

王 鹏,张洪园,李佐同,等. 不同磷施用量对玉米磷吸收与利用的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(9):105-108.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.09.030

# 不同磷施用量对玉米磷吸收与利用的影响

王 鹏<sup>1</sup>,张洪园<sup>1,2</sup>,李佐同<sup>1</sup>,焦 峰<sup>1</sup>,殷奎德<sup>1</sup>,肖 瑶<sup>1</sup>,李 迪<sup>1</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学,黑龙江大庆 163319; 2. 九三管理局嫩江农场,黑龙江黑河 161431)

**摘要:**通过不同磷肥施用量及磷肥添加有机肥施用的田间试验,研究了磷肥对玉米磷吸收与利用的影响规律。试验以雷奥402为试材,设置5个处理,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>施用量分别为P0(对照):0 kg/hm<sup>2</sup>;P1:90 kg/hm<sup>2</sup>;P2:150 kg/hm<sup>2</sup>;P3:180 kg/hm<sup>2</sup>;P4:磷肥添加有机肥处理,2种肥料混合后P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>为150 kg/hm<sup>2</sup>。结果表明:玉米总磷吸收量P3、P4分别高于对照36.65、36.90 kg/hm<sup>2</sup>,差异显著( $P < 0.05$ );茎P4处理最高,高于对照6.93 kg/hm<sup>2</sup>,差异显著( $P < 0.05$ ),P3与P4之间无显著差异,P3显著高于对照( $P < 0.05$ );叶片P3、P4之间无显著差异,2个处理分别比对照提高了6.28、7.42 kg/hm<sup>2</sup>;雌穗在孕穗期和灌浆期P2始终处于最高值,显著高于其他处理( $P < 0.05$ ),成熟期P4最高,显著高于对照和P1处理;苞叶和籽粒P3处理最高,分别高于对照2.62、20.83 kg/hm<sup>2</sup>,差异显著,P4与P3之间无显著差异( $P > 0.05$ );磷肥利用率P4最高,P3最低。综合分析认为,无机磷肥施用量为180 kg/hm<sup>2</sup>或者P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>为150 kg/hm<sup>2</sup>并添加有机肥750 kg/hm<sup>2</sup>均可以显著促进玉米磷元素的吸收。

**关键词:**磷肥;玉米;磷吸收;磷利用率;有机肥;黑钙土

**中图分类号:** S513.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)09-0105-03

磷元素是玉米生长过程中重要的元素之一,同时也是玉米非常敏感的营养元素,磷施用量的高低直接影响玉米的生长以及产量的高低,并且也会影响土壤内磷元素的吸收和利用<sup>[1-2]</sup>。彭正萍等研究认为,玉米生长季节追施不同量的磷肥可以显著影响玉米对磷元素的吸收和利用,同时也会影响磷元素的利用效率,在河北省宁晋县P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>用量以90 kg/hm<sup>2</sup>对促进磷吸收和产量提高效果最好<sup>[3]</sup>;齐文增等研究认为,玉米不同品种对磷营养的吸收量存在差异,并且不同生育期磷元素的吸收速率存在差异,应当在磷元素的快速吸收期追施磷肥<sup>[4]</sup>;同时,不同类型的玉米对磷元素的吸收利用量存在差异,其中普通玉米生长过程中吸收磷元素量高于高油玉米,在吉林省公主岭市P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>用量以105 kg/hm<sup>2</sup>对提高玉米的磷吸收量效果最佳<sup>[5]</sup>;袁硕等研究表明,土壤有效磷含量对磷肥施用效果有较大影响,在有效磷含量较高的土壤上施用磷肥并不能显著提高玉米对磷元素的吸收量,低磷土壤上施用磷肥可以显著促进玉米对磷元素的吸收和利用<sup>[6]</sup>;张立花等研究认为,在低磷土壤上,磷肥施用量不同的玉米产量与磷肥吸收利用效率不同,在河南省偃师市P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>用量在100~200 kg/hm<sup>2</sup>范围内玉米对磷营养的利用效率最佳,当P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>用量达到1 000 kg/hm<sup>2</sup>时并不能显著提高玉米的磷吸收量<sup>[7]</sup>;赵靛等研究认为,玉米栽培中除了可以显著提高养分吸收量之外,对玉米产量提高效果显著,在北疆灰漠土区磷肥施用量

为150 kg/hm<sup>2</sup>时对提高产量和维持土壤养分平衡效果最佳<sup>[8]</sup>;黄莹等在沈阳潮棕壤上的连续12年研究表明,磷是玉米生产的主要限制因子,土壤施磷可以显著促进玉米对磷的吸收,提高玉米产量,同时磷肥施用量以略高于土壤移出量为佳<sup>[9]</sup>。在前人相关研究中,关于在黑钙土条件下不同磷肥施用量以及磷肥与有机肥混合施用对玉米磷吸收及磷肥利用率影响的相关研究较少,本研究以此为契机,详细研究不同磷施用量及磷肥与有机肥混合施用对玉米不同器官磷吸收的影响规律,以期为黑龙江省玉米栽培中合理施用磷肥提供理论依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 试验材料

试验于2014年5—10月在黑龙江省大庆市肇州高科技农业节约灌溉试验示范管理站园区内(黑龙江省肇州县肇州镇)进行,地里位置:45°42′15.8″N、125°14′38.7″E,土壤类型为黑钙土,玉米品种为雷奥402,前茬作物为玉米。土壤养分状况为:土壤有机质31.48 g/kg,碱解氮124.3 mg/kg,速效磷11.5 mg/kg,速效钾161.6 mg/kg,pH值7.8。

### 1.2 试验设计

磷肥试验采取田间小区试验方法,随机区组试验设计,3次重复,小区面积6 m×6.5 m=39 m<sup>2</sup>,每小区10行,行长6 m,株距0.3 m,行距0.65 m,即61 538株/hm<sup>2</sup>,每行20株,共计200株。试验设5个处理:P0(对照):P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>施用量为0 kg/hm<sup>2</sup>;P1:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>施用量为90 kg/hm<sup>2</sup>;P2:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>施用量为150 kg/hm<sup>2</sup>;P3:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>施用量为180 kg/hm<sup>2</sup>;P4:磷肥与有机肥处理,其中总P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>施用量为150 kg/hm<sup>2</sup>,有机肥(养分含量为N 2.9%,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 2.3%,K<sub>2</sub>O 0.3%,有机质55%)施用量为750 kg/hm<sup>2</sup>,重过磷酸钙用量为288.59 kg/hm<sup>2</sup>。所有处理的N用量为150 kg/hm<sup>2</sup>,钾用量为75 kg/hm<sup>2</sup>;施肥采用单垄

收稿日期:2015-07-22

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2013BAD07B01-05)。

作者简介:王 鹏(1962—),黑龙江牡丹江人,博士,教授,博士生导师,研究方向为作物养分管理。E-mail:wangp.ycs@163.com。

通信作者:李佐同,博士,教授,主要从事作物栽培方面的研究。E-mail:lxg6401999@163.com。

称肥,按试验要求施入肥料,氮肥施用尿素(含N 46%),磷肥用重过磷酸钙(含 $P_2O_5$  46%),钾肥用硫酸钾(含50%  $K_2O$ )。

### 1.3 采样方法与测定项目

分别于玉米大喇叭口期、吐丝期、灌浆期和收获期取地上整株样品,按叶、茎、穗、籽粒、芯+皮器官分别进行烘干,105℃杀青,70℃烘干,然后粉碎,进行磷含量的化验分析。植株全磷含量测定采用浓硫酸-过氧化氢消煮钒钼黄比色法<sup>[10]</sup>。

### 1.4 数据处理

方差分析采用DPS 7.05软件,图表制作使用Excel 2010软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施磷量对玉米总磷吸收的影响

由图1可知,玉米磷吸收量呈现出随着生育期延后一直增加的变化趋势,但是磷肥施用量不同玉米总磷吸收量也存在差异。拔节期,P4处理磷吸收量处于最高值,达到了37.68 kg/hm<sup>2</sup>,与对照相比提高了17.02 kg/hm<sup>2</sup>,差异显著,P1、P2、P3处理显著低于P4处理;孕穗期之后玉米磷吸收量呈现出随着磷肥施用量的增加而升高的变化趋势,成熟期5个处理的总磷吸收量分别达到了99.46、125.75、130.28、136.10、136.36 kg/hm<sup>2</sup>,其中P3比对照提高了36.85%,差异显著,P2低于P3处理5.82 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,P2显著高于对照,P1低于P3处理10.35 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,P1、P4与对照之间差异显著。从试验结果来看,施用磷肥可以显著提高玉米总磷吸收量,其中P3、P4处理效果最佳。

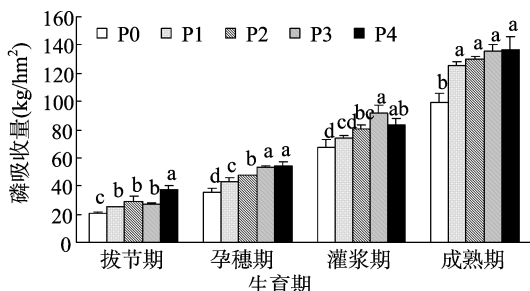


图1 施磷量对玉米总磷吸收的影响

### 2.2 不同施磷量对玉米茎磷吸收的影响

由图2可知,玉米茎内磷吸收量呈现出随着生育期延后而增加的变化趋势,在成熟期达到最高值,不同磷肥施用量对玉米茎内磷吸收的影响不同。拔节期,P4处理处于最高值,分别高于其他4个处理10.31、10.93、6.74、10.56 kg/hm<sup>2</sup>,其中P2、P4处理显著高于对照,P1、P3与对照之间无显著差异,P3显著低于P2处理;孕穗期和灌浆期玉米磷吸收量呈现出随着磷施用量的增加而增加的变化趋势,其中P3、P4处理均显著高于对照;成熟期5个处理的磷吸收量分别达到了20.81、24.73、25.89、26.87、27.73 kg/hm<sup>2</sup>,P3高于对照8.42 kg/hm<sup>2</sup>,差异显著,P1、P2分别高于对照3.93、5.08 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,P1、P2与P3之间无显著差异,P4显著高于对照。从试验结果来看,P3、P4处理可以显著提高玉米茎内的磷吸收量。

### 2.3 不同施磷量对玉米叶磷吸收的影响

由图3可知,玉米叶片内磷吸收量呈现出随着生育期延

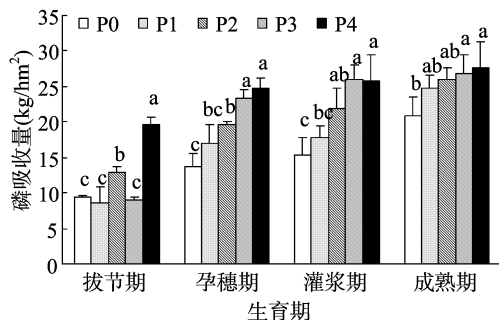


图2 施磷量对玉米茎磷吸收的影响

后而一直增加的变化趋势,不同磷肥施用量对玉米叶片磷吸收量影响不同,同时各生育期玉米磷吸收量呈现出随着磷肥施用量的增加而增加的趋势。拔节期和孕穗期,P3、P4处理均显著高于对照,P1、P2处理之间无显著差异;灌浆期P3处理处于最高值,高于对照5.34 kg/hm<sup>2</sup>,差异显著,P2显著低于P3处理;成熟期5个处理的磷吸收量分别达到了23.50、25.10、27.60、29.78、30.92 kg/hm<sup>2</sup>,其中P3处理与对照相比提高了6.28 kg/hm<sup>2</sup>,差异显著,P2低于P3处理2.10 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,P2高于对照4.18 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,P1高于对照1.60 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,P1显著低于P3处理,P4显著高于对照。从试验结果来看,P3、P4对提高玉米叶片内磷吸收量效果最显著。

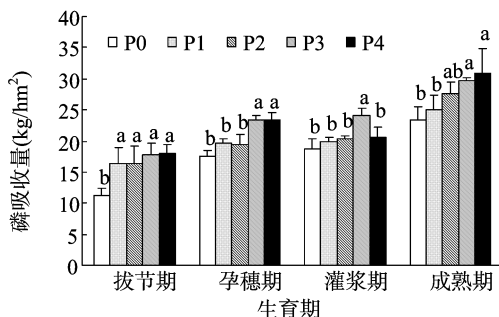


图3 施磷量对玉米叶片磷吸收的影响

### 2.4 不同施磷量对玉米雌穗磷吸收的影响

由图4可知,玉米雌穗磷吸收量随着生育期延后呈现出一直增加的变化趋势,成熟期达到最高值,不同磷施用量雌穗的磷吸收量存在差异。孕穗期和灌浆期P2处理磷吸收量处于最高值,与对照相比分别提高了190.13%、125.76%,差异显著,同时在孕穗期P1、P3、P4均与对照之间无显著差异,灌浆期均显著高于对照;成熟期5个处理的磷吸收量分别达到2.66、2.56、2.88、3.51、3.63 kg/hm<sup>2</sup>,其中P2、P3分别高于对照0.22、0.86 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,P1低于对照0.10 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,P4显著高于对照。从试验结果来看,雌穗磷吸收量在孕穗期和灌浆期P2处理促进效果最佳,成熟期P3、P4处理促进效果最佳。

### 2.5 不同施磷量对玉米苞叶磷吸收的影响

由图5可知,玉米苞叶磷吸收量呈现出随着生育期延后而增加的趋势,不同处理之间磷吸收量呈现出随着磷施用量的增加而增加的变化趋势。孕穗期和灌浆期P2、P3处理磷吸收量相近,仅相差0.13 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,2个处理均显著高于对照,P1、P4与对照间无显著差异;成熟期5个处理的磷吸收量分别为4.96、6.35、6.96、7.57、7.36 kg/hm<sup>2</sup>,其中P3

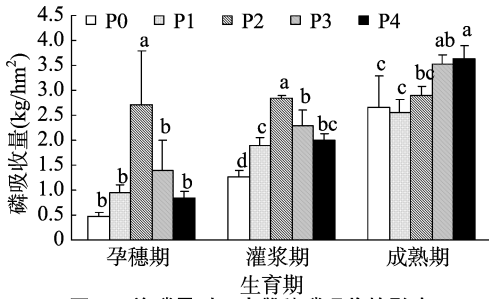


图4 施磷量对玉米雌穗磷吸收的影响

高于P2处理0.61 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,2个处理分别高于对照2.00、2.62 kg/hm<sup>2</sup>,差异显著,P1仅高于对照1.39 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,P1与P3处理之间无显著差异,P4显著高于对照。从试验结果来看,施用磷肥可以显著提高玉米苞叶中的磷吸收量,其中P3处理促进效果最佳。

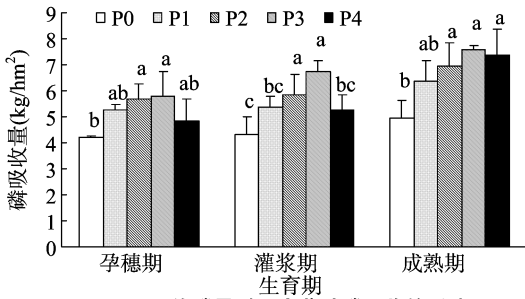


图5 施磷量对玉米苞叶磷吸收的影响

2.6 不同施磷量对玉米籽粒磷吸收的影响

由图6可知,玉米籽粒磷吸收量呈现出随着磷肥施用量增加而增加的变化趋势,在成熟期各处理达到最高值。灌浆期,5个处理的磷吸收量相近,其中P3处于最高值,分别高于其他4个处理4.70、3.42、2.87、2.29 kg/hm<sup>2</sup>,所有处理之间均无显著差异,证明在灌浆期不同磷肥施用量不会显著影响玉米籽粒的磷吸收变化规律;成熟期5个处理的磷吸收量分别达到了47.53、67.01、66.86、68.36、66.72 kg/hm<sup>2</sup>,其中P1、P2、P3分别高于对照19.48、19.33、20.83、19.19 kg/hm<sup>2</sup>,差异显著,其中4个施用磷肥处理之间无显著差异,均显著高于对照。从试验结果来看,施用磷肥可以显著提高玉米籽粒中的磷吸收量,但是不同处理之间并无显著差异,其中P3处理磷吸收量最高。

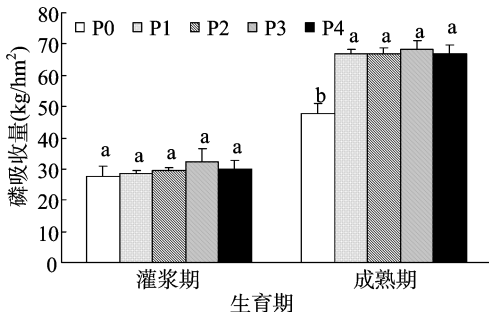


图6 施磷量对玉米籽粒磷吸收的影响

2.7 不同施磷量对玉米磷利用率的影响

由表1可知,玉米对磷肥的利用率在不同生育期表现不同,其中拔节期和孕穗期P4处理最高,P1最低,2个处理间

相差7.64、6.37个百分点,证明玉米施用有机肥可以在生育前期较好地提高磷肥利用效率;灌浆期P3处于最高值,分别高于其他3个处理8.05、4.81、2.51个百分点;成熟期P4利用率最高,达到了24.60%,其次为P1,2个处理相差2.69个百分点,P3最低,仅为20.36%。从试验结果来看,P4对提高玉米磷肥利用率效果最佳。

表1 玉米磷肥利用率变化

处理	磷肥利用率(%)			
	拔节期	孕穗期	灌浆期	成熟期
P1	3.71bB	5.58bA	5.30cB	21.91aA
P2	5.73bB	7.62bA	8.54bcA	20.55aA
P3	3.39bB	9.89abA	13.35aA	20.36aA
P4	11.35aA	11.95aA	10.84abA	24.60aA

注:同列数据后不同小写和大写字母分别表示在0.05和0.01水平上差异显著。

3 结论与讨论

磷元素与氮、钾相比在土壤中移动性差,因此常常造成植物吸收困难,同时也成了影响玉米生长和产量提高的限制因子,因此研究施用磷肥对玉米磷吸收和利用效率的影响规律可以较好地指导玉米生产中科学高效地施用磷肥<sup>[11-12]</sup>。从试验结果来看,玉米磷吸收量在拔节期P3处于最高值,说明该时期施用有机肥可以较好地促进玉米对磷的吸收;孕穗期到成熟期表现为随着磷施用量的增加而增加的变化趋势,证明磷肥施用量的增加可以促进玉米对磷元素的吸收;在相同的磷肥施用量下,施用有机肥处理磷吸收量高于纯施无机肥处理,这与有机肥对小麦磷吸收的影响结果相似<sup>[13]</sup>,表明有机肥在一定程度上可以促进玉米对磷元素的吸收。从不同器官内磷吸收变化上来看,孕穗期和灌浆期各器官内磷吸收量表现为随着磷肥施用量增加而增加,表明玉米栽培中增施磷肥可以较好地促进各器官内磷元素积累量的增加;成熟期仅苞叶和籽粒内磷吸收量P4低于P3处理,茎、叶、雌穗P4处理磷吸收量最高,证明磷肥施用量增加可以显著促进玉米营养器官内的磷吸收量,而施用有机肥可以促进生殖器官内的磷吸收量增加。从磷肥利用率变化上来看,随着磷肥施用量的增加,磷肥利用率表现出降低的变化趋势,而施用有机肥处理的磷肥利用率最高,证明了有机肥对提高玉米磷肥利用率具有良好的效果<sup>[14-15]</sup>。综合分析认为,纯施无机肥时磷肥施用量以180 kg/hm<sup>2</sup>为宜,当磷肥与有机肥混合施用时可以促进玉米对磷元素的吸收和提高磷肥利用率。

参考文献:

[1] Marschner H, Kirkby E A, Cakmak I. Effect of mineral nutritional status on shoot - root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients[J]. Journal of Experimental Botany, 1996, 47: 1255 - 1263.  
 [2] 张吉立. 不同氮磷肥施用量对城市景观草坪生长与养分吸收的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2014, 41(6): 63 - 66.  
 [3] 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.  
 [4] 齐文增, 陈晓璐, 刘 鹏, 等. 超高产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): 26 - 36.

刁锐琦,胡云.不同氮浓度对高粱苗期生长特性及土壤性质的影响[J].江苏农业科学,2016,44(9):108-113.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.09.031

# 不同氮浓度对高粱苗期生长特性及土壤性质的影响

刁锐琦,胡云

(安顺学院农学院,贵州安顺 561000)

**摘要:**连续3年采用氮浓度的添加试验,研究了不同氮浓度[CK,0 g/(m<sup>2</sup>·年);低氮LN,10 g/(m<sup>2</sup>·年);中氮MN,20 g/(m<sup>2</sup>·年);高氮HN,40 g/(m<sup>2</sup>·年)]对高粱[*Sorghum bicolor* (L.) Moench]苗期生长特性及土壤性质的影响。结果表明:(1)土壤含水量随氮浓度的增加呈先增加后降低趋势,土壤pH值随氮浓度的增加呈先降低后增加趋势,土壤电导率和全盐含量随氮浓度的增加呈增加趋势;(2)土壤各养分含量随氮素浓度的增加呈先增加后下降趋势,总体表现为MN>HN>LN>CK,说明氮素能够增加高粱根区土壤养分含量,其中以中度水平的氮浓度对高粱根区土壤养分含量增加效应最为明显;(3)高粱根区土壤微生物数量以细菌最多,其次是放线菌,真菌最少,土壤细菌数量在微生物总数中所占比例均在90%以上,氮浓度对高粱根区土壤微生物数目的影响与土壤养分保持一致,通过进一步的分析可知,氮浓度对高粱根区土壤微生物数目的增加幅度明显高于土壤养分,即土壤微生物数目对于不同氮浓度的敏感性高于土壤养分;(4)不同氮浓度处理下高粱株高、根长、叶面积指数、比叶重、鲜质量和干质量随氮浓度的增加呈先增加后降低趋势,以中水平氮浓度处理下高粱生长各指标达到最大;(5)不同氮浓度处理下高粱叶片叶绿素a和叶绿素b保持一致的变化规律,随氮浓度的增加呈先增加后降低的趋势,叶片N含量和叶片P含量随氮浓度的增加而增加;(6)不同氮浓度处理下高粱叶片粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分和无氮浸出物基本表现为MN>HN>LN>CK,局部有所波动。综上可知,氮浓度对高粱苗期的生长及土壤性质的发育起到了一定的促进作用,但高浓度的氮浓度具有一定的抑制作用。

**关键词:**氮浓度;高粱;生长特性;土壤养分;土壤微生物;生理指标

**中图分类号:** S154.3;S514.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)09-0108-06

高粱[*Sorghum bicolor* (L.) Moench]是我国重要的粮食作物之一,具有产量高、营养丰富、耐旱、耐涝性强、生态适应性广等特点,对我国粮食发展和新农村建设具有重要的现实意义<sup>[1-3]</sup>。高粱也是贵州省酿酒业的主要原料,对于调节气候和改善农业生态环境具有重要意义,但在贵州种植业生产中属小作物,所占比例较小,大多零星种植,成片集约化生产极少,并没有形成高粱产品的优势<sup>[4-5]</sup>。

人类活动增加了全球大气中含氮化合物和陆地生态系统固氮量,我国已成为全球第三大氮沉降区<sup>[6-7]</sup>。氮素是植物所需的基本元素之一,也是影响作物产量和农业生产成本的重要因素<sup>[8-10]</sup>。施氮是调节和控制植物营养物质平衡的一项重要措施,自然条件下不同氮浓度对植物生长特性及土壤发育的影响显得非常重要,不仅可以加深对其生理特性、生态适应、生产潜能的系统认识,而且可以为其高产优质栽培提供理论依据<sup>[11-12]</sup>。目前,许多研究者在水稻、小麦和玉米等作物上进行了耐低氮品种的筛选等研究,有关高粱耐低氮方面的研究却滞后于其他粮食作物<sup>[13-14]</sup>。鉴于此,本研究试图在前人研究的基础上,在全球变化的背景下,自然条件下连续3年进行不同氮浓度控制试验,探讨不同氮浓度对高粱苗期生长特性及土壤性质的影响,从生长特性及土壤发育等方面揭

收稿日期:2015-07-26

基金项目:贵州省教育厅自然科学基金重点项目(编号:黔教合KY字[2013]177)。

作者简介:刁锐琦(1981—),女,山东郓城人,硕士,副教授,从事植物营养生理与遗传学研究。E-mail:ruiqi\_diao@yeah.net。

[5]何萍,金继运,李文娟,等.施磷对高油玉米和普通玉米吸磷特性及品质的影响[J].中国农业科学,2005,38(3):538-543.

[6]袁硕,彭正萍,史建霞,等.磷对不同基因型玉米生长及氮磷钾吸收的影响[J].中国土壤与肥料,2010,37(1):25-28,80.

[7]张立花,张辉,黄玉芳,等.施磷对玉米吸磷量、产量和土壤磷含量的影响及其相关性[J].中国生态农业学报,2013,21(7):801-809.

[8]赵靓,侯振安,李水仙,等.磷肥用量对土壤速效磷及玉米产量和养分吸收的影响[J].玉米科学,2014,22(2):123-128.

[9]黄莹,赵牧秋,王永壮,等.长期不同施磷条件下玉米产量、养分吸收及土壤养分平衡状况[J].生态学杂志,2014,33(3):694-701.

[10]鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:268-269.

[11]Singh G T,Erik N N. Rhizosphere research:a tool for creating phosphorus efficient crop varieties[J].WCSS,2002,1270(64):1-15.

[12]张吉立.旅游景观园林早熟禾合理施肥试验研究[J].中国土壤与肥料,2012,39(4):65-69.

[13]周焱,罗安程.有机肥处理对小麦根系生长,活力和磷吸收的影响[J].植物营养与肥料学报,1997,3(3):243-248.

[14]张吉立.旅游景观早熟禾养护肥应用效果的研究[J].中国农学通报,2012,28(25):84-87.

[15]宋永林,李小平.长期施肥对作物氮磷利用及土壤速效氮磷供应能力的影响[J].磷肥与复肥,2008,23(2):71-72,78.