

文章编号:1003-8701(2006)02-0034-05

磷肥在黑土春玉米连作区玉米 后效作用的研究

谢佳贵¹,张宽¹,王秀芳¹,王立春¹,
张国刚¹,尹彩侠¹,杨锡财²,邹明辉²,李杰³

(1.吉林省农业科学院农业环境与资源研究中心,吉林 公主岭 136100;
2.吉林省磐石市农业技术推广总站 132300;3.吉林省磐石市农业广播学校)

摘要:通过对吉林省中部中等肥力黑土春玉米连作区,连续13年施磷和残留在土壤中的磷对玉米产量、磷肥的利用率以及二者对玉米增产增收影响的分析比较,得出磷肥对玉米具有12年的后效作用,但后效生统显著时期约为两年。

关键词:磷肥;春玉米;连作;后效;

中图分类号:S513062

文献标识码:A

磷是植物必需的营养元素之一,吉林省在六七十年代土壤严重缺磷,为了满足作物对磷的需求,我省连续大量施用高浓磷肥(二铵)达10多年,施入土壤中的磷只有10%~30%被当年作物吸收,仍有70%~90%的磷残留在土壤中,在今后的几年中被作物吸收。可见磷肥的当季利用率很低。为了缓解吉林省磷肥资源的严重不足、降低玉米生产成本、提高磷肥的利用效率,我们在1987年设立的磷肥长期定位试验基础上,开展了磷肥对连作玉米后效作用的研究。

1 材料和方法

1.1 供试土壤

田间试验是在吉林省中部公主岭市刘房子镇中等肥力黑土上进行,盆栽试验设在土肥所网室内。供试土壤,有机质为1.980%、全氮为0.164%、全磷为0.076%、有效氮为116.329mg/kg,有效磷为12.741mg/kg,有效钾为134.061mg/kg

1.2 供试作物

田间与盆栽试验供试作物均为玉米(连作),品种为吉单101、吉单340、掖单4、丹玉13、吉单159、丹早208、四单152和四单48。

1.3 供试肥料与施肥方法

试验所用氮肥为尿素(国产,含氮46%),磷肥为磷酸二铵(含氮18%, P_2O_5 46%)。春季播种时一次施入。

1.4 土壤和植株样本测定方法

土壤有机质为丘林法;有效氮为碱解扩散法,有效磷为Olsen法,有效钾为火焰光度计法;土壤全氮为凯氏法,全磷为酸溶钼锑抗比色法;植株子粒全磷为酸溶钼锑抗比色法。

1.5 试验处理

为探明我省不同施磷水平下的磷肥后效进行了田间与盆栽试验,田间设裂区试验。盆栽试验处理与田间试验相同见表1。

收稿日期:2005-08-25

作者简介:谢佳贵(1972-),男,(满族),吉林省伊通县人,助理研究员,主要从事植物营养与施肥研究工作。

1.6 试验小区设计

试验裂区面积为50 m²,试验小区均为长方形,区内设6垄,试验设3次重复。盆栽试验面积为0.38m²/盆,每盆保苗2株。

2 结果与分析

2.1 磷肥对玉米增产效果的分析

将磷肥定位试验 10 年产量结果列于表 2。

表 1 试验处理

		1987 年试验处理		1988~1999 年试验处理	
1	P2O5(0)	+N188		P2O5(0)	+N188
2	P2O5(45)	+N188	2—1	P2O5(0)	+N188
			2—2	P2O5(45)	
3	P2O5(90)	+N188	3—1	P2O5(0)	+N188
			3—2	P2O5(90)	
4	P2O5(135)	+N188	4—1	P2O5(0)	+N188
			4—2	P2O5(135)	
5	P2O5(180)	+N188	5—1	P2O5(0)	+N188
			5—2	P2O5(180)	

注:1992~1999 年试验,N 量改为 240 kg/hm²

表 2 不同量级磷肥及其后效对玉米增产的效果

		1	2	3	4	5	LSD	磷肥连施区同后效区相比	P 连区、P 后效区同单 N 区相比
年度	处 理	N188 P ₂ O ₅ 0	N188 P ₂ O ₅ 45	N188 P ₂ O ₅ 90	N188 P ₂ O ₅ 135	N188 P ₂ O ₅ 180	0.05 0.01		
1987		5 855	6 626	6 300	6 257	7 178		—	※
1988	连续施磷	6 093	6 623	6 747	6 308	6 791	647	—	※
	1 年后效		6 834	6 689	6 885	7 286	1180	—	※
1989	连续施磷	7 701	8 828	8 684	8 591	8 537	626	—	※
	2 年后效		8 342	8 417	8 552	8 700	1 143	—	※
1990	连续施磷	7 910	8 484	8 759	8 412	8 708	236	※※	※※
	3 年后效		7 863	7 884	7 593	7 971	430	※※	—
1991	连续施磷	4 845	5 466	6 137	5 756	6 135	628	※※	※※
	4 年后效		5 057	5 226	4 722	5 205	1 105	※※	—
1992	连续施磷	5 595	8 492	8 973	9 026	9 065	993	※※	※※
	5 年后效		7 209	6 875	7 142	7 850	1 812	※※	※
1996	连续施磷	5 340	8 490	8 025	7 635	7 905	852	※※	※※
	9 年后效		6 915	6 945	6 960	6 975	1 553	※※	※※
1997	连续施磷	6 360	9 852	10 838	8 880	9 717	2 166	※	※
	10 年后效		7 704	7 359	8 796	8 799	3 950	※	※
1998	连续施磷	3 887	8 018	9 365	9 441	9 132	854	※※	※※
	11 年后效		5 537	6 105	6 257	6 482	1 556	※※	※※
1999	连续施磷	3 659	6 647	7 250	7 251	6 485	821	※※	※※
	12 年后效		4 496	5 169	5 757	5 004	1 496	※※	※
X	连续施磷	5 730	7 755	7 965	7 755	7 965			
	12 年后效		6 660	6 735	6 960	7 140			

从表 2 可见,在供试的中等肥力黑土上,从 1987 年开始连续施用磷肥,其每年对玉米均产生较明显的增产效果,同单 N 区相比,其差异达到显著或极显著平准。每公顷施用 P₂O₅ 45~180 kg 可增产玉米 215~5 554 kg,增产相对值为 3.5%~14.3%。残留在土壤中的磷肥,在测定的九个年度里,各年度对玉米都有不同程度的后效作用。四个量级磷肥第 1~2 年后效区玉米产量与相应磷肥连施区玉米产量相近,其差异未达到显著平准,而第 3~12 年后效区产量明显低于相应的磷肥连施区,其差异达到极显著平准,说明残留在土壤中的磷有两年较明显的后效作用。从表 2 中 1988~1991 年结果还可以看出,磷肥前两年后效对玉米增产效果已达到

LSD0.05 显著平准,而第 3~4 年后效对玉米的增产效果均未达到显著平准,也说明残留在供试土壤中的磷肥具有明显后效作用的时期约为两年。

2.2 玉米对磷肥利用率的分析

对 1987~1990 年盆栽试验的玉米植株进行化验分析,并利用差减法求得其磷肥利用率,结果列入表 3~4。

从表 3 可以看出,玉米对残留在供试土壤中的磷肥的前 3 年利用率(1988~1990):连续两年施磷与间断 1 年施磷、连续 3 年施磷与间断两年施磷及连续 4 年施磷与间断 3 年施磷的磷肥利用率

表 3 玉米对连续施磷及残留磷的利用率 g/盆

年度	试验处理	秸秆	子粒	子粒 + 秸秆	磷肥利用率 (%)
1987	对照	2.204	3.070	5.274	
	连续施磷	2.396	3.211	5.607	9.7
1988	对照	1.089	2.884	3.973	
	连续施磷	1.634	3.712	5.346	40.17
	间断 1 年	1.65	3.642	5.298	38.78
1989	对照	0.611	2.657	3.268	
	连续施磷	0.892	3.402	4.294	30.02
	间断 2 年	1.070	3.714	4.244	38.56
1990	对照	0.499	3.158	3.657	
	连续施磷	0.738	3.535	4.273	18.02
	间断 3 年	0.541	3.751	4.292	18.58

壤中磷肥的利用率与其相应年份连续施用磷肥的利用率相近,二者差异不明显。说明残留在盆钵供试土壤中的磷肥对玉米具有3年较明显的后效作用。

表4 玉米对当季不同量级磷肥残留磷的利用率

年 度	吸磷量	处 理 代 号				
		1(ck)	2	3	4	5
1987	子粒吸磷量	3.070	3.236	3.211	2.782	2.694
	秸秆吸磷量	2.204	1.747	2.396	2.743	1.835
	合 计	5.274	4.983	5.607	4.525	4.529
	利用率(%)	—	—	9.740	—	—
1988	子粒吸磷量	2.884	3.579	3.642	4.068	3.714
	秸秆吸磷量	1.089	0.907	1.656	1.852	1.274
	合 计	3.973	4.406	5.298	5.920	4.988
	利用率(%)	—	29.980	38.770	37.960	14.850
1989	子粒吸磷量	2.657	2.886	3.174	3.630	3.205
	秸秆吸磷量	0.611	0.821	1.070	1.203	0.922
	合 计	3.268	3.707	4.244	4.833	4.127
	利用率(%)	—	25.650	28.560	30.510	12.570
1990	子粒吸磷量	3.150	3.275	3.751	3.717	3.897
	秸秆吸磷量	0.499	0.538	0.541	0.495	0.658
	合 计	3.657	3.813	4.292	4.212	4.566
	利用率(%)	—	9.120	18.580	10.820	13.150
累计利用率		—	64.750	85.910	79.290	40.570

从表4可见,磷肥3年后效利用率之和为40.6%~85.9%,远远超过磷肥当季利用率。如此看来,磷肥对玉米的增产作用不仅在施用的当年,更重要的是第1~2年乃至第3年的后效作用。

2.3 连续施磷及残留土壤中的磷肥对玉米的增产增效作用

将13年磷肥定位试验的产量与效益结果,按3年、5年、13年3个年度段进行统计分析,并将3个年段的统计结果分别列入表5~7。再将3个年度段连续施磷与其后效的年均收入之差及连续施磷的累计效益列入表8。

表5 连续3年施磷及其残留土中磷肥对玉米的增产增效作用

项 目		kg/hm ² 、元/hm ²				
		1	2	3	4	5
		N 187.5 P ₂ O ₅ 0	N 187.5 P ₂ O ₅ 45	N 187.5 P ₂ O ₅ 90	N 187.5 P ₂ O ₅ 135	N 187.5 P ₂ O ₅ 180
年均产量	(连续3年施磷)	6 550	7 359	7 244	7 052	7 502
	(磷肥2年后效)	—	7 588	7 553	7 718	7 993
年均增产	(连续3年施磷)	0	809	694	502	952
	(磷肥2年后效)	0	1 038	1 003	1 168	1 443
年均纯收入	(连续3年施磷)	0	483	227	-91	105
	(磷肥2年后效)	0	830	802	934	1 154
年均收入之差(连磷与磷后效)		—	-347	-575	-1 025	-1 049
连续3年施磷累计效益		—	-211	-923	-2 141	-1 993

注:3年间氮肥用量均为187.5 kg/hm²。化肥与玉米价格均按2000年计算:尿素1 200元/t, N 2.61元/kg,磷酸二铵2 150元/t, P₂O₅为3.65元/kg。玉米0.8元/kg。连续3年施磷累计效益计算方法是,连磷年均纯收入×3年-磷肥后效年均纯收入×2年。

表6 连续5年施磷及其残留土中磷肥对玉米的增产增效作用

项 目		kg/hm ² 、元/hm ²				
		1	2	3	4	5
		N 187.5 P ₂ O ₅ 0	N 187.5 P ₂ O ₅ 45	N 187.5 P ₂ O ₅ 90	N 187.5 P ₂ O ₅ 135	N 187.5 P ₂ O ₅ 180
年均产量	(连续5年施磷)	6 480	7 200	7 320	7 065	7 470
	(磷肥4年后效)	—	7 020	7 050	6 938	7 290
年均增产	(连续5年施磷)	0	720	840	585	990
	(磷肥4年后效)	0	540	570	458	810
年均纯收入	(连续5年施磷)	0	412	344	-25	135
	(磷肥4年后效)	0	432	456	366	648
年均收入之差(连磷与磷后效)		—	-20	-112	-391	-513
连续5年施磷累计效益		—	332	-104	-1 589	-1 917

注:5年间氮肥用量均为187.5 kg/hm²。化肥与玉米价格均按2000年计算:尿素1 200元/t, N 2.61元/kg,磷酸二铵2 150元/t, P₂O₅为3.65元/kg,玉米0.8元/kg。连续5年施磷累计效益=连磷年均纯收入×5年-磷肥后效年均纯收入×4年。

表 7 连续 13 年施磷及其残留土中磷肥对玉米增产增效作用

元/hm²、kg/hm²

项 目		1	2	3	4	5
		N: 187.5	N: 187.5	N: 187.5	N: 187.5	N: 187.5
		P ₂ O ₅ :0	P ₂ O ₅ :45	P ₂ O ₅ :90	P ₂ O ₅ :135	P ₂ O ₅ :180
年均产量	(十三年连续施磷)	5 730	7 755	7 965	7 755	7 965
	(磷肥十二年后效)	0	6 660	6 735	6 960	7 140
年均增产	(十三年连续施磷)	0	2 025	2 235	2 025	2 235
	(磷肥十二年后效)	0	930	1 005	1 230	1 410
年均纯收入	(十三年连续施磷)	0	1 456	1 450	1 127	1 131
	(磷肥十二年后效)	0	744	804	984	1 128
年均收入之差(连磷与磷后效)		—	712	646	143	3
连续十三年施磷累计效益		—	10 000	9 202	2 843	1 167

注：磷肥与玉米价格均按 2000 年计算：尿素 1 200 元/t、N 2.61 元/kg，磷酸二铵 2 150 元/t，P₂O₅ 为 3.65 元/kg，玉米 0.8 元/kg。连续 13 年施磷累计效益=连续施磷年均纯收入×13 年-磷肥后效年均纯收入×12 年。

从表 5~表 8 看出 ,连续 3 年施用磷肥 ,其两年后效对玉米的增收值远远超过磷肥连施对玉米的增收值。连续 5 年施用磷肥 ,其 4 年后效对玉米的增收值则大幅度下降 ,其值接近或稍高于磷肥连施对玉米的增收值 ;磷肥连续施用 13 年 ,其 12 年后效对玉米的增收值则远远低于磷肥连施对玉米的增收值。通过磷肥连施及其后效对玉米的增产效益分析再次说明磷肥在供试土壤上具有较长时间的后效作用 ,但其后效最显著的时期为两年。

从表 8 还可以看出 ,在不同磷肥用量条件下 ,磷肥连施 3 年的累计效益均为负值 ,磷肥用量越高其负值越大。在不同量级磷肥连施 5 年的累计效益中 ,只有每公顷 P₂O₅ 用量为 45kg 的处理增收 332 元/hm² ,而 P₂O₅ 用量增至 90、135 和 180 kg/hm² 时则分别亏损 104、1 589 和 1 917 元/hm² ;4 个量级磷肥连施 13 年时 ,其累计效益均为正值 ,则分别为 10 000、9 202、2 843 和 1 167 元/hm²。这一结果再次说明磷肥有较长时间的后效作用 ,但其增效最明显的时间为两年。

3 小 结

通过对吉林省中部中等肥力黑土玉米连作区 ,13 年施磷定位试验的增产、效益与利用率结果的分析得出 :

残留在土壤中的磷肥对玉米有较长时间的后效作用 ,在观察的 12 年中均有后效作用。

磷肥后效对玉米增产增收最明显、利用率最高的时期为施用后的 2~3 年。

吉林省施用磷肥历史较长 ,在玉米上大量连续施用高浓磷肥(二铵)已达 10 年 ,土壤中残留的磷肥较多。今后在玉米施肥中应注意发挥残留磷肥的后效作用 ,可以依据土壤和作物适当减磷或试行定期间断施用磷肥。以此来确定作物专用肥的配方 ,可以提高磷肥利用率 ,最能产生良好的经济和生态效益。

参考文献 :

[1] 林继雄 . 磷肥后效与利用率的定位试验[J] . 土壤肥料 ,1995 ,(6) :1-5 .
[2] 朱小平 . 徐淮地区石灰性土壤磷肥残效研究 Ⅲ . 土壤中肥料残留的形态及其生物有效性[J] . 南京农业大学学报 ,1994 ,17(2) :60 -65 .
[3] 索东让 . 小麦 / 玉米带田磷肥分配方式及后效研究[J] . 西北农林大学学报 ,1996 ,24(5) :75-79 .
[4] 田忠孝 . 磷肥残效研究[J] . 土壤 ,1997 ,(5) :251-253 .
[5] 赵之重 . 从五年磷肥定位试验结果浅析固磷作用[J] . 青海农林科技 1997(2) :13-16 .
[6] 王秋杰 . 磷肥在砂土中的固定、释放及其后效研究[J] . 土壤通报 ,1997 ,28(2):79-81 .
[7] 徐长兴 . 施肥对砂姜黑土供磷能力的影响及磷肥后效[J] . 安徽农业科学 ,1999,27(1) :38-41 .
[8] 王生录 . 磷肥后效及其土壤无机磷形态变化研究[J] . 甘肃农业科技 ,1999 ,(8) :36-39 .

表 8 连续施磷累积效益及其于
后效年均收入的比较

kg/hm²、元 /hm²

项 目		2	3	4	5
		N 187.5	N 187.5	N 187.5	N 187.5
		P ₂ O ₅ 45	P ₂ O ₅ 90	P ₂ O ₅ 135	P ₂ O ₅ 180
年均收入之差	3 年连磷				
	与两年后	-347	-575	-1 025	-1 049
效之比	5 年连磷				
	与四年后	-20	-112	-391	-513
效之比	13 年连磷				
	与十二年	712	646	143	3
后效之比					
连续施 3 年		-211	-923	-2 141	-1 993
磷累积 5 年		332	-104	-1 589	-1 917
效益 13 年		10 000	9 202	2 843	1 157

注：1987~1991 年供试土壤氮肥用量(N)187.5kg/hm² ,1992~1999 年氮肥用量增至 240kg/hm²。

Studies on Residual Effect of Phosphate Fertilizer to Maize on the Black Soil of the Continuous Cropping System Area

XIE Jia-gui , ZHANG Kuan , WANG Xiu-fang , et al.

(Agricultural Environment and Resources Research Center, Academy of Agricultural Sciences of Jilin Provinces, Gongzhuling 136100, China)

Abstract: Effect of phosphate fertilizer application and its residues on the yield of maize and the efficient of phosphate fertilizer was analyzed in 12 years long-term and fixed place experiment on the black soil of the continuous cropping system area in the middle region of Jilin province. It was concluded that phosphate fertilizer had residual effect for more than 12 years whereas the period that it had significant effect was about two years.

Key words: Phosphate fertilizer, Spring-sown maize, Continuous cropping, Residual effect

(上接第 26 页)

合种植地区较广,在良好环境条件下产量不如其它杂交种,但在不良环境条件下产量表现高,更适于生产水平较低地区种植,适口性好,出米率中等。

41A×546 综合产量、标准差、变异系数和高稳产系数属较差品种。

从表 4 看出,锦杂 93、P02A/415和平杂 8 号产量较高,高稳系数分别为 1、2、3 位,属高产稳产品种,锦杂 103 产量 505.9kg/667m²为第 4 位,变异系数 24.3%为第 4 位,高稳系数 72.71%为第 5 位,表现比较好。表现最差为 AR2011 等。

3 讨 论

本试验用 HSC法对高粱品种的高产稳产性进行了综合评价分析,参试品种因产量、标准差、变异系数不同,其高稳系数的位次也发生了相应的变化。从高产稳产分析,高稳系数适当调整了原来按产量平均数分析的位次排列,其结果基本符合生产实际。

作物产量的高低受环境因素和遗传因素影响,不能忽略二者之间的互作作用,而这种互作作用也是造成同一品种在不同条件下产量差异的原因之一。在高稳系数分析中,未将此因素包括进去。这是HSC法的不足之处。但HSC法把品种的高产稳产性能首次结合起来进行评价;而且实践证明符合生产实际。所以,它仍不失为目前评价品种高产稳产性的一种较好的方法。

参考文献：

- [1] 马育华,等.田间试验设计和统计方法[M].北京:农业出版社,1988.
- [2] 温振民.用高稳系数分析玉米杂交种高产、稳产性的探讨[J].作物学报,1994,(4).
- [3] 张欣.高粱区域试验新杂交种的稳定性分析[J].辽宁农业科学,1996,(3).