

中国玉米钾肥使用手册



HANDBOOK FOR K FERTILIZER USE ON MAIZE IN CHINA

国际钾肥研究所（IPI）资助
中国农业大学资源与环境学院编制

China Agricultural University
International Potash Institute



中国玉米钾肥使用手册

Handbook for K fertilizer use on maize in China

国际钾肥研究所 (IPI) 资助
中国农业大学资源与环境学院编制

China Agricultural University
International Potash Institute



This handbook is to present the development of Maize production, role of potassium on maize and K fertilizer use method in China. We collected and analyzed many experimental results in order to demonstrate the function of K in improving maize production and to extract proper recommendations for K fertilizer use on maize in China. We hope this handbook will help technicians and farmers to give and use proper recommendation on K fertilizer use to improve maize yield in China.

编者：

张福锁，陈新平，程琳琳，张卫峰（中国农业大学资源与环境学院）

牛君仿（中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心）

江丽华，刘兆辉，林海涛（山东省农业科学院土壤肥料研究所）

肖 凯（河北农业大学农学院）

谢佳贵（吉林省农业科学院农业环境与资源研究中心）

Authors:

Fusuo Zhang, Xinping Chen, Linlin Chen, Weifeng Zhang

(Department of Plant Nutrition, China Agricultural University)

Junfang Niu

(Center for Agricultural Resources Research, Institute of Genetics and Developmental Biology,
Chinese Academy of Sciences)

Lihua Jiang, Zhaohui Liu, Haitao Lin

(Soil and Fertilizer Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences)

Kai Xiao

(College of Agronomy, Hebei Agricultural University)

Jiagui Xie

(Research Center of Agricultural Environment and Resources, Jilin Academy of Agricultural Sciences)



导 论



玉米 (*Zea mays*), 禾本科玉米属, 一年生草本植物, 又名玉蜀黍, 俗称苞谷、棒子、珍珠米等; 株形高大, 叶片宽长, 雌雄花同株异位, 雄花序长在植株的顶部, 雌花序 (穗) 着生在中上部叶腋间, 为异花 (株) 授粉的一年生作物。

在世界谷类作物中, 玉米的种植面积和总产量仅次于小麦、水稻而居第 3 位, 平均单产则居首位。从北纬 58° 到南纬 42° , 从低于海平面的盆地到 3600m 以上的高海拔地区, 都能栽种。以北美洲最多, 其次为亚洲、拉丁美洲、欧洲等。中国的玉米栽培面积和总产量均居世界第 2 位。

玉米是主要的粮食、饲料作物并且是重要的工业原料。玉米喜温, 为短日照作物, 日照时数在 12h 内, 成熟提早。长日照则开花延迟, 甚至不能结穗。玉米在砂壤、壤土、粘土上均可生长。适宜的土壤 pH 为 5 ~ 8, 以 6.5 ~ 7.0 最适宜。耐盐碱能力差, 特别是氯离子对玉米为害大。玉米是一种高投入高产出的作物, 营养充足且处于平衡状态才能保证高产和优质。

根据资料表明, 全球玉米平均产量由 60 年代的 $2\text{t}/\text{hm}^2$ 到 $4.7\text{t}/\text{hm}^2$, 在我国玉米单产也由 1949 年的 $1123.5\text{ kg}/\text{hm}^2$ 增至 2005 年的 $4850.0\text{ kg}/\text{hm}^2$, 50 年来提高了 3726.5 kg , 增幅为 331.68%。在中国目前的产量水平下, 由于施肥量和施肥技术的区别, 玉米的产量也有较大的波动。我国氮肥和磷肥施入经过长期的发展目前已经处在过量状态, 氮磷不再成为玉米产量的限制因子, 由于我国的钾资源的缺乏, 因此进一步提高玉米产量我们必须考虑钾的因素。本书将主要针对玉米钾肥合理施用进行讨论。



(牛君仿摄于 2005 年 6 月 30 日, 北京)



(牛君仿摄于 2006 年 7 月 28 日, 北京)

CONTENTS

	导论
1	一、中国玉米生产现状
3	二、钾在玉米生长中的作用
	2.1 钾和光合作用
	2.2 钾和水分利用
	2.3 钾和作物抗性
5	三、玉米的缺钾症状
6	四、玉米的钾素吸收
7	五、施钾对玉米品质的影响
8	六、施钾的产量效应
11	七、钾肥的有效施用
	7.1 施用量
	7.2 施用时期
	7.3 施用方法



一、中国玉米生产现状

我国是玉米生产大国，种植面积和总产量仅次于美国，居世界第二位，在 2005 ~ 2006 年度世界玉米总产量约为 6.63 亿 t。而同年度中国玉米总产量约为 1.3 亿 t，约占世界玉米总产量的 20%；同时，我国也是玉米的消费大国，占世界的首位，其中消费量的 90% 以上靠国内生产。玉米在中国是仅次于小麦的重要粮食作物。玉米传入我国大约已有 460 年的历史，随着高产抗逆的优良品种的培育与推广，栽培措施的不断完善，肥料农药施用水平的提高，我国玉米的种植面积和产量都在不断的增长。从统计数据可以看出我国玉米的发展速度



(牛君仿摄于 2006 年 7 月 1 日,北京)

要高于小麦、水稻以及其他粮食作物，在 2003 年，玉米的产量和耕地面积分别占整个粮食作物的 27% 和 24%。如图 1 所示：1950 年，我国玉米种植面积、总产量和单产分别是 1258 万 hm^2 、1685 万 t 和 1335 kg/hm^2 ，到 2004 年分别为 2545 万 hm^2 、13029 万 t 和 5120 kg/hm^2 ，50 年内增长幅度分别是 102.3%、673.2% 和 283.5%。

玉米在我国分布很广，南自北纬 18° 的海南岛，北至北纬 53° 的黑龙江省的黑河以北，东起台湾和沿海省份，西到新疆及青藏高原，都有一定面积。种植形式多样，东北、华北北部有春玉米，黄淮海有夏玉米，长江流域有秋玉米，在海南及广西可以播种冬玉米，但最重要的种植形式还是春、夏玉米。玉米在我国各地区的分布并不均衡，主要集中在东北、华北和西南地区，大致形成一个从东北到西南的斜长形玉米栽培带，其种植面积约占全国玉米面积的 85%。种植面积最大的省份是山东、吉林、河北、黑龙江、辽宁、

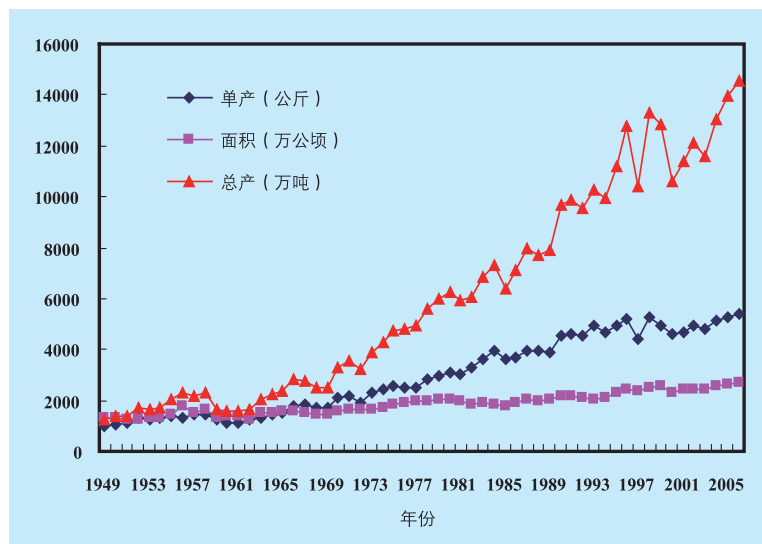


图 1 1949 ~ 2006 年玉米播种面积和产量
(根据历年中国农业统计年鉴数据绘制)



河南、四川七省，七省综合产量占到全国的 61.8%（表 1）。

我国玉米种植划分为六个区，为北方春播玉米区、黄淮海夏播玉米区、西南山地玉米区、南方丘陵玉米区、西北灌溉玉米区、青藏高原玉米区。其中北方春播玉米区种植面积占全国 36%左右；总产占全国的 40%左右。黄淮海夏播玉米区位于北方春玉米区以南，淮河、秦岭以北，是全国玉米最大的集中产区，播种面积占全国玉米种植面积的 30%以上，总产量占全国的 50%左右。西南山地丘陵玉米区玉米播种面积占全国玉米面积的四分之一。南方丘陵玉米区玉米面积较小，占全国面积的 5%左右。西北灌溉玉

表 1 我国玉米主产区总产量（2000—2006 年）（万 t）

（数据来源于历年中国农业统计年鉴）

省 份	年 份							综合产量占全国比重 （7 年平均值）
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
吉林	993	1328	1540	1615	1810	1801	1984	12.7%
山东	1468	1532	1316	1411	1499	1735	1761	12.3%
河南	1075	1151	1190	766	1050	1298	1445	9.1%
河北	995	1060	1035	1074	1158	1194	1280	8.9%
黑龙江	791	820	1071	831	940	1043	1223	7.7%
辽宁	551	819	858	907	1080	1136	1139	7.4%
四川	547	452	525	517	557	581	511	4.2%
七省合计	6420	7162	7534	7122	8093	8788	9343	62.4%
其它各省	4181	4247	4597	4461	4935	5149	5205	37.6%
全国总计	10600	11409	12131	11583	13029	13937	14548	100.0%



米区占全国玉米种植面积的 2%~3%。青藏高原玉米区玉米栽培历史很短，种植面积不大。表 1 列出了我国玉米主产区在 2000 至 2006 年的总产量及在全国总产量的比重。

近年来，中国玉米种植面积呈现出南增北减的态势。长江流域以南地区饲料工业和畜牧业发达，玉米产量仅占全国的 20%，消费量却达全国总产量的 50% 以上，该地区为解决玉米供给不足的矛盾，纷纷扩大玉米种植面积，提高玉米自给率。

二、钾在玉米生长中的作用

钾在植株内虽然不参与有机化合物的组成，但在玉米整个生长发育过程中的贡献相当大。

2.1 钾和光合作用

钾对玉米光合作用的影响主要表现在调节气孔的开闭，从而影响 CO₂ 和水分的出入；另外，钾能调节玉米体内光合产物的流动。

对富钾和缺钾介质中玉米叶片的 K 浓度和光合作用强度进行监测，供钾充足的所有叶子的光合作用相同，供钾不足的玉米由于钾在亏缺状态下由老叶流向新叶，第 11 片叶子的光合作用仅有第 2 片叶子的 3%（表 2）。通过根系供钾能使缺钾叶片的光合作用增强（表 2），供钾 2 个小时就见到效果，24h 后光合速率将达到对照的水平。施钾使玉米叶片气孔阻力减少了 39.9%；此外施钾使叶片的净光合速率提高了 35% 左右（表 3）。

表 2 钾浓度对玉米叶片光合作用的影响（Moss and Peaslee, 1965）

	从玉米顶部算起的叶片	叶片中 K 浓度 (mg/kg)	光合作用强度 (CO ₂ /dm ² /h)
富钾玉米	2	6100	40
	4	5500	38
	7	5000	36
	11	4350	36
缺钾玉米	2	2150	33
	4	800	15
	7	600	14
	11	250	1



表 3 钾对玉米叶片光合速率的影响 (李秧秧和范德纯, 1993)

处理	气孔扩散阻力 (s/cm)	蒸腾速率 ($\mu\text{gH}_2\text{O}/\text{cm}^2/\text{s}$)	叶圆片放氧速率 ($\mu\text{gO}_2/\text{cm}^2/\text{s}$)	净光合速率 ($\mu\text{gCO}_2/\text{cm}^2/\text{s}$)
+ K	1.30	7.47	7.54	8.95
- K	3.28	6.59	5.26	5.83

钾对光合速率的影响还表现在钾能影响光合产物的转移速率,钾能促进同化物向韧皮部的装载,从而增加了韧皮部的运输速率,有机化合物能尽快的运往果实、谷粒和茎块中。

2.2 钾和水分利用

钾对水分的调控是在玉米生长过程中重要作用之一,这主要是由于影响气孔关闭和保水能力。当玉米缺钾时气孔不能正常关闭,因此植株体内的水分损失严重;另一方面,植物缺钾时,细胞的渗透势也会降低,玉米与土壤间的水分梯度将会减少。

增施钾肥可以促进玉米生长,从而土表由于遮阴温度降低,降低了土壤地表水分的蒸发。而在玉米生长后期已经封行的情况下,供钾充足的玉米叶片,由于气孔阻力小叶片的蒸腾失水量将会增大,但是叶片蒸腾失水的增加量相对玉米产量的增加量小,因此净效益是钾提高了水分的利用率。在水分胁迫下施钾肥,玉米干物质和籽粒产量以及水分利用效率 (Water Use Efficiency, WUE) 显著提高 (表 4)。

表 4 钾对玉米干物质、籽粒产量和水分利用率的影响 (张立新和李生秀, 2005)

品种	处理	干物质 (g/pot)	籽粒产量 (g/pot)	WUE 干物质 (g/dm^3)	WUE 籽粒 (g/dm^3)
陕丹 9 号	-K	85.1	44.0	4.1	2.1
	+K	88.6	47.7	4.4	2.4
陕丹 911 号	-K	74.4	40.2	3.6	2.0
	+K	83.1	44.8	4.1	2.2



2.3 钾和作物抗性

许多研究结果表明钾能增强玉米抵制病虫害的能力。对于玉米来说，最为普遍发生的病害是茎腐病，又称青枯病、茎基腐病、根腐病、晚枯病、黑束病。这种病在世界各地均有发生且引发的原因并不相同。氮和钾对作物的抗病性影响最大，氮过多往往会增加植物对病害的敏感性，而钾的作用则相反，增施钾肥能提高作物的抗病性（图2）。很多研究发现弱的茎秆氮的含量特高而钾的含量不足。玉米钾素供应不足也会导致玉米穗部秃尖，而且易受到病虫害的侵袭而影响产量（图3）。

在我国也做了许多关于增施钾肥防止茎腐病的研究。梅丽艳等（2003）的研究结果表明每亩基施氯化钾 17.5kg 和 20kg 使玉米成株期茎腐病的防效达到 77.8%和 77.6%。

钾对降低玉米的倒伏也起到重要的作用。缺钾时茎秆诱发病害，因此在未收获的时候就断裂；此外缺钾降低了玉米的抗折强度和表皮厚度。这对玉米栽培尤其是今后高产密植栽培显得至关重要。



图2 缺钾玉米抗病能力降低
（江丽华 2006 年 10 月 1 日
摄于山东省莱阳县，CAU-IPI Project）



图3 缺钾玉米穗部秃尖，抗病虫害能力性降低
（肖凯 2005 年 9 月 23 日
摄于河北省清苑县，CAU-IPI Project）

三、玉米的缺钾症状

由于钾在玉米的植株体内是移动性比较强的营养元素，当玉米缺钾的时候，老叶中的钾会向幼叶迁移，因此缺钾症状是从下部叶片开始的。下位叶尖和叶缘黄化，呈淡棕褐色然后变成褐色，叶组织因缺钾而早衰，在缺钾早期，叶缘出现枯焦后，叶片靠近叶脉的部位在相当一段时间内仍可保持绿色（图4）。如果缺钾严重，将会逐步扩展到整个叶片的脉间区。症状逐渐向植株上部发展；严重时枯焦呈灼烧状。玉米最初的缺钾症状是节间变短，生长减慢。后期可能倒伏，果穗变小，果穗秃尖大（图3）。



在多沙的土壤，钾被前茬作物大量吸收的土壤以及多湿板结的土壤上比较容易出现缺钾症状。且与缺磷不同，玉米缺磷仅在营养生长的初期出现红紫色症状，而玉米缺钾一旦出现棕褐色，即使再施钾，缺钾的症状也不会消失。这是由于缺钾的组织衰老是不可逆的。

四、玉米的钾素吸收

玉米对钾的需求量仅低于对氮的需求量而高于磷。而在玉米发育早期钾的吸收速率要高于干物质和氮、磷的积累。随着玉米品种的更新，绿熟型品种的大面积推广，玉米钾素的累积曲线也有所不同。在常规模式栽培条件下，玉米在拔节以后至乳熟期保持较高的累积速率，大喇叭口期、抽雄期和乳熟期钾素累积分别占整个生育期钾素累积量的 36%、69%和 94%。与氮磷的吸收不同，在收获时玉米籽粒带走的钾量要低于秸秆中带走的钾。郭强等(2000)研究了不同产量水平条件下 60 个玉米品种的吸钾特性，并把玉米材料分为产量小于 $4500\text{kg}/\text{hm}^2$ ，产量小于 $7500\text{kg}/\text{hm}^2$ 且大于 $4500\text{kg}/\text{hm}^2$ ，产量大于 $7500\text{kg}/\text{hm}^2$ 三类（表 5）。玉米籽粒钾浓度平均为 0.27%，比秸秆钾浓度（1.01%）低很多。每百千克产量吸钾量平均为 2.31kg，而且随着产量的增加有下降的趋势。玉米籽粒中的吸钾量平均仅占到玉米整株吸钾量的 16%，而且随着产量的增加而增加，玉米大部分的钾存在秸秆当中。高产玉米品种的吸钾量要远远高于低产品种。这说明高产玉米品种具有高的钾素吸收效率和利用效率，但高的吸收效率是决定玉米高产的主要因素。

在钾的吸收高峰期，日平均吸钾量为 $2.3 \sim 10.7\text{kg}/\text{hm}^2$ 。此时，必须保证土壤溶液中速效钾的浓度维持在一定的水平，否则将会影响玉米的生长。而与氮磷的吸收延续时间较长的规律不同，钾的吸收时间较短，因此在玉米生育前期必须保证有充足的钾养分，而不能在后期施钾弥补。

玉米在整个生育期的吸钾量受很多因素影响而变化很大。土壤粘粒矿物的组成及含量，土壤温度，土壤干湿和冻融交替，土壤 pH 值，NP 肥的合理施用，钾肥的施用量及施肥时间，玉米品种吸收效率的差异等等对钾素吸收有很大影响。

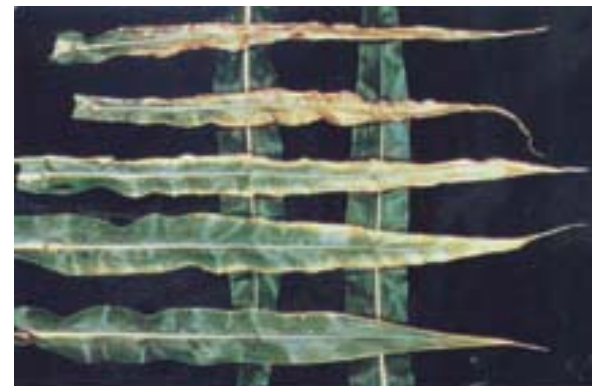


图 4 叶尖和叶缘黄化，
逐步扩展到整个叶片的脉间区
(Patricia Imas, IPI)



表 5 不同产量水平的玉米品种吸钾量及相关性状(郭强等, 2000)

不同产量品种	籽粒 K%	秸秆 K%	籽粒产量 (kg/hm ²)	秸秆产量 (kg/hm ²)	总吸钾量 (kg/hm ²)	籽粒吸钾量 比例(%)	百千克产量 吸钾(kg)
<4500kg/hm ²	0.28	1.03	2967	8332	93.8	10.34	2.88
4500kg/hm ² < 产量 <7500kg/hm ²	0.26	0.93	5764	8349	94.1	17.59	1.68
>7500kg/hm ²	0.26	1.05	8854	9018	119.6	20.74	1.35
总平均	0.27	1.01	6000	8577	103.0	16.15	2.31
变异范围	0.12–0.35	0.60–1.75	1814–11565	5610–13860	53.2–199.0	5.55–29.26	0.84–4.70

五、施钾对玉米品质的影响

随着人民生活水平的改善,对粮食的需求不仅仅是提高单产,同样也需要改善品质。由于我国水稻和小麦生产的发展已基本上满足了人们对粮食的需要,目前玉米以饲用为主,而用于饲料要着眼于提高饲料转化效率和改善肉、禽、蛋、奶的质量,因此要提高玉米籽粒中氨基酸和蛋白质的产出比例;此外玉米淀粉被广泛地应用于食品、酿造、医药、化工、纺织、造纸、塑料等行业,则应增加玉米油或淀粉等产出比例,从而提高产品的经济效益。

钾作为品质元素,对改善玉米的营养成分效果十分显著。总结多点试验结果表明,玉米的氨基酸、蛋白质、以及淀粉等含量都因施用钾肥而有所提高(表6,表7)。



表 6 施钾对玉米氨基酸含量的影响（谢建昌等，2000）

玉米籽粒氨基酸含量（g/kg）							
处理	赖氨酸	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	白氨酸	苯丙氨酸	酪氨酸
-K	2.5	2.8	3.8	1.2	8.5	3.5	3.3
+K	2.6	3.1	4.3	1.4	10.3	4.2	4.0

表 7 施钾对玉米粗蛋白、淀粉、脂肪的影响

施肥状况	粗脂肪（%）	粗蛋白质含量（%）	总淀粉（mg/g）	资料来源
-K	3.45	13.90	58.96	毕研文，2003
+K	3.52	14.44	60.24	
-K	5.14	—	66.28	尹迪信，2002
+K	5.62	—	69.66	

六、施钾的产量效应

钾肥对玉米的肥效经历了无效、微效到有效的演变过程。这一过程又是从我国东南向西北逐渐推进的，这主要是由于近年来在我国玉米生产中出现的重视氮、磷肥、轻视钾肥，导致土壤养分失调，使钾成为限制玉米产量提高的主要因素。1958 ~ 1962 年，



全国 25 个省 157 个点上，平均每千克氧化钾增产玉米 2 ~ 4kg。20 世纪 80 年代，钾肥在北方的肥效有所提高，据中国农科院在河北、山东两省缺钾土壤上 29 个田间试验结果，平均每千克氧化钾增产玉米 8.7kg。总结 1993 ~ 2007 年在北方春播玉米区及黄淮海夏播玉米区两大玉米产区的钾肥研究表明，尽管北方地区土壤含钾量处于较高水平，施用钾肥在不同肥力土壤中仍有增产效果，如表 8，表 9 所示。在北方春播玉米区土壤速效钾小于 150mg/kg 的土壤中增产效果明显，最高达 38.5%。在黄淮海夏播玉米区各种钾素含量水平都有增产效果，尤其是在土壤速效钾小于 100mg/kg 的土壤效果更加明显，最高达 36.8%。增产效果在一定施肥量范围内随着施肥量的增加产量增加，但超过最佳施肥量，增产效果不明显，甚至出现减产的现象（表 8 和表 9）。

许多长期定位试验结果表明玉米施钾肥具有增产效果：1993 ~ 2002 年在辽宁玉米长期定位试验中施钾增产 10.5%，平均

表 8 北方春播玉米区钾肥增产效果

施肥量 (kg/hm ²)	增产量 (%)			
	土壤速效钾水平 (mg/kg)			
	<80	80 ~ 120	120 ~ 150	>150
<50	17.9	—	11.5	5.8–14.5
50 ~ 99	20.9	18.9 ~ 19.5	10.5 ~ 23.5	–2.6 ~ 4.8
100 ~ 149	19.4	—	13.5 ~ 38.5	—
150 ~ 199	19.5	8.9 ~ 21.1	—	15.5
200 ~ 300	—	24.6 ~ 27.7	—	—
>300	—	11.3	—	—

注 “增产量是以适宜氮磷施肥量为对照。“—”表示没有此项数据。



表 9 黄淮海夏播玉米区钾肥增产效果

施肥量 (kg/hm ²)	增产量 (%)				
	土壤速效钾水平 (mg/kg)				
	<70	70 ~ 99	100 ~ 120	120 ~ 150	>150
<50	8	3.9 ~ 26.9	6	—	5.4
50 ~ 99	13.5	0.6 ~ 36.8	4.4 ~ 15.4	3.3 ~ 16.9	16.7
100 ~ 149	8.3 ~ 17.1	7.8 ~ 33.1	7.4	8.8	24.8
150 ~ 199	—	10.6 ~ 29.0	1.1 ~ 19.8	6.8 ~ 15.6	4.6 ~ 12.5
200 ~ 300	—	13.5	10.2 ~ 31.8	7.9 ~ 10.7	—
>300	—	—	27.9	11	—

注 增产量是以适宜氮磷施肥量为对照。“—”表示没有此项数据。

每千克氧化钾产玉米 7.6kg (雷永振等, 2003); 1992 ~ 2000 年在河北长期定位试验中, 夏玉米平均增产 12.4% ~ 14.4% (韩宝文等, 2004)。

钾肥在不同土壤类型上肥效表现不同: 吴巍 (1998) 的试验结果表明在风沙土钾肥增产 5.7% ~ 39.1%; 在淡黑土上, 增产 11.0% ~ 24.6%; 在黑土上, 增产 2.5% ~ 15.0%。

在过去的 50 年里, 玉米的产量在不断增加, 总结前人的试验结果不难看出, 钾肥在玉米的增产过程中发挥了一定的作用。施钾量的增加将会与今后的增产紧密的联系在一起。



七、钾肥的有效施用

7.1 施用量

钾肥施用量是在有机肥施用的基础上确定的。主要根据土壤速效钾含量，测土配方 3414 试验成果以及玉米目标产量的大小确定钾素投入的水平，根据有机肥施用量的多少适量增减钾肥施用量，从而达到高产高效、可持续发展的目的。由于玉米秸秆中含有 80%~90% 的钾素，因此，在钾素资源管理中首先应强调秸秆必须还田，在此基础上作钾肥的推荐。

总结 1993 ~ 2007 年在北方春播玉米区及黄淮海夏播玉米区两大玉米产区的钾肥研究表明，尽管北方地区土壤含钾量处于较高水平，施用钾肥在不同肥力土壤中仍有增产效果，但钾肥的增产效果与土壤速效钾含量水平没有相关性（表 8，表 9）。因此钾肥的推荐采用恒量监控体系：从短期和中期来看，当土壤速效钾含量大于 100mg/kg 时，土壤处于高肥力水平，施钾不会有很好的增产效果和经济效益，可不从养分平衡角度考虑，在秸秆还田的基础上建议不施肥；当土壤有效钾含量在 70 ~ 100mg/kg 之间时，土壤处于中等肥力水平，施用钾肥有一定的增产效果，在秸秆还田的基础上应施以一定量的钾肥使土壤钾素处于平衡状态，或略有盈余（<10%），这样可以使土壤有效钾含量可得以维持或略有提升；当土壤速效钾含量小于 70mg/kg 时，土壤肥力较低，施用钾肥有较大的增产效应，这时可施入相对于作物吸收量较高的钾肥，使钾素平衡有 20% 以上的盈余量，这样不仅可以满足作物增产的需要，还可以使土壤速效钾含量得以稳步提升。同样，在高肥力土壤上不施钾肥，经过一定时期后土壤速效钾含量必然会下降，作物的产量也必然会下降，而在低肥力土壤上，过量施用钾肥，也会使土壤有效钾含量水平上升至施钾肥作物产量不显效的水平。因而从长期来看，应每 3 ~ 5 年对土壤肥力进行监测，以调整钾肥的施用量。表 10 和表 11 分别列出了华北平原和北方春播玉米区的钾肥恒量监控指标。

北方春播玉米区由于气温较低，秸秆直接还田比较困难，考虑到钾肥资源不足的现实，应该大力提倡秸秆过腹还田，从而保障土壤地力的维持，实现农业的可持续发展。

由于土壤肥力水平和玉米品种的变化，玉米的适宜的施钾量并不相同。但是普遍认为随着玉米产量的增加，钾肥的需求量也在普遍增加。我国玉米单产排在世界第三位，为 5.1t/hm²（2005 年）。随着玉米单产的增加，以往重氮磷、轻钾肥的施肥方式使在北方土壤钾素平衡长期处于亏缺状态，钾肥的增产效果越来越明显，而且面积由南向北逐渐扩大。



表 10 华北平原玉米钾肥恒量监控技术指标

肥力等级	土壤速效钾含量 (mg/kg)	目标产量 (kg/hm ²)	钾肥推荐用量 (kg K ₂ O /hm ²)	
			短期和中期	长期
高	>100	7500	20	每 3 ~ 5 年对土壤交换性钾 进行监测，调整钾肥的施用量
中	70 ~ 100		35 ~ 40	
低	<70		50 ~ 60	

表 11 北方春播玉米区钾肥恒量监控技术指标

肥力等级	土壤速效钾含量 (mg/kg)	目标产量 (kg/hm ²)	钾肥推荐用量 (kg K ₂ O /hm ²)	
			短期和中期 (秸秆还田)	长期
高	>100	6000	0	每 3 ~ 5 年对土壤交换性钾 进行监测，调整钾肥的施用量
中	70 ~ 100		27	
低	<70		57	

钾肥最佳施肥量的确定，应通过多点田间试验结果，以相对产量的 50%，75%，95% 作为标准获得土壤钾素丰缺指标，并且根据每个试验的产量和施肥量建立肥料效应函数，通过边际分析获得最佳施钾量。并且钾肥的增产效果是以氮磷养分充足供应为基础的。



7.2 施用时期

由于玉米对钾素的吸收主要集中在生育前期，一般在抽雄前就达到玉米施钾的高峰，因此钾肥的施用应该在播前或同时进行。大量试验表明钾肥作为基肥一般可以满足整个玉米生育期的需求。但是对于某些吸钾数量大、吸钾高峰时间长的玉米品种，一部分化肥钾可作为追肥在生育期间施用。对于那些保肥能力差的土壤应增加追肥量，如在江苏省如皋市沙壤土上的玉米试验结果表明，基肥：拔节肥：穗肥的比例为 5:3:2 时增产效果最显著（徐建平等，2001）。在广州的旱坡地上玉米钾肥应遵循“苗期早施，轻施和偏施、中期早施，重施和后期早施，巧施”原则，在苗期追施 30%，大喇叭口期，重施穗肥 60%，吐丝期追施粒肥 10% 为宜（郭庆荣等，2004）。在小麦～玉米轮作体系中以小麦、玉米各施等量钾肥经济效益最高。因此钾肥的施用应因地制宜。

7.3 施用方法

钾肥作为底肥可以条施也可以撒施，如土壤肥力高或施肥量大则撒施；如土壤肥低或施肥量小，条施效果好（玉米的施肥方法及建议）。李艳杰等（2001）对钾肥的施用方法做了研究，结果表明钾肥施在种侧 3 ~ 5cm，深 9 ~ 10cm 肥效最佳。但是从长远来看，一些研究发现，在有效钾含量在中等到高等的土壤上，条施和撒施两者间差异趋于消失。对于农民来说，大部分人还是愿意采用撒施后耕翻入土的方法，相比而言这样操作更简便成本更低。此外，许多长期定位试验结果表明，化学钾肥的施用不足以维持土壤钾素平衡，只有秸秆还田配施钾肥、有机肥，才能保障土壤钾素的平衡。在氮磷钾充足供应的条件下，增施钾肥同时配施其他微量元素肥料如锌肥对玉米也有很好的增产效果。



中国农业大学资源与环境学院

北京市海淀区圆明园西路 2 号

Tel : +86 10 62733941

Fax : +86 10 62731016

E-mail : wfzhang@cau.edu.cn

Web site : www.cau.edu.cn

www.cau.edu.cn/zihuan



International Potash Institute

Baumgärtlistrasse 17

P.O. Box 569

CH-8810 Horgen

Switzerland

Tel : + 41 43 810 49 22

Fax : + 41 43 810 49 25

E-mail : ipi@ipipotash.org

Web site : www.ipipotash.org