

吉林中部玉米高产施肥与 提高化肥利用率研究*

李伟波 张效朴

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要 通过两年的试验研究结果表明:应用现代高产施肥技术比当地大田玉米增产 40% ~ 115%, 抗灾能力较强, 年际间的产量变异较小; 高产与经济效益协调统一的化肥施用量, N 素为 255 kg/hm² 较合理, 而配施 P₂O₅ 90 kg/hm², K₂O 135 kg/hm² 产量较高, 同时 N 肥利用率可以从目前的 30% 左右提高到 40% 以上, 土壤残留 N 较少, 环境负荷小。

关键词 玉米 高产施肥 化肥利用率 土壤残留 N

近代作物施肥是以高产、高效和优质为目标, 即高产与经济效益相结合。如何协调好高产与肥料高利用率之间的关系, 在满足作物高产的养分需求的基础上, 减少肥料的消耗、降低农业成本, 提高施肥效益, 是当前农艺学研究的重大课题之一, 是国内外学者关注的焦点。

玉米高产施肥与提高化肥利用率研究, 是吉林省科委主持的国家“九五”科技攻关招标课题。主要任务是制定玉米单产 13 500 kg/hm² 的施肥技术体系, 化肥利用率比目前提高 10 个百分点, 显著减少化肥损失, 并在一定面积上作出示范。

1996、1997 年, 我们以吉林省农安县合隆为基点, 开展田间试验研究工作。主要有: (1) 高 N 与低 N 水平下玉米品种、密度与种植方式(大垄双行、小垄单行) 诸因子的正交组合试验; (2) 高产指标下最佳施肥量、施肥方法和 NPK 适宜配比试验; (3) 玉米单产 13 500 kg/hm² 的小面积高产施肥试验。两年累计试验小区数 138 个, 试验面积 1.03 hm²。室内分析测定 320 多项次。现将结果初步整理分述如下。

1 高产施肥试验田的增产作用与年际间的变异

连续两年的高产施肥试验品种均为掖单 19。1996 年为小区试验, 40 个小区总面积为 800 m²; 1997 年试验面积扩大为 1 400 m², 大垄双行与小垄单行各占 700 m², 保苗 6 万株/hm²。施肥量: 1996 年为不同施肥用量; 1997 年为 N 素 330 kg/hm², P₂O₅ 为 120 kg/hm², K₂O 为 150 kg/hm², 另加施有机肥 30 m³/hm²。试验结果见表 1。1996 年高产田平均产量为 12 350 kg/hm², 毗邻大田为 8 798 kg/hm², 增产 40.4%。1997 年因严重干旱受灾, 高产田与毗邻大田玉米产量均大幅降低。前者仅为上一年的 77%, 后者只及上一年的 50%, 但试验田产量仍比毗邻大田高 115%。比较试验田与毗邻大田年际间变异可以发现, 在同样受灾的 1997 年, 减产幅度前者比后者减少 69 个百分点。表明: 由于试验田的科技含量较高, 同时加强了田间管理措施, 具有较

* 本文是国家“九五”科技攻关招标课题: “玉米高产施肥和提高化肥利用率技术”部分试验结果。

强的抗灾能力,丰欠年间的变异较小,稳产性能好。

表 1 高产试验田与毗邻大田玉米产量与年际间变异

年 度	试验田		大田	
	(kg/hm ²)	(%)	(kg/hm ²)	(%)
1996	12 350	100	8 798	100
1997	9 527	77.1	4 425	50.3
1997 年比 1996 年减产	2 823	26.9	4 373	98.8

注:毗邻大田品种 1996 年为四单 48,1997 年为掖单 19,施肥与栽培管理均代表当地大田水平。

高产试验田玉米生育状况的调查(表 2)和考种结果表明,玉米的生育与产量构成深受气象因子的影响。1997 年玉米的成穗率明显下降,而空秆率、黑穗病发生率和秃尖程度显著上升。在田块、品种、种植密度、施肥、管理基本一致的情况下,1997 年平均穗长下降 3.7 cm,穗粗下降 0.5 cm,穗行数减少 0.7 行,行粒数减少 3.6 粒,千粒重降低 23.5 g。

表 2 年际间玉米生育状况的差异

年 份	成穗率(%)	双穗率(%)	空秆率(%)	黑穗病发生率(%)	平均秃尖(cm)
1996	93.3	0.7	5.6	1.8	1.1
1997	81.9	0	8.6	9.5	3.5

注:品种掖单 19,密度 6 万株/hm²。

2 N 肥的合理用量与适宜的 N P K 配比

N 肥合理施用量和 N P K 配比试验分别设有:N₁(180 kg/hm²)、N₂(255 kg/hm²)、N₃(330 kg/hm²)、N₄(405 kg/hm²)和 N P、N P K、N P K 等处理。不同 N 肥施用量的小区玉米产量见表 3。各处理的四次重复平均产量依次为:N₃ > N₂ > N₄ > N₁。N₂、N₃、N₄ 处理的平均产量均超过 12 000 kg/hm²,其中以 N₃ 处理产量最高,平均达 12 447 kg/hm²。

表 3 不同 N 量下的玉米产量(1996)

处 理		N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
		(180 kg/hm ²)	(255 kg/hm ²)	(330 kg/hm ²)	(405 kg/hm ²)
平均单产(n=8)	kg/hm ²	11 634	12 341	12 447	12 050
超 12 000	个数	1	6	6	4
kg/hm ² 小区	占小区总数%	3.1	18.8	18.8	12.5

施肥小区的总数为 32 个,玉米产量超 12 000 kg/hm² 的小区数,N₁ 处理出现 1 区,占总数的 3.1%;N₂、N₃ 处理出现的小区数相同,均为 6 区,各占总数的 18.8%;N₄ 处理出现 4 区,占总数的 12.5%。玉米产量超过 12 000 kg/hm² 的各小区中,N₄ 处理已开始降低。最高单产出现在 N₃ 处理区内,达 13 593 kg/hm²。上述结果表明:当 N 肥用量超过 255 kg/hm² 时,玉米单产均有超 12 000 kg 的可能性,但从经济效益的角度看,N₂ 处理的 N 肥用量(255 kg/hm²)比较合理,N₃ 处理虽然产量略高,但 N 肥的浪费较严重,经济效益下降。

从不同 N P K 搭配的组合产量看,N₂(255 kg/hm²)、P₃(P₂O₅, 90 kg/hm²)、K₄(K₂O, 135 kg/hm²)配比的产量较高,小区间的变异较小,是较为适宜的配比。但也有在 N₂ 或 N₃ 水平下,N P、N K 两元组合处理的单产超 12 000 kg 的小区,因此关于 N P K 的适宜配比问题还需进一步

探讨。

3 化肥施用方法对玉米产量的影响

试验在 N P K 化肥等量施用的条件下进行。N 肥施用量 210 kg/hm², P₂O₅ 施用量 75 kg/hm², K₂O 施用量 90 kg/hm²。品种掖单 19, 密度 6 万株/hm²。随机排列, 三次重复。处理: (1) 当地习惯施肥(另设辅区); (2) N P K 一次性基肥施用, 即“一炮轰”施法; (3) 深施法, 即 N 肥 1/2 基肥施用, 1/2 于大喇叭口前刨坑深追随趟垄(另设辅区)。磷钾肥全部作基肥。试验结果列于表 4。

深施法与当地习惯施肥相比, 玉米增产 1 成左右, 而“一炮轰”施法的产量比当地习惯施法略低。深施处理的千粒重较高为 349~360 g, 其它两种施肥处理明显较低为 312~322g 左右。

表 4 施肥方法对玉米产量的影响(1997)

处 理	平均产量 (kg/hm ²)	%	千粒重 (g)	辅区试验		
				(kg/hm ²)	%	千粒重(g)
I (当地习惯)	8 345	100	320.0	7 110	100	312.0
II (基肥一次施)	8 031	96.2	322.3			
III (1/2 基施, 1/2 深追)	9 219	110.5	360.0	7 896	111.1	349.0

4 种植法、品种、密度、N 量间的交互作用

研究玉米高产高效的施肥问题, 必须要了解品种、种法、密度和肥料间的交互作用, 才能设计出最佳的施肥技术体系。1996 年我们进行了 5 个品种、3 个因子(种法、密度、N 量)、两个水平的多因子试验, 按正交法设计。种法: 大垄双行、小垄单行; 密度: 5.7 万株/hm²、6.75 万株/hm²; N 量: 270 kg/hm²、360 kg/hm²。现将各试验处理的平均产量($\bar{K}$)以及水平间的差值(R)列于表 5。

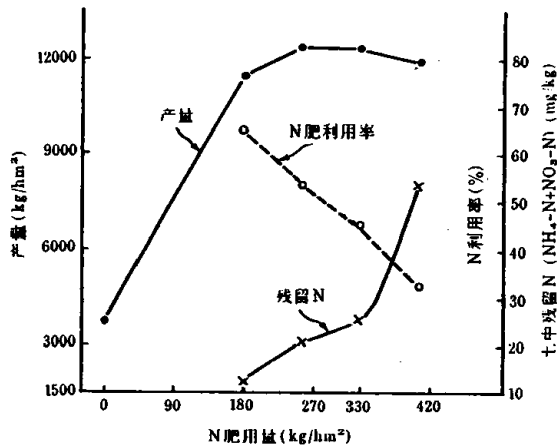
表 5 种法、密度、N 量间交互作用对玉米产量的影响

水平平均值(kg/hm ²)		因 素		
		种 法	密 度	N 量
中单 5386	$\bar{K}_1$	9 276	9 269	9 443
	$\bar{K}_2$	9 234	9 240	9 066
	R	42	29	377
	$\bar{K}_1$	9 761	9 503	9 764
中单 321	$\bar{K}_2$	9 581	9 839	9 578
	R	180	336	186
	$\bar{K}_1$	10 086	9 557	
	$\bar{K}_2$	9 573	10 098	
掖单 51	R	513	546	
	$\bar{K}_1$	10 146	10 226	10 218
	$\bar{K}_2$	10 239	10 161	10 167
	R	93	65	51
中单 5688	$\bar{K}_1$	11 097	11 033	11 097
	$\bar{K}_2$	11 066	11 130	11 064
	R	32	78	33

表 5 的结果显示: (1) 在 N 肥充足, P、K 肥适当配施条件下, 各品种与不同种植方式、密度、N 量间的交互作用多数不甚明显。只有掖单 51 在种法上似以大垄双行为佳, 在密度上以 6.75 万株/hm² 为优。(2) N 肥用量两个水平间的产量差异多数也较小, 而且有些品种(例如中单 5386) 低 N 水平($\bar{K}_1$) 略高于高 N 水平($\bar{K}_2$), 这与表 3 不同 N 量下的玉米产量变化趋势完全一致。表示当 N 肥施用量超过 270 kg/hm² 水平时, 玉米产量有下降趋势。从合理施肥, 提高化肥利用率角度考虑, N 肥用量 270 kg/hm² 已可满足需要。施 N 量超过此量, 将降低肥效, 增加投入成本。

5 N肥利用率与N素的残留量

作物对肥料的利用率是指肥料中某种营养元素被作物吸收利用的数量占施入总量的百分数。正常情况下,利用率越高,肥料中的有效成分损失越少,肥料的增产效益则越大。作物品种、施肥量、施肥方法、土壤及其肥力水平、栽培管理以及气候条件等都对肥料利用率有影响。根据1996、1997年的田间试验和室内分析测定,吉林中部黑土,玉米的N肥利用率(差值法计算)变动在32.3%~64.3%之间。附图表示N肥施用量与玉米产量、N肥利用率和土壤残留N的关系。当N肥施用量为330 kg/hm²时,玉米产量最高达12 447 kg/hm²;N肥用量为405 kg/hm²时,玉米产量下降至12 050 kg/hm²。N肥利用率则随着N肥施用量的增加而急剧降低。因此我们认为,在一定的气候、土壤条件下,采用适量的N肥用量和正确的使用方法,N肥利用率从30%左右提高到40%以上,而玉米产量保持在12 000 kg/hm²以上,是可以实现的。



附图 N肥施用量与玉米产量、N肥利用率和土壤残留N的关系

(26.9%)要高得多。根据玉米对磷肥的吸收利用率较高的特点,为节磷施肥提供了试验依据。

秋收后采集的土壤样品分析测定结果表明:土壤残留N($\text{NH}_4\text{-N}$ 与 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的总和)随着施肥量的增加而不断升高。施N量为180 kg/hm²时,测得耕层土壤残留N的浓度为12.8 mg/kg;当施N量增至405 kg/hm²时,耕层土壤残留N的浓度上升为53.5 mg/kg,呈明显的正相关(附图)。然而对土壤残留N数量上的评估以及对下茬作物的影响,则需进行更深入细致的研究工作,才能作出判断。

此外,我们用差值法计算出农安合隆基点普通黑土玉米当季的磷肥利用率为45%,与我们在淮北平原夏玉米上的测定结果相近(44%)。这比同期对淮北冬小麦的测定结果

参 考 文 献

- 1 毛达如. 近代施肥原理与技术. 北京:科学出版社,1987
- 2 张效朴. 淮北砂姜黑土区夏播玉米高产高效施肥技术. 土壤,1994,26(5):253-258

(责任编辑:韩 萍)