

玉米不同种植方式氮肥合理施用研究*

肖焱波¹, 段宗颜¹, 苏凡¹, 张福锁², 金航¹, 陈新平², 孔令明¹, 雷宝坤¹

(1. 云南农业科学院土肥所, 昆明 650205; 2. 中国农业大学植物营养系, 北京 100094)

Economically Optimal Nitrogen Fertilizer Rate for Corn under Different Planting Pattern

XIAO Yan-bo¹, DUAN Zong-yan¹, SU Fan¹, ZHANG Fu-suo², JIN Hang¹, CHEN Xin-ping², KONG Ling-ming¹, LEI Bao-kun¹

(1. Soil and Fertilizer Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205;

2. Department of Plant Nutrition, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Corn under two different planting patterns was studied for optimal nitrogen fertilizer rate. The results showed that the linear plus plateau model can simulate the relation between corn yield and nitrogen fertilizer rate well. The optimal nitrogen fertilizer rate for transplanting corn and direct seeding corn is 250 kg/hm² and 190 kg/hm² respectively, and through the properly selected model nitrogen rate can be reduced and corn yield not affected.

Key words: Nitrogen fertilizer; Corn; Nitrogen use efficiency; Nitrogen recovery rate.

[摘要] 本文就两种不同种植方式玉米不同氮肥用量的产量效应、玉米的氮肥利用率和生产率进行研究, 研究表明, 移栽玉米的氮肥利用率和生产率都比直播玉米的高, 玉米产量和施氮量以线性加平台模型为最优, 通过线性加平台得到祥云移栽玉米的最佳施氮量为 250 kg/hm², 沾益直播玉米最佳施氮量为 190 kg/hm², 表明在现有的生产力水平下, 通过适当的模型选择, 氮肥用量可以减少而不致于影响产量的下降, 从而减少由于过量施用氮肥带来的环境负效应。

[关键词] 氮肥; 玉米; 氮肥生产率; 表观利用率

[中图分类号] S 513.062

[文献标识码] B

滇中是云南经济相对发达的地区, 玉米是主要旱粮作物, 由于人均耕地少, 提高单产就成了该地区的主要增产手段。加之交通便利增加单位面积氮肥用量成为提高单产的措施之一, 然而片面追求高产却导致了该地区的氮肥用量过高。氮肥施入土壤后, 其中只有 30%~50% 被作物或微生物吸收; 一部分以气态方式释放到大气, 温室气体中的 N₂O 大多来于农业活动中的氮肥使用^[7]; 一部分以硝态氮的形式进入地表水引起水体富营养化, 进入地下水

危害人体健康, 最近已有关于过量施氮对地下水硝酸盐污染的报道^[3,5]。在对云南氮肥用量较大的祥云县和宜良县城郊的调查中也发现地下水硝酸盐的含量分别高达 40 mg/L 和 60 mg/L, 而施氮量少的沾益地下水硝酸盐含量不到 10 mg/L, 可见过量施用氮肥已经对生态环境带来了负效应。因此, 在滇中玉米种植地区进行氮肥的合理施用研究十分必要。

1 材料与方法

田间试验于 1999 年在滇中的祥云和沾益两点进行, 分别代表移栽和直播方式, 祥云有灌溉条件而沾益为雨养, 代表了滇中地区主要的玉米种植模式, 玉米品种用当地的推广种。土壤基本性状见表 1。

祥云点为移栽玉米(品种滇丰 4)试验, 试验设 N: 0、180、360、540、720、900 kg/hm² 6 个水平, 40% 作

[收稿日期] 2001-09-29

[作者简介] 肖焱波(1969-), 云南罗平县人, 云南省农业科学院土肥所助理研究员, 中国农大 2000 级博士生。主要从事作物栽培, 养分循环与农田生态方面研究。

* 云南省省院省校合作专项资助, 承蒙祥云农科所, 沾益土肥站协助。

底肥条施,60%在10~12叶期作追肥穴施,各处理磷钾用量相同,磷肥用量为 P_2O_5 :127.5kg/hm²,钾肥用量为 K_2O :112.5 kg/hm²;直播玉米试验布置在沾益县(品种会单4),地膜覆盖,试验设N:0、120、240、360、480、600 kg/hm² 6个水平,20%作底肥条施,30%在6~7叶期作追肥穴施,50%在10~12叶期作追肥穴施,磷肥用量 P_2O_5 :76.5 kg/hm²;钾肥用量

K_2O :75 kg/hm²,各处理磷钾用量相同均作底肥一次施入,不施农家肥。磷肥用普钙(P_2O_5 ,17%),钾肥用硫酸钾(K_2O ,50%),氮肥用尿素(N,46%);每处理设3次重复,小区随机区组排列,小区面积33 m²,追肥前测定植株生物量和氮含量,收后分别测子粒和秸秆氮含量同时测产量。

表1 供试土壤基本农化性状

试验点	土壤层次 (cm)	有机质 (g/kg)	硝态氮 (mg/kg)	铵态氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH
祥云	0~30	3.47	6.27	5.25	41.2	178	6.96
沾益	0~30	2.93	9.48	3.85	18.3	200	7.98

2 试验结果与分析

2.1 产量效应曲线和产量经济分析

禾本科作物产量的肥料效应常用模型模拟。最早应用数学模型来定量描绘作物产量与施肥量关系的是 Mitscherlich,近年来对施肥效应模型研究的较多^[1,6,8,9],已有多种数学模型模拟作物产量与施肥量的关系。模型的选择,往往影响到最佳产量和最

佳施肥量的确定。由于高产、耐肥品种的推广,过高的氮肥用量在一定范围内并不会立即表现为倒伏和产量下降,因此,选用线性加平台更能准确反映两地试验的经济产量与氮肥量的关系^[1,8],模型的拟合度(R^2)显著(图1):XY为祥云点,ZHY为沾益点。对不同氮用量与产量的关系用SAS软件分析^[10],施氮在两点都能增加玉米产量,与对照相比都达0.05显著,但施肥处理间差异不显著(表2)。

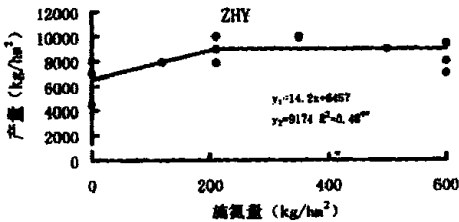
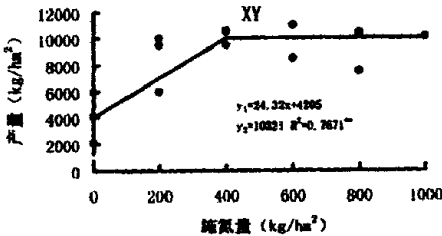


图1 不同施氮量玉米的产量效应曲线

从表2可知祥云点的产量在施氮量为360 kg/hm²达最高10 710 kg/hm²,但与施氮量180 kg/hm²比的差异不显著,因此可以判别最佳施氮量在两者间。根据线性加平台(图1)得出最佳产量10 321 kg/hm²,与生产上的高产大致相当,此时的氮用量仅为250 kg/hm²,而生产上的氮肥用量却高达550 kg/hm²。如果考虑到祥云玉米生产上常施用30 000 kg/hm²的厩肥,而试验处理并没有施任何农家肥,氮肥模型模拟得到最佳用量还会更低,因此祥云的玉米氮肥用量明显过高,完全有降低的空间。在对祥云地下水的调查中发现其硝酸盐含量已高达40 mg/kg,控制氮肥用量刻不容缓。表2中沾益点虽然在360 kg/hm²的施氮量下达到最高产量,但与其它施氮处理的产量比较并无差异。因此最佳的施氮量应该在120 kg/hm²和240 kg/hm²之间,模型得到的最佳产量为9 174 kg/hm²,对应的施肥量为192 kg/hm²,而生产上用量也高达280 kg/hm²,沾益的直播玉米同样也可以降低氮肥的用量。

2.2 玉米的氮含量和吸氮量

玉米对氮肥的合理利用很大程度上取决于玉米对氮肥的吸收和利用上,吸氮量用氮含量和产量的乘积表示。收获期对秸秆和子粒含氮量(表2)分析表明:无论子粒还是秸秆氮含量均随施氮量的增加而增加,祥云点子粒的含氮量在施氮量540 kg/hm²时达到最大1.54%,跟其它处理相比差异显著,而不施氮的处理最低,仅有1%,沾益子粒的含氮量也有此规律,说明施氮促进了子粒氮浓度的提高。祥云和沾益点秸秆的含氮量都是在施氮量360 kg/hm²最大,含氮量分别为1.05%和1.03%,两点的吸氮量不论是子粒还是秸秆在施氮量小于360 kg/hm²时,随施氮量的增加增加幅度较大,以后的增加极小甚至下降。说明施氮量超过360 kg/hm²之后,施入的氮肥绝大多数不被玉米吸收。另外,考虑到秸秆的生物量和养分含量,应大力发展畜牧养殖,充分利用秸秆中的氮,不但增加养分(N,K)就地再循环,同时有助于增加当地农民收入。如果燃烧,秸秆中的

氮将白白浪费,同时还增加温室气体(CO_2 , N_2O)的排放。

表 2 不同施氮量对玉米子粒和秸秆产量及吸氮量的影响

试验点	施氮量		N%		产量(kg/hm^2)		吸氮量(kg/hm^2)	
	(kg/hm^2)	子粒	秸秆		子粒	秸秆	子粒	秸秆
祥云	0	0.99 ^c	0.49 ^b		4 251 ^b	5 890 ^b	42	29
	180	1.19 ^{bc}	0.65 ^{ab}		8 628 ^a	10 330 ^a	103	67
	360	1.31 ^{abc}	1.05 ^a		10 714 ^a	11 575 ^a	140	122
	540	1.54 ^a	0.79 ^{ab}		10 037 ^a	12 040 ^a	155	95
	720	1.47 ^{ab}	0.86 ^{ab}		10 159 ^a	12 130 ^a	149	104
	900	1.50 ^{ab}	0.91 ^{ab}		10 375 ^a	11 770 ^a	155	107
	600	1.57 ^a	0.83 ^b		8 125 ^{ab}	7 040 ^a	127	66
沾益	0	1.01 ^c	0.46 ^c		6 457 ^b	4 557 ^b	65	21
	120	1.25 ^b	0.62 ^{bc}		8 158 ^{ab}	4 176 ^b	102	26
	240	1.46 ^a	0.86 ^b		9 128 ^a	6 162 ^a	133	53
	360	1.54 ^a	1.03 ^a		9 960 ^a	6 323 ^a	153	65
	480	1.51 ^a	0.87 ^b		9 482 ^a	5 693 ^{ab}	143	49
	600	1.57 ^a	0.83 ^b		8 125 ^{ab}	7 040 ^a	127	66
	600	1.57 ^a	0.83 ^b		8 125 ^{ab}	7 040 ^a	127	66

注:字母相同差异不显著

2.3 不同氮用量对玉米氮肥利用率和氮肥生产率的影响

本试验中的氮肥利用率和氮肥生产率根据表 2 的产量和吸氮量计算出,氮肥利用率表示为施肥处理作物吸氮量(对照处理作物吸氮量)除以氮肥用量。氮肥生产率是每千克氮肥所能生产出的子粒,表示为施氮处理子粒产量(对照处理的子粒产量)除以氮肥用量。在对两地氮肥的表观利用率和生产率(表 3)进行分析时发现,尽管两地的栽培方式和土壤不同,但各点的氮肥利用率、生产率都随氮肥施用量的增加而降低,这与报道的结果相同。祥云在氮肥用量为 180 kg/hm^2 时的表观利用率高达 54%,同时氮肥的生产率最大,为每千克氮生产 25 kg 玉米。高氮时的表观利用率仅为 21%,此时的氮素生产率仅为 6%,沾益的氮肥利用率在施氮量 240 kg/hm^2 最大,达到 43%,但氮肥生产率只有 11%。联合国粮农组织推荐用 VCR(value-cost ratio)指数来评价施肥的经济效益,它是施肥后增加农产品所得价值与化肥开支的比值。当 VCR 为 >2 时才有施肥价值,在当前的市场价格中,氮以 3.5 元/ kg ,玉米以 0.8 元/ kg ,计算出各点的 VCR 值列于表 3。最佳施氮量下祥云和沾益的 VCR 分别为 5.6 和 3.2。比较两点的试验结果,氮肥利用率、氮肥生产率和 VCR 祥云大于沾益,这可能与祥云的栽培技术、土壤条件和光热分布有关^[4]。

综上所述,施氮量的增加一定范围内增加了玉米的产量和子粒的氮含量,但过量施用氮肥不但对增加产量,改善品质没有帮助,同时氮肥的利用率、生产率和经济效率都将下降。通过适当的模型选择,结合当前的生产技术条件,过高的氮肥使用是可以降低的。另一方面提高氮肥生产率的途径主要通过培育氮高效的品种、改进氮肥品种和施肥技术。

表 3 不同试验点玉米的氮肥表观利用率、氮肥生产率产投比

试验点	施氮量 (kg/hm^2)	氮肥表观利用率 (%)	氮肥生产率 (kg/kg)	产投比
祥云	180	55	25	5.7
	360	42	16	3.6
	540	31	11	2.5
	720	25	9	2.0
	900	21	6	1.4
	120	36	14	3.2
	240	43	11	2.5
沾益	360	37	10	2.3
	480	23	6	1.4
	600	18	3	0.7
	600	18	3	0.7
	600	18	3	0.7

3 小 结

(1)氮肥是最快的增产养分,施氮增加了玉米产量,在一定范围同时增加了玉米子粒和秸秆对氮的吸收。玉米子粒氮的含量虽然随氮肥用量的增加而有所增加,但氮肥利用率却随之下降。这是因为多施入的氮肥绝大多数不能被玉米利用,说明了合理施氮的重要性。考虑到玉米秸秆的生物量大,同时有较高的 N 含量,应大力发展畜牧养殖,充分利用秸秆中的氮,不但增加养分(N, K)就地再循环,同时有助于增加当地农民收入。

(2)通过对祥云和沾益的产量和施氮量的关系进行线性加平台拟合后得到的两试验点的最佳产量分别为 10 321 kg/hm^2 和 9 174 kg/hm^2 ,最佳施氮量分别为 250 kg/hm^2 和 192 kg/hm^2 。分别比各自的高产氮肥用量的 540 kg/hm^2 和 280 kg/hm^2 低得多。说明通过适当的模型选择,在滇中的高产地区可以降低氮肥用量,从而减少损失,降低对环境的不利影响。通过适当的模型选择可以有效地降低氮肥使用量,这也是美国玉米带降低氮肥用量的成功经验。^[2]

[参 考 文 献]

- [1] 陈新平,周金池,王兴仁,张福锁. 小麦—玉米轮作制中氮肥效应模型的选择—经济和环境效益分析[J]. 土壤学报, 2000, 37(3): 346—354.
- [2] 陈新平,张福锁. 美国玉米带的氮管理[J]. 土壤肥料. 1997(3): 45—47.
- [3] 吕殿青,同延安,孙本化, Ove Emteryd. 氮肥施用对环境污染影响的研究[J]. 植物营养与肥料学报. 1998, 4(1): 8—15.
- [4] 宋令荣,程在全,陈 利. 滇中玉米高产栽培技术措施效应分析[J]. 西南农业学报, 1994, 7(2): 49—53.
- [5] 张维理,田哲旭,张 宁,李晓齐. 我国北方农用氮肥造成地下水硝酸盐污染的调查[J]. 植物营养与肥料学报. 1995, 1(2): 80—87.
- [6] 毛达如,张承东. 推荐施肥技术中施肥模型与试验设计研究[J]. 土壤通报, 1991, 22(5): 216—218.
- [7] Bouwman A. F. Soil and the Greenhouse Effects[M]. Chichester, John Wiley & Sons, 1990, 60—120.
- [8] Cerrato, M. E. and A. M. Blackmer. Comparison of models for describing corn yield response to nitrogen fertilizer[J]. Agron. J., 1990, 82: 138—143.
- [9] Cook, G. W. Fertilizing for maximum yield[M]. Grosby Lockwood and Son Ltd, 1972, 221—238.
- [10] SAS Institute. SAS User's guide: Statistic. Version, 6.03, NC, 1995. 联系电话: 010—62893407