

不同P、K、Si肥对玉米苗期抗寒效果的研究

陈兵兵^{1,2}, 石元亮¹, 陈智文²

(¹中科院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; ²吉林师范大学, 四平 136000)

摘要:此文突破常规只重施N、P、K肥的情况,通过施用不同水平的P、K、Si肥在玉米苗期低温环境下进行盆栽试验,再通过室内分析方法进行初步研究,确定不同的肥料水平对玉米苗期各项抗寒指标的影响。结果表明,低温胁迫下并且氮肥含量固定时,施用P肥,使超氧化物歧化酶(SOD)的活性逐渐增强,可以减少细胞膜透性,增加干物重;施用K肥可以降低电解质的平均渗出率,提高可溶性糖含量;而Si肥能提高叶绿素含量,降低绝对电解质渗出量。从而得出不同用量的磷肥、钾肥和硅肥对玉米可以起到抗寒作用。

关键词:玉米;硅肥;磷肥;钾肥;抗寒性

中图分类号:S3

文献标志码:A

论文编号:2010-3045

Studies on the Effect of Different P, K, Si Fertilizer of Corn Cold-resistant

Chen Bingbing^{1,2}, Shi Yuanliang¹, Chen Zhiwen²

(¹Chinese Academy of Sciences of Institute of Applied Ecology, Shenyang 110016;

²Jilin Normal University, Siping 136000)

Abstract: This breakthrough was conventional only heavy use N, P, K fertilizer, through the effects of different levels of P, K, Si fertilizer in the corn seedling cryogenic environment pot experiment, again through the laboratory analysis method was preliminarily studied, identified the different fertilizer levels on the corn seedling various cold-tolerance index effects. The results showed that low temperature stress and nitrogen content, application of P fertilizer fixed, superoxide dismutase (SOD) activity gradually strengthened, which could reduce the membrane permeability, increased dry matter weight. Application of K fertilizer could reduce the average rate of electrolyte, improved oozy and content of soluble sugar. And Si fertilizer could improve the chlorophyll content and reduce absolute electrolyte leakage quantity. Thus at the different content of P and K and Si fertilizer could play a role of corn cold-resistant.

Key words: corn; Silicon fertilizer; P fertilizer; K fertilizer; cold-resistant

0 引言

鉴于中国北方寒冷地区玉米经常发生低温冷害,此研究旨在寻求出N、P、K、Si肥最佳组合和最佳用量。通过施用专用抗寒玉米配方肥,不仅可以促使玉米提早成熟,解决玉米的冷害问题,还可以提高玉米的产量。营养元素磷能提高作物体内可溶性糖和磷脂的含量^[1];很多学者通过田间试验得出营养元素钾能促

进作物形成粗壮的木质部导管,提高组织中的糖分,保护细胞膜水化层,增强低温下的耐性^[2-4];营养元素硅在作物吸收后,能在其体内形成硅化细胞,使细胞壁加厚,提高抗寒能力^[1]。同时还能提高氮、磷的利用率^[5-6]。关于玉米抗寒性的研究,有许多报道,朱祥春等^[7]通过几个生理指标的测定分析玉米几个品种抗寒性强弱。近年来,人们对玉米抗寒性的研究逐渐增多,

基金项目:国家科技支撑三江平原白浆土农田土壤改良与水肥调控技术集成与释放(2009BADB3B07)。

第一作者简介:陈兵兵,女,1986年出生,吉林四平人,在读硕士,从事新型肥料研究。通信地址:136000 吉林省四平市吉林师范大学旅游与地理科学学院, E-mail: 356884593@163.com。

通讯作者:石元亮,男,1960年生,吉林通化人,研究员,博导,从事抑制剂与新型肥料研究,通信地址:110016 辽宁省沈阳市沈河区文化路72号 中国科学院沈阳应用生态研究所新型肥料技术研究中心, E-mail: shiyl@iae.cas.cn。

收稿日期:2010-10-25, **修回日期:**2010-11-07。

大多是关于施用硅肥提高抗寒性^[8]。而有关氮、磷、钾、硅肥配施对玉米抗寒效果的影响尚未见有报道。此文选用不同水平的磷、钾、硅肥,在低温生长环境下对玉米三叶期和五叶期幼苗叶片中的可溶性糖含量、超氧化物歧化酶、叶绿素含量及电导率的变化进行了研究,这对于探讨磷、钾、硅肥对玉米的抗寒性研究具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验时间和地点

盆栽试验于2010年1月29日在中科院沈阳应用生态研究所生态站温室大棚内进行。

1.2 试验材料

1.2.1 供试土壤 棕壤土,采自中科院沈阳应用生态研究所生态站。过10目筛备用。

1.2.2 供试肥料 尿素(含N46%),磷酸二铵(含N18%,P₂O₅46%),氯化钾(含K₂O60%),偏硅酸钠(含SiO₂20%)。

1.2.3 供试玉米品种‘富友1号’。

1.2.4 盆规格 口径23 cm,底直径12.5 cm,高18 cm。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 试验设三个P(P₂O₅)水平,分别为69(P₁),103.5(P₂),138(P₃);三个K(K₂O)水平,分别为54(K₁),81(K₂),108(K₃);三个Si(SiO₂)水平分别为49.5(Si₁),66(Si₂),82.5(Si₃)。N统一为135。另设一个空白(CK)和一个常规施肥。共11个处理,随机区组,三

1.3.2 超氧化物歧化酶(SOD) 采用邻苯三酚自氧化法,酶液制备:称1 g鲜样,加入3 mL pH 7.8 0.05 mol/L磷酸缓冲液,冰浴研磨匀浆,于5000 r/min离心10 min,上清液即酶提取液^[9]。

SOD酶活性的测定采用邻苯三酚自氧化法测定。

SOD单位活力(U/mL)=[(X₁-X₂)×A/a]/X₁×50%

SOD总活力=单位活力×V

式中:X₁:邻苯三酚自氧化速率;X₂:加酶液后邻苯三酚自氧化速率;A:反应液总体积(mL);a:酶液用量(mL);V:酶提取液总体积(mL)。

1.3.3 可溶性糖含量 采用蒽酮法进行测定,可溶性糖的提取:将样品剪碎混匀,称取0.30 g,加入10 mL蒸馏水,塑料薄膜封口,于水浴中提取30 min(提取2次),提取液过滤入25 mL容量瓶中,反复冲洗试管及残渣,定容至刻度,轻轻摇匀,静置10 min,即为提取液。

显色测定:吸取提取液1 mL,加蒸馏水1 mL于20 mL刻度试管中(对照加2 mL蒸馏水),加入0.5 mL

次重复。单位为kg/hm²。

1.3.2 盆栽肥料用量标准 尿素是每盆43.8121 g;磷酸二铵三个水平分别是每盆27.995 g,41.9925 g,55.99 g;氯化钾三个水平分别是每盆16.797 g,25.1955 g,33.594 g;偏硅酸钠三个水平分别是每盆46.1918 g,61.589 g,76.986 g。

1.4 施肥方法与播种

将肥料全部一次性作为底肥施入。每盆装土5.5 kg,将土与肥料混匀。每盆播种9株,留苗3株。在中科院沈阳应用生态研究所生态站温室大棚内栽种,1月29日播种。定期浇水使其保持土壤含水量65%,定期检测温度,保持玉米正常生长的最低温的环境(昼夜温度保持在3℃~10℃)。于三叶一心和五叶一心分别采样3株进行各项指标的测定。

1.5 测定项目与方法

1.5.1 电导率 采用DDS-307电导仪进行测定,取生长一致的幼苗叶片,称取0.5 g,加20 mL蒸馏水(同时作空白)置25℃下10 h。用玻璃棒搅拌均匀,然后用电导仪测定浸泡液和空白电导值为T₁和C₁。

再盖上瓶盖,在水浴中煮沸25 min,以将组织全部杀死,冷却至室温后在同样条件下测得电导值为T₂和C₂,按下式计算电解质渗出率和伤害度:

$$\text{电解质渗出率} = \frac{\text{浸泡液电导率值}}{\text{煮沸后电导率值}} \times 100\%$$

$$\text{伤害度} = \frac{\text{处理电导率值}T_1 - \text{对照电导率值}C_1}{\text{处理煮沸后电导率值}T_2 - \text{对照煮沸后电导率值}C_2} \times 100\%$$

蒽酮乙酸乙酯试剂和5 mL浓硫酸,充分振荡,沸水浴1 min(不封口),自然冷却室温在630 nm比色,以测定光密度。由标准线性方程求出糖的量,按下式计算样品中糖的含量。

$$\text{可溶性糖含量}(\%) = \{ [C \times (V/a) \times n] / W \} \times 10^6$$

式中,C:标准方程求得糖量(μg);a:吸取样品液体积(mL);V:提取液量(mL);n:稀释倍数;W:组织重量(g)。

1.5.4 叶绿素含量的测定 直接用SPADDL型叶绿素仪在各处理的四叶一心和五叶一心期测定。

1.5.5 干物重的测定 将盆中剩余3株秧苗取回实验室,称重。再在干燥箱中80℃下烘烤4 h,于电子天平上称其重量。

2 结果与分析

2.1 磷钾硅肥对电导率的影响

通常,植物细胞电解质的大量渗漏被认为是细胞膜受到伤害的重要标志^[10]。在四叶一心和五叶一心期

测定了玉米叶片的平均渗出率和绝对电解质渗出量,表1结果表明四叶一心不同施钾量、不同施磷量、不同施硅量均低于CK,其中不同施钾量平均渗出率之间差异最大,以K₂处理效果最为明显;从四叶一心时的绝对电解质渗出量来看,硅肥效果最明显,其中以Si₁效果最好(表2)。五叶一心平均渗出率与四叶一心时有相同结果(表3)。以上说明施用钾肥2处理和硅肥3处理的玉米叶片细胞膜受低温损伤程度小,抗寒性好。

2.2 磷钾硅肥对玉米幼苗叶片超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

SOD是植物膜脂过氧化酶促进防御系统的重要保护酶之一,在抗低温冷害的过程中,起着防止、中断或终止膜脂过氧化对细胞膜系统损伤的保护作用^[10-11]。由表4可见,施钾肥分别比不施肥增加了-20.7%、1.3%、-12.8%;施磷肥能明显增加四叶一心

时玉米幼苗叶片的SOD的单位活性,分别比不施肥增加3%、-0.3%、6%。以P₃表现最好;施硅肥分别比不施肥增加了1.3%、-3.1%、2.8%(表5)。

2.3 磷钾硅肥对玉米可溶性糖含量的影响

可溶性糖含量增加,可以增强作物的抗寒性^[12]。低温条件下,作物的可溶性糖含量降低。由表6可以看出,施用磷钾硅肥使玉米四叶一心期的可溶性糖含量均明显大于CK。不同施钾肥量之间相差较多,K₁、K₂、K₃分别比不施肥增加29%、54.8%、61.3%;不同施磷肥量和施硅肥量之间同上,P₁、P₂、P₃分别比不施肥增加41.9%、58.1%、48.4%;Si₁、Si₂、Si₃分别比不施肥增加48.4%、41.9%、51.6%。以上试验结果表明,处理K₃>P₂>K₂。可见,钾肥对玉米在低温条件下,能明显增加可溶性糖的含量。可溶性糖含量的增加,说明施用钾肥能有效提高植物的抗寒性。

表1 磷钾硅肥对玉米四叶一心平均渗出率分析

处理	K ₁	K ₂	K ₃	P ₁	P ₂	P ₃	Si ₁	Si ₂	Si ₃	CK
平均	0.329	0.235	0.368	0.275	0.354	0.348	0.394	0.424	0.46	0.481
比CK/%	68.4	48.9	76.5	57.2	73.6	72.3	81.9	88.1	95.6	100.0

表2 磷钾硅肥对玉米四叶一心绝对电解质渗出量分析

处理	K ₁	K ₂	K ₃	P ₁	P ₂	P ₃	Si ₁	Si ₂	Si ₃	CK
平均	110.5	183.83	151.1	108.13	146.43	183.83	117.46	147.48	79.61	80.89
比CK/%	136.6	227.3	186.8	133.7	181.0	227.3	145.2	182.3	98.4	100.0

表3 磷钾硅肥对玉米五叶一心平均渗出率分析

处理	K ₁	K ₂	K ₃	P ₁	P ₂	P ₃	Si ₁	Si ₂	Si ₃	CK
平均	0.579	0.48	0.704	0.626	0.602	0.607	0.654	0.639	0.684	0.649
比CK/%	89.2	74.0	108.5	96.5	92.8	93.5	100.5	98.5	105.4	100.0

表4 磷钾硅肥对玉米四叶一心单位活力分析

处理	K ₁	K ₂	K ₃	P ₁	P ₂	P ₃	Si ₁	Si ₂	Si ₃	CK
平均	-838.5	-1071	-922.5	-1089	-1044	-1120.5	-1071	-1024.5	-1087.5	-1057.5
比CK/%	79.3	101.3	87.2	103	98.7	106	101.3	96.9	102.8	100.0

表5 磷钾硅肥对玉米五叶一心单位活力分析

处理	K ₁	K ₂	K ₃	P ₁	P ₂	P ₃	Si ₁	Si ₂	Si ₃	CK
平均	-68.25	-67.75	-70	-70.25	-68.75	-69	-68.75	-69.75	-70.25	-69.25
比CK/%	98.6	97.8	101.1	101.4	99.3	99.6	99.3	100.7	101.4	100.0

表6 磷钾硅肥增加玉米四叶一心可溶性糖含量分析

处理	K ₁	K ₂	K ₃	P ₁	P ₂	P ₃	Si ₁	Si ₂	Si ₃	CK
平均	0.040	0.048	0.050	0.044	0.049	0.046	0.046	0.044	0.047	0.031
比CK/%	129.0	154.8	161.3	141.9	158.1	148.4	148.4	141.9	151.6	100.0

2.4 磷钾硅肥对玉米幼苗叶片叶绿素含量的影响

低温时叶绿素含量降低。从四叶一心和五叶一心时的叶绿素含量来看,磷肥硅肥均比CK促进了叶绿素缓慢的生物合成,显著提高了玉米的叶绿素含量,起到了防寒的保护作用。从四叶一心期(表7)来看,P₁、P₂、P₃均比不施肥提高了2.8%、2.2%、2.6%,磷肥各处理的叶绿素含量相差不大;硅肥各处理的叶绿素含量相差很大, Si₁、Si₂、Si₃分别比不施肥提高了1.8%、1.6%、0.8%,从五叶一心时(表8)的叶绿素含量看,不同施钾量之间没有太大变化, K₁、K₂、K₃分别比不施肥提高2.4%、3.3%、-1.7%;不同施磷量之间变化不大, P₁、P₂、P₃分别比不施肥提高6.1%、8.8%、8.2%;而 Si₁、Si₂、Si₃分别比不施肥提高10.7%、14.2%、1.7%,硅肥不同用量之间相差不多, Si₁处理和 Si₂处理明显提高了叶绿素含量,对提高植物抗寒具有良好的效果。

2.5 磷钾硅肥对玉米的幼苗干物重的影响

由表9可以看出,随着钾肥施用量的增加,幼苗干物重并非呈递增形式增加,只有K₂效果较好,比不施肥增加11.3%;随着磷肥施用量的增加,幼苗干物重呈递增形式增加,只有P₃效果最好,比不施肥增加18.1%;随着硅肥施用量的增加,幼苗干物重呈递减形式减少,其中Si₁和Si₂有较好的效果,比不施肥分别增加38.7%和2.6%。可见,磷钾硅肥均具有抵

抗低温胁迫的作用,在低温条件下能促进玉米幼苗缓慢生长,使其干物重均比CK显著增重,具体为Si₁>P₃>K₂。

3 结论

从玉米的生理生化指标上分析抗寒性,有不少学者进行研究过。王连敏等^[13]研究认为低温下,玉米体细胞电导率随着温度越低增加幅度越大,从而细胞膜受到的损害越大。张敬贤等^[14]的研究表明低温下玉米的超氧化物歧化酶活性降低。戴玉池等^[15]指出作物的抗寒性强,可溶性糖含量、叶绿素含量和干物重就会增加。此试验的结果与前人研究成果一致,通过对玉米抗寒性的几个主要抗寒指标分析,磷钾硅肥的配施能提高玉米的叶绿素含量,增强超氧化物歧化酶的活性,减少细胞膜透性,降低电解质渗出率,提高可溶性糖含量。因此,此试验对于玉米的抗寒性研究有一定的指导意义。

但是由于试验地点和作物的局限性,所以此研究的结论只适用于东北地区玉米的抗寒性研究,对于东北地区水稻及其他作物抗寒性影响和南方地区出现的冷害问题,该采用的肥料搭配以及适宜用量还有待于进一步探讨;另一方面,从方差分析来看,电导率、SOD、可溶性糖、干物重和叶绿素均表现为不显著。因此,在低温条件下,关于磷、钾、硅肥配施的比例及用量还有待于进一步试验研究。

表7 磷钾硅肥对玉米四叶一心叶绿素含量分析

处理	K ₁	K ₂	K ₃	P ₁	P ₂	P ₃	Si ₁	Si ₂	Si ₃	CK
平均	34.64	34.34	33.61	35.75	35.55	35.68	35.40	35.34	35.05	34.78
比CK/%	99.6	98.7	96.6	102.8	102.2	102.6	101.8	101.6	100.8	100.0

表8 磷钾硅肥对玉米五叶一心叶绿素含量分析

处理	K ₁	K ₂	K ₃	P ₁	P ₂	P ₃	Si ₁	Si ₂	Si ₃	CK
平均	30.72	30.97	29.60	31.83	32.63	32.46	33.21	34.25	30.51	29.99
比CK/%	102.4	103.3	98.7	106.1	108.8	108.2	110.7	114.2	101.7	100.0

表9 磷钾硅肥增加玉米五叶一心干物重分析

处理	K ₁	K ₂	K ₃	P ₁	P ₂	P ₃	Si ₁	Si ₂	Si ₃	CK
平均	9.03	11.96	9.43	6.75	7.26	12.70	14.91	11.03	7.14	10.75
比CK/%	84.0	111.3	87.7	62.8	67.5	118.1	138.7	102.6	66.4	100.0

参考文献

- [1] 胡霏堂.植物营养学(第2版)[M].中国农业大学出版社,2003.
- [2] 沈国志,黄云,等.钾素营养对农作物品质的影响研究进展[J].河北农业科学,2008,12(6):46-48.
- [3] 张福锁.环境胁迫与植物营养[M].北京:北京农业大学出版社,1993:148-170.
- [4] 张漱茗,阎华.山东省主要作物钾肥肥效和平衡施肥[J].植物营养与肥料学报,1995(1):93-94.
- [5] 胡克伟,关连珠,颜丽,等.水稻土中硅磷元素的存在形态及其相互影响研究[J].植物营养与肥料学报,2002,8(2):214-218.
- [6] 申义珍,张秀英,常龙福,等.砂壤质石灰性土壤水稻硅肥及氮硅互作效应的研究[J].土壤通报,1992,23(3):124-126.
- [7] 朱祥春,矫洪涛,等.低温胁迫对玉米幼苗抗冷性鉴定[J].东北农业大学学报,2004,24(1):44-49.
- [8] 叶喜文,等.寒地水稻对生物硅肥的生理效应[J].中国农学通报,2007,23(3):284-288.
- [9] 陈建勋.植物生理学实验指导[M].广州:华南理工大学出版社,2002.
- [10] 牛力文,赵剑波.PP₃₃₃诱导植物抗寒性的研究[J].北京农业科学,2002(1):15-16.
- [11] 简令成.植物抗寒机理研究的新进展[J].植物学通报,1992,9(3):17-22.
- [12] 胡春梅,王秀峰.不同抗冷剂叶面喷施对瓜尔豆幼苗耐寒性的影响[J].山东农业科学,2003(5):16-17.
- [13] 王连敏,王立志,张国民,等.苗期低温对玉米体内脯氨酸、电导率及光合作用的影响[J].中国农业气象,1999,20(2):28-30.
- [14] 张敬贤,李俊明,张海明,等.低温对于玉米幼苗细胞保护酶活性及胞质质量参数的影响[J].华北农学报,1993,8(3):9-12.
- [15] 戴玉池,黄亮,陈良碧.5种抗寒剂对早稻湘早籼25号幼苗的耐寒生理鉴定及其利用[J].湖南师范大学自然科学学报,2000,23(3):88-94.