

不同施磷方式对吉林省西部超高产玉米 磷素吸收积累的影响

张 萌¹, 曹国军¹, 耿玉辉¹, 王聪宇¹, 王振华¹, 刘志全², 路立平²

(1. 吉林农业大学资源与环境学院, 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院, 长春 130033)

摘 要: 采用田间试验的方法, 研究磷肥施用量相同的条件下, 磷肥不同施用时期及分配比例对吉林省西部超高产玉米产量及磷素吸收积累的影响。结果表明, 不同施磷方式对玉米产量和磷素吸收积累量有一定影响。施磷量一定的条件下, 在玉米生育后期追施磷肥可有效提高产量, 其中拔节期和喇叭口期均追肥处理产量达到 13 706 kg/hm², 较一次性基施处理高 0.82%; 不同生育期各器官磷素积累量也相对较高, 收获时期植株磷素吸收积累量为 126.4 kg/hm², 高于其他各处理。从成熟期玉米植株磷素含量分配比例来看, 拔节期和喇叭口期均追肥处理收获时期子粒中磷素含量占植株总磷素含量的 68.99%, 其他处理均超过 70%; 除子粒外其余各器官磷素含量所占比例均较高。本试验条件下, 在玉米生育后期追施磷肥的施磷方式可有效提高玉米产量, 但相对于磷肥一次性基施的方式差异不显著。

关键词: 玉米; 施磷方式; 产量; 磷素吸收积累

中图分类号: S513.062

文献标识码: A

Effects of Different Applications of Phosphorus on Absorption Accumulation of Super High-yield Corn's Phosphorus in Western Jilin Province

ZHANG Meng¹, CAO Guo-jun¹, GENG Yu-hui¹, WANG Chong-yu¹,

WANG Zhen-hua¹, LIU Zhi-quan², LU Li-ping²

(1. College of Resources and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun 130118;

2. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: A field experiment was conducted to study under the same conditions of phosphate fertilizer application time and the ratio of different fertilizer on maize of super high yield and phosphorus absorption accumulation in western part of Jilin province. Different ways of phosphorus have effects on maize yield and the accumulation of phosphorus. When the total amount of phosphorus is fixed, chasing P fertilizer can effectively improves the production in late corn breeding, P6 process which yields jointing and trumpet stage were dressing reaches 13 706 kg/ha, compared with one-time process-based application P1 high 0.82%, no significant difference. Each organ accumulation of phosphorus processing high yield at different growth stages is relatively high, the highest yield of P6 was 126.4 kg/ha, which was higher than the other treatments. From the point of view of maturity of maize plant phosphorus element content distribution ratio, the highest yield processing phosphorus content of grain at a relatively low proportion of other treatments, compared, P6 processing harvest period of phosphorus in grain element content accounted for phosphorus content of 68.99%, other treatments was higher than 70%. By the experiment, ways to chase P fertilizer phosphorus can improve corn production in the late growth of corn, but relative to phosphate one-time basal way of no significant difference.

Key words: Corn; Phosphorus mode of administration; Yield; Accumulation of phosphorus absorption

收稿日期: 2015-02-25

基金项目: 国家科技支撑计划(2011BAD16B10、2012BAD04B02)

作者简介: 张 萌(1989-), 女, 吉林通化人, 硕士, 主要从事植物营养方面研究。Tel: 0432-84533459 E-mail: zm9732@163.com

曹国军为本文通讯作者。E-mail: cgj72@126.com

玉米作为重要的粮食作物在我国农业生产和国民经济发展中占有越来越重要的地位^[1]。近年来为追求产量,玉米在种植过程中盲目的大量施肥,造成资源浪费和环境污染等问题^[2~5]。磷素是三大营养元素之一,玉米又是典型的对磷敏感作物,磷肥施用量或施用方式都会对作物产生影响^[6~8]。因此磷肥的合理施用对增加玉米产量、增强土壤磷素供应及提高玉米对磷素的吸收利用具有重要作用^[9,10]。长期以来,玉米一直采用磷肥作基肥一次性施用的方式,也有研究对一次性施肥持有不同观点^[11,12]。王宜伦等^[13]人研究认为,玉米在拔节期和吐丝期之间大量吸收养分,在吐丝期之后仍能吸收较多的磷。齐文增等^[14]也证实了这一结论。关于玉米磷肥追施的问题虽然前人已有一些研究^[15~17],但针对于吉林省西部地区玉米不同磷素供给方式的研究尚未见报道。因此,本研究在吉林省西部采用大垄双行膜下滴灌的种植方式,在磷肥施用量相同的条件下,探讨不同磷肥施用时期及分配比例对玉米产量及磷素吸收积累的影响,为吉林省西部超高产玉米磷肥高效施用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验于2013年在吉林省西部半干旱地区松原市乾安县赞字乡父字村试验田进行。试验田土壤类型为淡黑钙土,土壤质地为砂质壤土,耕层土壤(0~

20 cm)pH值7.3,有机质21.2 g/kg,碱解氮144.2 mg/kg,有效磷42.2 mg/kg,速效钾106.4 mg/kg。

1.2 供试材料

试验玉米品种选用先玉335,种植密度为8万株/hm²。

供试肥料:氮肥为尿素(N 46%),各处理均施N 300 kg/hm²,其中30%作基肥,40%作拔节期追肥,30%作抽雄期追肥。磷肥为磷酸二铵(N 18%,P₂O₅ 46%)和重过磷酸钙(P₂O₅ 46%),钾肥为氯化钾(K₂O 60%),各处理均施K₂O 140 kg/hm²,作基肥一次性施用。

1.3 试验设计

采用大垄双行膜下滴灌的种植方式,试验区共灌水2次,5月18日灌水1次,约300~350 m³/hm²;8月15日灌水1次,约300~350 m³/hm²。试验设7个磷肥不同施用方式处理(P0~P6),每个处理3次重复,共计21个试验小区,随机区组排列(表1)。

1.4 采样时期与方法

在玉米各主要生育时期,即苗期(出苗后18 d)、拔节期(出苗后47 d)、大喇叭口期(出苗后63 d)、抽雄吐丝期(出苗后74 d)、灌浆期(出苗后93 d)、乳熟期(出苗后108 d)、蜡熟期(出苗后123 d)和成熟期(出苗后132 d)进行田间观测并采集玉米地上部植物样品,从各试验小区中选取长势大小均匀的玉米3~5株(苗期为30株),并按茎秆、叶鞘、穗部营养体和子粒各器官进行分类,风干备用。

表1 不同磷肥施用方式试验

Table 1 Test different ways phosphate fertilizer

处 理 Treatment	P ₂ O ₅ (kg/hm ²)	基肥(占施用量%) Base fertilizer	追肥(占施用量%) Top dressing	
			拔节期 Jointing stage	大喇叭口期 Trumpeting stage
P0	0	0	0	0
P1	140	100	0	0
P2	140	75	25	0
P3	140	75	0	25
P4	140	50	50	0
P5	140	50	0	50
P6	140	50	25	25

1.5 测试项目与方法

玉米经济产量的测定:玉米成熟期在每个试验小区选取10 m²区域进行测产,按重量均值法选10穗,用以考察穗部性状与产量构成因素,产量由各小区所取的10穗子粒风干重(含水量以14%计)折算获得。

植物样品全磷含量采用钒钼黄比色法,分光光度计测定。

2 结果与分析

2.1 不同施磷方式对吉林省西部玉米产量的影响

由于我国各地区玉米的基础产量差异较大,玉

米超高产的指标也有所不同。一般认为作物产量水平比高产提高30%的为超高产^[18]。从表2中可以看出,在相同施肥量条件下,磷肥不同施用方式对超高产玉米产量有不同的影响。P6处理产量最高,达13 706 kg/hm²;其次为P1处理,产量为13 595 kg/hm²。以13 500 kg/hm²界定为吉林省西部玉米超高产水

平,本研究中P6和P1处理均达到了玉米超高产水平。P6处理比P0处理增产20.1%,P1处理比P0处理增产19.1%,P6与P1两个处理间差异不显著,P6处理与其他各处理间差异均达到显著水平。各处理成熟期产量大小顺序为P6>P1>P5>P3>P2>P4>P0。

表2 不同施磷方式对吉林省西部超高产玉米产量的影响

Table 2 Effects of different phosphorus ways in west Jilin super high yielding maize yield

处理 Treatment	穗数(穗/hm ²) Ears	穗粒数 Grain number	千粒重(g) 1000-grain weight	产量(kg/hm ²) Yield
P0	52 250 c	451.5 c	326.2 d	11 410 e
P1	53 360 bc	505.4 a	338.0 a	13 595 ab
P2	53 800 ab	468.3 b	331.7 abcd	12 451 d
P3	54 250 ab	479.4 b	333.6 abc	12 940 c
P4	54 470 ab	493.9 a	331.5 bcd	13 296 bc
P5	54 470 ab	497.1 a	329.3 cd	13 296 bc
P6	54 690 a	497.4 a	337.9 ab	13 706 a

2.2 不同施磷方式对吉林省西部超高产玉米磷素吸收积累的影响

从表3中可以看出,不同施磷方式对不同时期玉米各生育器官磷素吸收积累趋势影响大致相同。叶片与茎秆的磷素积累量均表现为前期缓慢增长、从拔节期(出苗后47 d)开始迅速积累,叶片到抽雄期(出苗后93 d)前后达到最大、茎秆到灌浆期(出苗后93 d)达到最大,之后则处于下降的趋势,至乳熟期(出苗后108 d)后趋于平稳降低。穗部营养体磷素吸收积累则表现为出穗后迅速累积、到灌浆期(出苗后

93 d)达到最大,之后由于生长中心转移,穗部营养体磷素含量开始下降。子粒的磷素积累量自出粒后便开始迅速增长,至乳熟期(出苗后108 d)后增长趋于缓慢,增长过程一直持续到成熟期(出苗后132 d)达到积累量峰值。由各器官磷素积累量数据变化分析可知,抽雄吐丝期之后玉米叶片和茎秆中的磷素增长变缓慢,到灌浆期之后甚至开始下降,而此时子粒开始形成并快速吸收积累磷量。灌浆期至乳熟期是磷素转移的关键时刻,也是吉林省西部超高产玉米磷素养分需求的重要时期。

表3 不同施磷方式下吉林省西部超高产玉米磷素吸收积累动态

Table 3 Different ways of phosphorus uptake and accumulation dynamics in western Jilin province super high yielding corn

器官 Organ	处理 Treatment	出苗后天数(d) Days after emergence							
		18	47	63	74	93	108	123	132
叶 片	P0	0.3	3.7	16.8	28	20	13.6	11.2	10.4
	P1	0.4	6.9	31.2	37.6	29.6	20.8	17.6	14.4
	P2	0.4	5.7	28.8	34.4	26.4	18.4	14.4	13.6
	P3	0.4	6.2	29.6	35.2	26.4	19.2	15.2	13.6
	P4	0.4	6.0	26.4	32.8	24.8	16.8	14.4	12
	P5	0.4	6.6	31.2	37.6	28.0	20.8	16	14.4
茎 秆	P6	0.4	6.7	30.4	38.4	29.6	21.6	17.6	16.0
	P0			5.6	15.2	16.8	8.0	7.2	6.4
	P1			8.8	22.4	24.0	12.8	12.0	10.4
	P2			8.0	19.2	20.8	10.4	9.6	9.6
	P3			8.0	20.0	22.4	12.0	11.2	10.4
	P4			8.8	18.4	20.0	9.6	8.8	8.8

续表3 Continued 3

器官 Organ	处理 Treatment	出苗后天数(d) Days after emergence							
		18	47	63	74	93	108	123	132
茎 秆	P5			8.0	21.6	24.8	12.8	12.0	10.4
	P6			8.8	22.4	24.8	14.4	13.6	12.0
穗部营养体	P0				2.4	13.6	7.2	6.4	5.6
	P1				4.8	20.8	12.8	11.2	10.4
	P2				4.0	18.4	11.2	9.6	8.8
	P3				4.8	20.0	11.2	9.6	8.8
	P4				4.0	16.8	10.4	8.8	8.0
	P5				5.6	21.6	12.8	11.2	9.6
	P6				5.6	21.6	14.4	12.0	11.2
子 粒	P0					10.4	52.0	60.0	63.2
	P1					20.0	68.0	78.4	84.8
	P2					16.8	64.0	74.4	76.8
	P3					18.4	65.6	76.0	78.4
	P4					16.8	62.4	71.2	73.6
	P5					20.0	68.0	78.4	84.0
	P6					20.8	68.8	80.8	87.2
植 株	P0	0.3	3.7	22.4	44.8	60.0	80.0	84.0	84.8
	P1	0.4	6.9	40.0	64.8	93.6	114.4	119.2	120.0
	P2	0.4	5.7	36.8	57.6	82.4	103.2	108.0	108.8
	P3	0.4	6.2	38.4	60.0	87.2	108.0	112.0	111.2
	P4	0.4	6.0	35.2	55.2	78.4	99.2	103.2	102.4
	P5	0.4	6.6	39.2	64.8	94.4	114.4	117.6	118.4
	P6	0.4	6.7	39.2	66.4	96.8	119.2	124.0	126.4

施磷较不施磷处理对吉林省超高产玉米各器官磷素积累量的影响有明显差异,施磷肥处理各器官磷素积累量均较不施磷肥处理(P0)有不同程度增加。不同施磷方式对吉林省西部超高产玉米磷素吸收积累量也有一定影响。从磷素积累量方面来看,磷肥 50%做基肥处理、拔节期和大喇叭口期各追施 25%的处理(P6)和磷肥 100%做基肥施入的处理(P1)磷素积累量相对于其他各处理较高。到成熟期时, P1 处理植株磷素吸收积累量较 P0、P2、P3、P4、P5 处

理分别提高了 41.51%、10.29%、7.91%、17.19%和 1.35%; P6 处理植株磷素吸收积累量较 P0、P2、P3、P4、P5 分别提高了 49.06%、16.18%、13.67%、23.44%和 6.76%。P1 处理与 P6 处理相比较,成熟期时, P6 处理各器官和植株整体磷素含量均要高于 P1 处理, P6 处理的植株磷素积累量比 P1 处理多 5.33%,说明磷肥 50%做基肥、拔节期和大喇叭口期各追施 25%的施肥方式(P6)是最适宜吉林省西部超高产玉米形成的施磷方式。

表 4 不同施磷方式下吉林省西部超高产玉米成熟期各器官磷素含量所占植株总磷素含量的比例

Table 4 The proportion of the total phosphorus content of the plants in western Jilin province super high yield corn maturity each organ phosphorus content of phosphorus in different ways

%

处理 Treatment	叶片 Leaf	茎 秆 Stalk	穗部营养体 Ear vegetative	子 粒 Grain
P0	12.26 abc	7.55 c	6.60 c	74.53 a
P1	12.00 cd	8.67 b	8.67 a	70.67 cd
P2	12.50 ab	8.82 b	8.09 b	70.59 cd
P3	12.23 abc	9.35 a	7.91 b	70.50 d
P4	11.72 d	8.59 b	7.81 b	71.88 b
P5	12.16 bc	8.78 b	8.11 b	70.95 c
P6	12.66 a	9.49 a	8.86 a	68.99 e

不同施磷方式对各器官磷素分配趋势影响不大,但分配比例上存在一定差异。植株磷素养分主要分布在子粒中,占总磷素积累量的70%左右,不施磷P0处理子粒中磷素含量占植株总磷素含量的比例最大,与其他处理差异均达到显著水平,其余各器官磷素含量所占比例都比较小。P6处理子粒中磷素含量所占植株总磷素含量比例最小,其叶片、茎秆及穗部营养体中磷素含量所占比例相对于其他各处理都高。只有叶片、茎秆以及穗部营养体都充分吸收养分才能有效地供给子粒,从而促使超高产玉米的形成。

3 结论与讨论

玉米各生育器官内养分的积累是其生物量与产量形成的基础,掌握玉米在各个生育阶段对磷素的需求,合理安排磷肥不同施用时期及分配比例对玉米超高产的形成具有重要意义。在本试验条件下,吉林省西部超高产玉米施磷与不施磷相比能显著提高玉米产量,不同施磷方式对玉米产量也有着不同的影响,其中,磷肥总量50%基施、25%拔节期追施和25%大喇叭口期追施(P6)处理玉米产量最高,但与磷肥一次性基施(P1)处理差异不显著,两个处理产量均达到13 500 kg/hm²以上的超高产水平。P6处理第二次施肥时间恰逢第二次灌水时间,这也可能是促使P6处理产量最高的原因之一,水分帮助作物更好地对磷素吸收利用。在同样的供水条件下,施磷能促进干物质的积累,提高有利于玉米生育后期养分吸收与运转^[9],本研究结果也能在一定程度上证明这一点。

不同施磷方式对吉林省西部超高产春玉米磷素吸收积累也有一定影响,各处理的磷素吸收规律基本一致,磷素积累量与产量积累趋势也基本相同。不同施磷方式虽然对磷素养分吸收积累趋势无影响,但改变了磷素在不同生育阶段的积累量,尤其表现在生育后期。生育后期玉米对磷素的需求量逐渐增大,合理的追施磷肥有利于植株磷素吸收积累和提高产量,与耿玉辉等^[20]研究结果基本一致。夏玉米最佳追磷时期是幼苗出叶4~6片时,这一时期追肥能充分发挥磷肥的增产作用。本研究也进一步证明,磷肥基施50%、拔节期和大喇叭口期各追施25%处理(P6)植株磷素积累量高于其余各处理。各处理总体磷素吸收积累量与产量规律基本相同。

参考文献:

[1] 翁凌云. 我国玉米生产现状及发展对策分析[J]. 中国食物与营养, 2010(1): 28-33.

Weng L Y. Analysis of maize current situation and development strategies[J]. Food and Nutrition in China, 2010(1): 28-33. (in Chinese)

- [2] Trenton F S, Joseph G L. Comgra in yield response to crop ration and nitrogen over 35 years[J]. Agron., 2008(100): 643-650.
- [3] Ken D Sayreb, Jozef Deckers. Stable high yields with zero tillage and permanent bed planting field crops Research[J]. Field Crops Res., 2005, 94(1): 33-42.
- [4] 曹国军. 超高产春玉米氮磷营养特性及养分调控技术研究[D]. 长春: 吉林农业大学博士论文, 2010.
- [5] 战秀梅, 李亭亭, 韩晓日, 等. 不同施肥方式对春玉米产量、效益及氮素吸收和利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(4): 861-868.
- Zhan X M, Li T T, Han X R, et al. Effects of nitrogen fertilization methods on yield, profit and nitrogen absorption and utilization of spring maize[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2011, 17(4): 861-868. (in Chinese)
- [6] 赵亚丽, 杨春收, 王群, 等. 磷肥施用深度对夏玉米产量和养分吸收的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(23): 4805-4813.
- Zhao Y L, Yang C S, Wang Q, et al. Effects of phosphorus placement depth on yield and nutrient uptake of summer maize[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(23): 4805-4813. (in Chinese)
- [7] Ladha J K, Pathak H, Krupnik T J, et al. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production retrospect and prospects[J]. Advances and Agronomy, 2005, 87: 86-156.
- [8] 刘安琴. 磷肥不同施用方式对玉米产量的影响[J]. 贵州农业科学, 2007, 35(4): 109-110.
- Liu A Q. The effect of different application pattern of phosphoric fertilizer on maize yield[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2007, 35(4): 109-110. (in Chinese)
- [9] 彭正萍, 张家铜, 袁硕, 等. 不同供磷水平对玉米干物质和磷动态积累及分配的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(4): 793-798.
- Peng Z P, Zhang J T, Yuan S, et al. Effects of different phosphorus application rates on the dynamic accumulation and distribution of dry matter and phosphorus in maize[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2009, 15(4): 793-798. (in Chinese)
- [10] 陈书强, 许海涛, 段翠平. 施磷量对玉米生长发育产量构成因子及品质的影响[J]. 河北农业科学, 2011, 15(2): 62-64, 95.
- Chen S Q, Xu H T, Duan C P. Effect of phosphorus application amount on growth and development, Yield components and quality of maize[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2011, 15(2): 62-64, 95. (in Chinese)
- [11] 安景文, 汪仁, 包红静, 等. 不同肥料配方一次性施肥对玉米产量和养分吸收的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(4): 874-877.
- An J W, Wang R, Bao H J, et al. Different fertilizers prescription disposable fertilization on yield and nutrient uptake[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2008, 39(4): 874-877. (in Chinese)
- [12] 高 强, 李德忠, 汪娟娟, 等. 春玉米一次性施肥效果研究[J]. 玉米科学, 2007, 15(4): 125-128.
- Gao Q, Li D Z, Wang J J, et al. Effects of single fertilization for spring maize[J]. Journal of Maize Sciences, 2007, 15(4): 125-128. (in Chinese)

- [13] 王宜伦,李潮海,何 萍,等.超高产夏玉米养分限制因子及养分吸收积累规律研究[J].植物营养与肥料学报,2010,16(3):559-566.
Wang Y L, Li C H, He P, et al. Nutrient restrictive factors and accumulation of super-high-yield summer maize[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2010, 16(3): 559-566. (in Chinese)
- [14] 齐文增,陈晓璐,刘 鹏,等.超高产夏玉米干物质与氮、磷、钾养分积累与分配特点[J].植物营养与肥料学报,2013,19(1):27-37.
Qi W Z, Chen X L, Liu P, et al. Characteristics of dry matter, accumulation and distribution of N, P and K of super-high-yield summer maize[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2013, 19(1): 27-37. (in Chinese)
- [15] Abrams M, Jarrell W M. Soil phosphorus as a potential nonpoint source for elevated stream phosphorus levels[J]. J. Environ. Qual., 1995, 24(1): 132-138.
- [16] 高美玲,袁成志,杨俊玲.不同时期追施磷肥对番茄的影响[J].长江蔬菜,2008(16):37-38.
Gao M L, Yuan C Z, Yang J L. Phosphate fertilizer in different stages of Tomato's[J]. Journal of Changjiang Vegetables. 2008(16): 37-38. (in Chinese)
- [17] 陈 祥,同延安,杨 倩.氮磷钾平衡施肥对夏玉米产量及养分吸收和积累的影响[J].中国土壤与肥料,2008(6):19-22.
Chen X, Tong Y A, Yang Q. Effect of balanced fertilization on corn yield and nutrient uptake and accumulation[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2008(6): 19-22. (in Chinese)
- [18] 谢瑞芝,李潮海,周苏玫,等.超高产夏玉米生长机制研究[J].河南农业大学学报,1999,33(1):11-16.
Xie R Z, Li C H, Zhou S M, et al. Maize super high yield summer growth mechanism[J]. Journal of Henan Agricultural University, 1999, 33(1): 11-16. (in Chinese)
- [19] 谢迎新,张淑利,王永华,等.水磷耦合对夏玉米生长发育的影响[J].河南农业科学,2007(12):22-25.
Xie Y X, Zhang S L, Wang Y H, et al. The couple effect of water and phosphorus on maize growth and development in main growing stage[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2007(12): 22-25. (in Chinese)
- [20] 耿玉辉,曹国军,叶 青,等.磷肥不同施用方式对土壤速效磷及春玉米磷素吸收和产量的影响[J].华南农业大学学报,2013,34(4):470-474.
Geng Y H, Cao G J, Ye Q, et al. Effects of different phosphorus applications soil available phosphorus, phosphorus absorption and yield of spring maize[J]. Journal of South China Agricultural University, 2013, 34(4): 470-474. (in Chinese)

(责任编辑:李万良)