-0.3749^{**}$,二者关系回归方程为 $\hat{y} = 1.5384 - 0.0006x$ 。

(3) 土壤速效磷(P_2O_5 -ppm)含量(x)与土壤供磷系数(y)极显著负

相关, $n=56$,线性相关系数 $r=0.6978^{**}$, $\hat{y} = \frac{1}{0.4079 + 0.0463x}$ 。中部平原区为 $\hat{y} =$

$\frac{1}{0.4068 + 0.0434x}$,东部半山区为 $\hat{y} = \frac{1}{0.5006 + 0.0513x}$ 。通过测定土壤速效磷含量,由

上述回归方程求得土壤供磷系数,再求出土壤供磷量。也可通过土壤速效磷含量(x)与土壤供磷量(y)的关系: $\hat{y} = 4.446 + 2.0704 \lg x$ 直接求出土壤供磷量。

(三) 肥料利用率

1. 氮肥利用率

以施磷区为对照,利用差减法求得。56份资料平均氮肥利用率为44.4%,幅度17~

79.3%，如表5。

表5 不同土壤—气候区的氮肥利用率

地 区	资料份数	幅 度	平均 值	标准差	变异系数 (%)
东部半山区	19	22.7~68.7	43.8	12.83	29.3
中部平原区	29	21.5~79.3	45.5	19.47	42.8
西部干旱区	8	17.0~71.0	41.5	18.24	44.0
全 区	56	17.0~79.3	44.4	17.04	38.4

肥利用率(y)极显著负相关, $n=47$, $r=-0.4241^{**}$ $\hat{y}=63.5849-0.1716x$ 。

(4) 配施磷肥可以显著提高氮肥利用率。从表6的56份资料的结果看出, 单施氮肥平均利用率29.3%, 配施磷肥后提高到44.4%, 提高了15.1%。故本文上述氮肥利用率的有关回归方程都指的是氮磷配施下的氮肥利用率。

表6 配施磷肥后氮肥利用率提高情况表

地 区	平 均 值		配施磷后氮肥利 用率提高(%)	资料 份数
	N	NP		
东部半山区	27.2	43.8	16.6	19
中部平原区	29.5	45.5	16.0	29
西部干旱区	33.5	41.5	8.0	8
全 区	29.3	44.4	15.1	56

表7 不同土壤—气候区的磷肥利用率

地 区	资料份数	幅 度	平均 值	标准差	变异系数 (%)
东部半山区	19	3.8~41.5	20.5	13.17	64.3
中部平原区	29	6.0~38.9	21.0	9.89	47.1
西部干旱区	8	2.4~38.6	20.7	12.38	59.9
全 区	56	2.4~41.5	20.8	11.36	54.8

-0.4886^{**} , $\hat{y}=30.67-0.4983x$ 。

(四) 参数准确性的验证

通过土壤养分的测试, 利用上述有关参数的数学模式, 确定适宜的参数值, 计算目标产量下的施肥量, 其准确性采用回归方程经济最佳施肥量拟合法进行验证。

根据施肥产量间的二次曲线方程 $y = a + bx + cx^2$ 求得的经济最佳施肥量 $y = \frac{b - \frac{pf}{py}}{-2c}$ (py 及 pf 分别代表单位农产品及肥料单位养分即1NP量的单价, $\frac{pf}{py} = 151.32$) 再以经

济最佳产量为计划产量, 用相应的参数值计算出的施肥量, 二者拟合程度较好。如表8, 每亩施氮量平均偏差0.6公斤N素, 施磷量平均偏差为0.45公斤 P_2O_5 。

(1) 不同土壤—气候区间氮肥利用率有一定差异, 总的趋势是中部高、东部次之, 西部低, 分别为45.5%、43.8%、41.5%, 如表5。

(2) 无肥区亩产(x)与氮肥利用率(y)极显著负相关, $n=45$, $r=-0.3899^{**}$ $\hat{y}=70.1665-0.0263x$ 。

(3) 土壤碱解氮含量(x-ppm)氮

肥利用率(y)极显著负相关, $n=47$, $r=-0.4241^{**}$ $\hat{y}=63.5849-0.1716x$ 。

2. 磷肥利用率
以施氮区为对照, 用差减法求得。据56份资料统计, 磷肥利用率平均20.8%, 幅度2.4~41.5%, 变异系数54.8%, 如表7。

2. 磷肥利用率

以施氮区为对照, 用差减法求得。据56份资料统计, 磷肥利用率平均20.8%, 幅度2.4~41.5%, 变异系数54.8%, 如表7。

(1) 不同土壤—气候区磷肥利用率平均值差异不大, 在20.5~21.0%, 但在不同地块间变异幅度较大, 如表7。

(2) 土壤碱解氮含量(x-ppm)和磷肥利用率显著正相关, $n=40$, $r=0.3299^*$ 二者回归方程为 $\hat{y}=10.634+0.1035x$ 。

(3) 土壤速效磷含量(P_2O_5 -ppm)和磷肥利用率极显著负相关, $n=42$, $r=-$

表 8

经济最佳施肥量拟合法对参数准确性验证

(公斤/亩)

土 号	经济最佳 产 量	经济最佳 施 N 量	目标产量 施 N 量	施 N 量 偏 差	经济最佳 施 P ₂ O ₅ 量	目标产量 施 P ₂ O ₅ 量	施 磷 量 偏 差	施肥产量间二次曲线方程
49	513.5	3.8	2.65	1.15	1.9	3.2	-1.3	$\hat{y} = 481.75 + 91.55x - 20.9x^2$
54	535.0	7.85	6.0	1.85	3.9	4.35	-0.3	$\hat{y} = 465.95 + 99.4x - 14.7x^2$
44	710.0	7.35	8.4	-1.05	3.65	4.45	-0.8	$\hat{y} = 641.85 + 110.35x - 23.65x^2$
48	535.0	6.35	7.9	-1.55	3.15	2.8	0.35	$\hat{y} = 479.1 + 99.25x - 18.5x^2$
60	594.0	11.05	10.5	0.55	5.5	4.85	0.65	$\hat{y} = 466.9 + 153.65x - 35.25x^2$
61	668.0	12.5	12.25	0.25	6.25	3.6	2.65	$\hat{y} = 520.85 + 160.20x - 33.85x^2$
58	514.5	13.4	11.2	2.2	6.7	5.0	1.7	$\hat{y} = 356.2 + 159.7x - 31.2x^2$
57	537.0	12.85	11.4	1.45	6.2	5.6	0.6	$\hat{y} = 388.85 + 155.0x - 30.9x^2$
平均		9.4	8.8	0.6	4.65	4.2	0.45	

注：表中二次曲线方程X值的单位为方案处理中1N量(亩施10公斤N素)或1P量(亩施5公斤P₂O₅)的倍数。

三、结 论

1. 目标产量施肥量计算公式中的主要参数(百公斤玉米子粒吸收氮磷钾数量; 土壤供氮系数、供磷系数; 氮、磷肥利用率), 不是一个固定值, 不同土壤气候条件下差异很大。

2. 这些参数的变化有一定规律性。这些参数与地力、土壤碱解氮、速效磷含量间的关系, 可以通过一定的数学模式进行定量描述。

3. 根据参数变化的数学模式可以因地制宜确定相应的参数值, 计算出目标产量F适宜的施肥量。

4. 通过参数算得的目标产量F的施肥量与施肥产量二次曲线方程确定的经济最佳施肥量拟合程度较好。

(东部半山区)

土壤养分状况

附表 1-1

土 号	地 点	土 壤 类 型	有机质(%)	pH	全氮(%)	碱解氮 (ppm)	速效磷 (ppm)
10	拉拉河	白 浆 土	2.93	6.7	0.12	162.06	12.34
11	白 泉	中层平川草甸土	3.66	6.2	0.17	161.09	15.58
12	南屯基	台地白浆土	2.37	6.0	0.11	221.46	15.33
13	板石	草甸土	4.72	6.7	0.21	178.95	16.78
24	拉拉河	台地白浆土	3.19	6.3	0.16	169.5	37.4
25	建安	草甸土	3.39	6.9	0.17	124.7	56.3
26	南屯基	白 浆 土	2.68	6.0	0.15	139.9	21.4
27	渭 津	白 浆 土	2.30	6.7	0.13	189.5	17.0
28	井台	冲 积 土	2.62	6.7	0.11	124.3	23.4
29	头道	草甸土	2.43	6.4	0.12	158.0	24.9
30	伊丹	白 浆 土	2.25	6.4	0.11	148.0	26.9
31	白 泉	中层山川草甸土	6.90	5.9	0.29	103.8	43.0
36	白金	白 浆 土	3.33	6.4	0.14	100.2	21.2
39	横道	泥 炭 土	17.58	4.9	0.16	213.9	60.5
49	金 岗	平川草甸土	2.04	6.4	0.12	157.3	11.5
50	白 泉	薄层山川草甸土	2.33	5.9	0.13	103.06	11.29
51	南屯基	中层台地白浆土	3.03	6.1	0.17	107.9	25.7
52	拉拉河	白 浆 土	3.13	5.4	0.19	197.8	97.23
53	伊丹	白 浆 土	1.48	6.2	0.09	96.7	3.0
54	井台	冲 积 土	2.19	6.6	0.13	106.4	28.2
55	黄岭子	黑 土	2.42	5.7	0.15	121.1	72.7

(中部平原区)

土壤养分状况

附表 1—2

土 号	地 点	土 壤 类 型	有 机 质 (%)	pH	全 氮 (%)	碱 解 氮 (ppm)	速 效 磷 (ppm)
1	蔡家	黑土					
2	陶家	黑土	3.01	7.1	0.11	176.81	7.33
3	凤响	黑土	2.16	7.0	0.12	126.45	7.32
4	梨树	黑土	1.81	6.5	0.12	147.46	7.71
5	朝阳坡	黑土	1.78	6.9	0.07	119.76	3.63
6	怀所	黑土	2.07	6.8	0.12	120.89	5.67
7	黑林子	黑土	3.10	8.3	0.14	155.01	9.53
8	白山	黑土	2.17	6.7	0.07	97.94	10.75
9	所内	黑土	2.55	6.5	0.12	118.97	7.63
15	刘房子	黑土	2.64	6.2	0.10	157.9	21.0
16	凤响	黑土	2.19	6.6	0.13	122.6	13.7
17	所内	黑土	2.63	6.2	0.08	106.0	23.5
18	蔡家	棕壤	3.03	6.3	0.14	131.0	27.0
19	梨树	黑土	2.02	6.3	0.09	140.0	17.70
20	山门	棕壤	1.67	5.9	0.10	110.0	20.7
21	中心	草甸土	4.36	7.6	0.20	120.0	67.0
22	环城	草甸土	3.11	6.8	0.14	135.5	37.8
23	白山	黑钙土	1.55	7.8	0.11	137.2	13.4
35	所内(中)	黑土	2.63	6.2		106	53.5
37	长发	冲积土	2.33	7.2	0.09	153.2	34.6
38	条子河	草甸土	2.24	6.3	0.08	118.3	18.9
40	凤响	黑土	1.99	6.6	0.13	125	25.5
41	陶家	黑土	1.71	6.5	0.11	133.8	26.2
42	蔡家	棕壤	2.09	6.2	0.13	144.9	42.2
43	白山	黑土	1.71	6.4	0.11	129.6	30.3
44	梨树	黑土	1.76	5.8	0.12	130.79	56.8
45	六家子	黑土	1.19	6.4	0.09	115.9	13.9
47	长发	棕壤	1.73	6.6	0.10	92.2	25.1
48	平西	草甸黑土	2.63	6.5	0.15	101.1	14.7
60	所内	黑土	2.14	7.5	0.12	101.8	13.1
61	所内	黑土	2.05	7.2	0.12	108.5	27.7
62	网室	黑土	2.20	6.7	0.13	106.7	
63	所内(81)	黑土	2.05	6.6	0.16	94.4	12.0

(西部干旱区)

土壤养分状况

附表 1—3

土 号	地 点	土 壤 类 型	有 机 质 (%)	pH	全 氮 (%)	碱 解 氮 (ppm)	速 效 磷 (ppm)
14	双所	冲积土	1.12	8.2	0.08	52.29	7.59
32	双所	冲积土	1.12	8.0	0.04	107.0	14.3
33	鹿兴	冲积沙土	2.98	7.6	0.06	103.1	17.6
34	鹿兴	淡黑钙土	2.99	7.7	0.05	286.4	17.3
56	茂兴	淡黑钙土	1.40	8.1	0.10	61.6	24.4
57	茂兴	淡黑钙土				80.0	20
58	鹿兴	淡黑沙土	1.05	7.2	0.08	74.8	22.7
59	双所	冲积土	1.22	8.0	0.06	94.8	22.49

(下转第93页)

content was kept on 40—60% suitable range, and also prevent ginseng from freeze injury when marked drop in temperature, getting warm in early spring and harm of late frostbite. 2. Increase of yield was obviously by putting up small shed on ginseng. Usually, there was a yield increase of 13.4% as against that of the shed of single light through, and an increase of 29.6% as against that of the shed of no light through, and the rate of dry goods of ginseng has raised 3%. 3. The nutritive composition of ginseng for putting up small shed on ginseng is the same as other kind of sheds. 4. The economic effect was very large as putting up small shed on ginseng. It raised value 20.1—48.8% as much as other kind of sheds. 5. The main operating for putting up small shed on ginseng is the following: take away soil on ginseng's bed; The shed has been put up and closed up right; Adaption to local conditions; Early begin putting up small shed on ginseng in good time; Ventilate the shed in time; Temperature control; Take away plastic film on time, then put it on ginseng shed; in order to make it become a shed of single light through.

(上接63页)

RESEARCH OF PARAMETERS OF FERTILIZATION ACCORDING TO SOIL ANALYSIS AND PARAMETERS APPLICATION IN CORN

Zhang Daguang et al.

(Siping Institut of Agricultural Science)

ABSTRACT

The parameters of fertilization according to soil analysis were studied by many field experiments in different soil and climatic area of Siping and Liao yuan for five years. The main parameters include: production of one hundred Kilograms corn grain require how many nitrogen, phosphorus and potassium; the coefficient of nitrogen and phosphorus provided by soil; the efficiency of nitrogen and phosphorus fertilizers, etc. This study analysis comprehensively for variability, regularity and suitability of main parameters by terting large amount of soil and plant samples. We obtained a number of linear equations and cubic equations of factors relate to the available nutrient and soil fertility. Thus the quantity and suitability of fertilizer may be determined by the parameters. It nearly equal to the best fertilizer quantity determined by the equations. The parameters have been using in production and obtained remarkable economic profit.