

低温胁迫下磷肥对日光温室番茄苗期 生长及生理活性的影响

李 熹^{1,2}, 王丽英¹, 张彦才¹, 刘明分^{1,2}, 李巧云¹, 陈丽莉¹, 翟彩霞¹

(1. 河北省农林科学院农业资源环境研究所, 河北 石家庄 050051;

2. 河北师范大学 生命科学院, 河北 石家庄 050016)

摘要: 采用盆栽方法, 研究了常温和低温条件下磷肥对番茄苗期生长和生理活性的影响。结果表明: 常温条件下, 磷肥用量(P_2O_5) 在 0.20~ 0.85 g/kg 范围, 番茄株高、茎粗、叶片数均表现增加趋势, 超过 0.85 g/kg 时, 开始下降; 低温条件下, 磷肥用量(P_2O_5) 为 3.14 g/kg 时, 番茄株高、茎粗、叶片数达到最高值。适宜磷肥用量可提高番茄苗期光合能力, 叶片叶绿素含量和可溶性糖含量增加, MDA 含量下降, 其抗性能力提高; 磷肥施用过量, 番茄叶片生理活性降低, 抗逆能力下降。

关键词: 番茄; 磷肥; 低温胁迫; 生理活性

中图分类号: S143.2 文献标识码: A 文章编号: 1000- 7091(2007) 05- 0142- 05

Effects of Low Temperature Stress of Phosphate Fertilizer on Heliogreenhouse Tomato Seedlings Growth and Physiological Activity

LI Xi^{1,2}, WANG Li-ying¹, ZHANG Yan-cai¹, LIU Ming-fen^{1,2}, LI Qiao-yun¹,
CHEN Li-li¹, ZHAI Cai-xia¹

(1. Institute of Resources and Environment, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China; 2. College of Life Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China)

Abstract: This paper studied effects under normal and low temperature of different phosphate fertilizer on tomato seedlings growth and physiology activity. The results showed that the phosphorus application (P_2O_5), ranging from 0.20 to 0.85 g/kg soil under ambient temperature could benefit to stronger tomato seedlings, when the phosphorus application exceed 0.85 g/kg soil the growth of tomato seedlings begin to come down; under low temperature condition phosphorus application (P_2O_5) 3.14 g/kg, the growth of tomato seedlings reach the maximal value. Proper phosphorus application may improve tomato seedlings growth, the contents of chlorophyll and soluble sugar, but the contents of MDA were declined, that means the resistance ability improves; By the excess phosphorus application, tomato seedlings physiology activity reduces, the stress resistance was declined.

Key words: Tomato; Phosphate fertilizer; Low temperature stress; Physiological activity

低温胁迫在日光温室蔬菜生产中经常发生, 对蔬菜的生长发育、产量和品质产生不良影响, 而提供足够的矿质营养是提高蔬菜抗寒能力的有效方法之一, 磷是植物生长发育的必需元素, 在提高作物光合能力和减缓逆境胁迫等方面都起到十分重要的作用。

番茄是日光温室蔬菜栽培的主要果菜之一, 但其为喜温性蔬菜, 对温度反应敏感, 低于 15℃ 生长发育受阻, 5℃ 时生长停止^[1]。在反季节生产中, 温室内低温环境常影响番茄正常生长发育, 使其光合生产力的发挥受到了限制, 导致产量降低, 商品性差, 给生产造成严重损失^[2]。有关磷对植物生理活

收稿日期: 2006- 05- 28

基金项目: 河北省自然科学基金(C2006000758)

作者简介: 李 熹(1982-), 女, 河北石家庄人, 在读硕士, 主要从事土壤肥料研究

通讯作者: 张彦才(1956-), 男, 河北武邑人, 研究员, 主要从事土壤肥料研究。

性的影响已有较多研究,但是低温胁迫条件下,磷对蔬菜的作用及其机制,特别是低温胁迫下磷肥对蔬菜的影响方面研究不多。本研究在低温条件下磷肥对日光温室番茄幼苗的生长影响和生理指标的变化,以期为合理施用磷肥,提高番茄苗期抗低温性提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试番茄品种为毛 T 5,供试土壤为轻壤质石灰性褐土,其理化性质见表 1,供试磷肥为过磷酸钙(含 16% P₂O₅),氮肥为尿素,钾肥为硫酸钾。

1.2 材料培养方法与试验设置

培养方法:番茄种子经浸种催芽后置于盛有基

质的 50 孔穴盘中,基质配比为 m(草炭):m(蛭石)=1:1,播前基质浇透水,待幼苗长到二叶一心时移栽,每盆栽种番茄幼苗一棵;装于 16 cm×11 cm×13 cm 试验盆中,用称重法保持土壤水分,水分保持在 16%~23%。

试验设置:磷肥施用量(P₂O₅)分别为 0,0.20,0.85,3.14,9.69 g/kg,N,K₂O 施用量分别为 153,83.3 mg/kg。待番茄移栽缓苗 7 d 后,设置 2 个试验组,1 组放入温室常温培养,温度保持在 15~25℃(白天 25℃,夜间 15℃);另 1 组放入光照培养箱(LH-200 RD)低温培养,温度保持在 13~15℃(白天 15℃,夜间 13℃,表 2)。培养期间,光照条件一致,光周期为 12 h,光强度为 136 μmol/(m²·s),处理时间为 10 d。每个处理 6 次重复,随机排列。

表 1 供试土壤理化性质

Tab. 1 Experimental soil of foundation fertility

指标 Index	有机质 /(g/kg) Organic matter	全氮 /(g/kg) Total nitrogen	碱解氮 N /(mg/kg) Available N	速效磷 P /(mg/kg) Available P	速效钾 K /(mg/kg) Available K	pH
含量 Content	13.2	0.61	56.6	38.7	104.5	7.8

表 2 试验处理

Tab. 2 Experiment processing methods

处理 Treatment	磷肥用量 P ₂ O ₅ /(g/kg) Phosphorus fertilizer	常温条件/℃ Normal temperature		低温条件/℃ Low temperature	
		白天 Day	夜间 Night	白天 Day	夜间 Night
1	0	25	15	15	13
2	0.20	25	15	15	13
3	0.85	25	15	15	13
4	3.14	25	15	15	13
5	9.69	25	15	15	13

1.3 测定项目

1.3.1 植株的调查及生长量的测定 调查并测量其叶片数、株高、茎粗等情况;生物量的测定,将植株的地上部和地下部分开,自来水冲洗 3 次,并用蒸馏水洗净吸干。

1.3.2 叶绿素含量测定 采用丙酮浸提分光光度法,用 UV753 型分光光度计在 663 nm 和 645 nm 下比色,Arnon 方法计算叶绿素含量^[9];可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法^[9];叶片丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法^[9]。

1.4 统计分析

采用平衡施肥田间试验数据处理系统(2.0 版)进行统计分析,显著水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 低温胁迫条件下磷肥对番茄苗素质的影响

茎粗和叶片数是两个较为稳定的形态指标,在一定程度上反映着幼苗同化产物的积累量^[12]。由

表 3 看出,常温条件下,随着磷肥施用量的增加,番茄植株的生长表现出先增加后降低的趋势,其中处理 3 的株高、茎粗、叶片数达到最高值,较处理 1 达到显著水平。低温条件下,随着磷肥用量的增加,番茄植株的生长与常温条件有相似的规律,但处理间的差异未达到显著水平。与常温处理相比,低温各处理的株高、茎粗、叶片数明显降低,表明低温胁迫可显著降低植株的株高、茎粗、叶片数,低温对植株生长造成了明显的影响^[3,4]。

2.2 低温胁迫条件下磷肥对番茄苗期生物量影响

生物量、根冠比可以用来表征光合产物在植株体内的分配以及生长特性。由表 4 可见,常温条件下,随着磷肥用量的增加,番茄幼苗的茎叶、根鲜质量、茎叶、根干质量有相似的规律,磷肥用量(P₂O₅)为 0.20~0.85 g/kg 时呈增加趋势,超过 0.85 g/kg 时,开始下降,说明适宜磷肥对番茄苗生物量有促进作用。随着磷肥用量的增加,各处理的根冠比呈先减小后增大的趋势,低磷条件下,根冠比较高,可能

是因为土壤养分缺乏时, 将光合作用生产的物质优先转移到根部用于根系生长, 以便最大限度的获取磷营养, 满足生长需要, 根冠比的增加是植物对磷营养胁迫的适应性反应^[22, 23]; 磷肥用量(P_2O_5)为 9. 69

g/kg 时抑制地上部分生长, 使根冠比增大, 这可能是因为是在磷过量条件导致营养体矮小, 茎叶生长受抑制^[24], 造成根冠比增大。

表 3 低温胁迫条件下磷肥对番茄苗素质的影响

Tab. 3 Effects of phosphate fertilizer on tomato seedlings quality in low temperature condition						
处理 Treatment	常温条件 Nomal temperature			低温条件 Low temperature		
	株高/cm Plant height	茎粗/mm Stem diameter	叶片数/ 片 Leaf number	株高/cm Plant height	茎粗/mm Stem diameter	叶片数/ 片 Leaf number
1	16. 50d	4. 41b	8. 13a	8. 00a	2. 26a	4. 25a
2	23. 88c	5. 29a	8. 13a	8. 63a	2. 34a	4. 38a
3	29. 75a	5. 56a	8. 88a	8. 63a	2. 46a	4. 50a
4	27. 25ab	5. 21a	8. 75a	8. 50a	2. 33a	4. 38a
5	26. 25bc	4. 95ab	8. 25a	7. 75a	2. 18a	4. 25a

低温条件下, 随着磷肥用量的增加, 番茄幼苗的茎叶、根鲜质量, 茎叶、根干质量和常温处理有相似的规律, 但磷肥用量(P_2O_5)为 3. 14 g/kg 时达到最高值, 磷肥适宜施用量明显高于常温处理, 可能是由于适当磷肥处理的幼苗具有更高的光合电子传递速率和利用高光强的能力, 因此, 在低温胁迫下保持较高

的供磷水平对随后的植株恢复具有一定的意义。对常温和低温条件, 番茄幼苗生物产量进行分析可知: 低温处理植株干质量整体上明显低于常温处理, 这说明低温条件导致了植株生长减缓或停滞, 适宜增加磷肥用量可缓解低温对植株生长的抑制作用。

表 4 低温胁迫条件下磷肥对番茄苗期生物量的影响

Tab. 4 Effects of phosphate fertilizer on tomato seedlings biomass in low temperature condition										
处理 Treatment	常温条件 Nomal temperature					低温条件 Low temperature				
	茎叶鲜质量/g Stem-leaf fresh weight	根鲜质量/g Root fresh weight	茎叶干质量/g Stem-leaf dry weight	根干质量/g Root dry weight	根冠比 R S	茎叶鲜质量/g Stem-leaf fresh weight	根鲜质量/g Root fresh weight	茎叶干质量/g Stem-leaf dry weight	根干质量/g Root dry weight	根冠比 R S
1	21d	3. 219b	2. 0d	0. 396e	0. 198b	0. 888c	0. 133b	0. 127c	0. 019ab	0. 150c
2	37c	4. 129ab	3. 5c	0. 701a	0. 206b	1. 212b	0. 147ab	0. 131c	0. 023ab	0. 175a
3	45a	5. 026a	5. 5a	0. 596b	0. 108d	1. 665a	0. 251a	0. 146b	0. 022ab	0. 150c
4	41b	3. 901b	4. 0b	0. 539c	0. 135c	1. 727a	0. 192ab	0. 153a	0. 024a	0. 157b
5	40bc	3. 867b	2. 0d	0. 475d	0. 238a	1. 194b	0. 119b	0. 143b	0. 016b	0. 112d

2.3 低温胁迫条件下磷肥对番茄苗期叶片叶绿素含量的影响

叶绿素含量在一定程度上反映了植株光合潜能的大小, 其含量高低对光合同化率有所影响, 在饱和光下叶绿素含量和光合速率呈正相关, 而叶绿素a/b和光合速率呈负相关^[21]。可以认为, 较高的叶绿素含量和较低的 a/b 比值是幼苗生长速度快的生理原因之一。由表 5 可以看出, 常温条件下, 磷肥用量(P_2O_5)为 0~ 3. 14 g/kg 时叶绿素含量逐渐增加, 当磷肥用量(P_2O_5)为 9. 69 g/kg 时, 叶绿素含量下降, 叶绿素 a/b 总体是下降趋势, 可能是由于无机磷是

RuBP 羧化酶的一个竞争性抑制剂的原因^[19], 使植株生长缓慢, 还可能由于磷肥过多引起的病症, 以缺锌、缺镁、缺铁等失绿症表现出来^[24]。低温条件下, 磷肥用量(P_2O_5)为 0~ 3. 14 g/kg 时叶绿素含量逐渐增加, 磷肥用量(P_2O_5)超过 3. 14 g/kg 时, 叶绿素含量下降, 但叶绿素 a/b 值升高。与常温处理相比, 低温处理明显降低了叶绿素含量, 由于光合器官是植物表现冷害症状的最敏感部位, 低温引起光合作用降低, 光合色素下降和脂质过氧化作用加剧^[5- 7], 叶绿素降解导致代谢失调。

表 5 低温胁迫条件下磷肥对番茄苗期叶片叶绿素含量的影响

Tab. 5 Effects of phosphate fertilizer on chlorophyll content of tomato seedling leaves in low temperature condition								
处理 Treatment	常温条件 Nomal temperature				低温条件 Low temperature			
	叶绿素 a Chla	叶绿素 b Chlb	Chl(a+ b)	Chla/ b	叶绿素 a Chla	叶绿素 b Chlb	Chl(a+ b)	Chla/ b
1	1. 714d	0. 662d	2. 375d	2. 589a	1. 008b	0. 404a	1. 412b	2. 494bc
2	2. 293bc	0. 926c	3. 219c	2. 477a	1. 013b	0. 423a	1. 437b	2. 443bc
3	2. 343b	1. 009b	3. 352b	2. 322b	1. 050b	0. 441a	1. 490b	2. 383c
4	2. 490a	1. 114a	3. 604a	2. 236b	1. 214a	0. 378a	1. 593a	3. 208a
5	2. 191c	0. 942c	3. 132c	2. 326b	0. 594c	0. 204b	0. 798c	2. 910ab

2.4 低温胁迫条件下磷肥对番茄苗期叶片可溶性糖含量的影响

可溶性糖是光合作用的主要产物,其含量代表了植株的光合同化能力,也是植物抗寒性的主要保护物质,抗冻植物比不抗冻植物含有更多的糖类,在植物体内起到一定的保护作用。图1表明,常温条件下,随着磷肥用量的增加,可溶性糖的变化呈现单峰曲线,可能是低磷处理下促进同化产物向根中运转和分配,因此叶片中的含量较低^[25];而高磷处理抑制光合,使可溶性糖含量也较低。低温条件下,以处理3的可溶性糖含量最高,其抗性高于缺磷处理和高磷处理。在低温条件下,增加可溶性糖含量,植物体内多糖转为可溶性糖,为植物体提供更多的能量和更高细胞汁液浓度,增强了细胞防脱水能力,还可以通过运转更直接地进入呼吸的能量代谢。因此,在低温条件下,适宜磷肥用量,可提高番茄叶片可溶性糖含量,提高其抗逆能力。

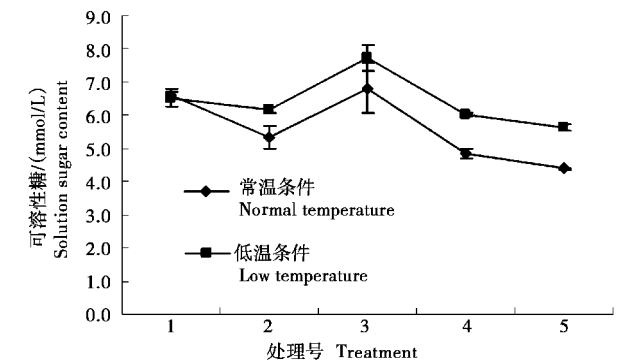


图1 低温胁迫条件下磷肥对番茄苗期叶片可溶性糖含量的影响

Fig.1 Effects of phosphate fertilizer on solution sugar influence of tomato seedling leaves in low temperature condition

2.5 低温胁迫条件下磷肥对番茄苗期叶片MDA的影响

MDA是脂质过氧化的一种典型产物,其产生和积累可对膜和细胞造成进一步的伤害,进而引起一系列生理生化变化^[14],可间接反映植物组织的抗氧化能力的强弱,膜结构的耐受程度及植株的自我修复能力。从图2可以看出,常温条件下叶片中的MDA随磷素供应水平的增大,其含量逐渐下降。低温条件下,MDA的含量也与常温条件的变化一致,不过低温条件下的MDA含量低于常温条件下MDA含量。普遍研究认为低温胁迫使MDA含量增加,相对电导率升高^[15],在本试验中,MDA含量却出现了一种新的情况,即MDA在低温条件下表现出降低现象,可能有以下方面原因:磷是细胞膜的组成成分,适宜磷含量能缓解低温胁迫对细胞膜的破坏的作

用,降低了低温胁迫的不良反应;MDA是脂质过氧化的产物,而脂质过氧化的程度又受酶活性的影响,因此MDA的产生也受到抑制^[16];磷能维持和调节作物体内新陈代谢过程,使之在低温下仍能保持较高的合成水平,相应地增加体内可溶性糖类、磷脂等物质的浓度,提高作物的抗寒性,从而使MDA含量降低。

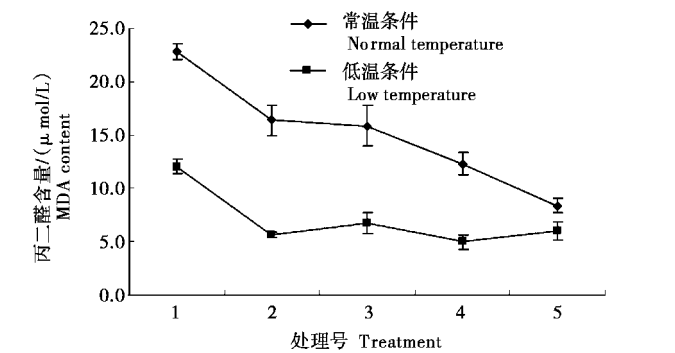


图2 低温胁迫条件下磷肥对番茄苗期叶片MDA的影响

Fig.2 Effects of phosphate fertilizer on MDA content influence of tomato seedling leaves in low temperature condition

3 结论

在常温条件下,适宜磷肥用量能促进番茄苗期生长,磷素过量导致营养体矮小,茎叶生长受抑制,造成根冠比增大。适宜磷肥用量可缓解低温对番茄苗期生长的抑制作用。

在常温和低温条件下,适宜磷肥用量可提高番茄苗期光合能力,叶片叶绿素含量和可溶性糖含量增加,MDA含量下降,提高其抗寒、抗旱能力;磷肥施用过量导致番茄叶片光合作用降低,叶绿素和可溶性糖含量下降,其抗逆能力降低。因此,在日光温室蔬菜生产中,合理施用磷肥,有利于增强番茄苗期抗寒抗旱能力,提高其抗御不利气候条件的影响。

参考文献:

- [1] 林多,魏毓棠.低温对番茄叶片POD活性及其同工酶的影响[J].沈阳农业大学学报,2000,31(1):47-49.
- [2] 樊怀福,蒋卫杰,郭世荣.低温对番茄幼苗植株生长和叶片光合作用的影响[J].江苏农业科学,2005(3):89-91.
- [3] 黄伟,张俊花.番茄耐低温弱光性研究进展[J].河北北方学院学报(自然科学版),2005,21(2):46-51.
- [4] 吴晓蕾,尚春明,张学东,等.番茄品种耐弱光性的综合评价[J].华北农学报,1997,12(2):97-101.
- [5] 王英强.低温及光照对红苞蔓绿绒幼苗膜脂过氧化的影响[J].亚热带植物通讯,2000,29(3):25-28.
- [6] Van Hasselt P R, Van Berlo H A C. Photooxidation damage to

the photosynthetic apparatus during chilling[J]. *Physiol Plant*, 1980, 50: 52– 56.

[7] 王以柔, 刘鸿先, 李 平, 等. 在光照和黑暗条件下低温对水稻幼苗光合器官膜脂过氧化作用的影响[J]. *植物生理学报*, 1986, 12(3): 244– 251.

[8] 葛晓光. 果菜壮苗指标研究的概况[J]. *中国蔬菜*, 1978 (1): 32– 24, 44.

[9] 汤章城. 现代植物生理学实验指南[M]. 科学出版社, 1999: 95– 96, 127, 305– 306.

[10] 张宪政, 谭桂茹. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1989.

[11] 李远新, 李进辉, 何莉莉, 等. 氮磷钾配施对保护地番茄产量及品质的影响[J]. *中国蔬菜*, 1997(4): 10– 13.

[12] 蒲高斌, 刘世琦, 刘 磊, 等. 不同光质对番茄幼苗生长和生理特性的影响[J]. *园艺学报*, 2005, 32(3): 420 – 425.

[13] 程光华, 王金才. 低温年磷肥施量对玉米产量、效益的影响[J]. *吉林农业科学*, 1996, 1: 150– 532.

[14] 王爱国, 邵从本, 罗广华. 丙二醛作为植物脂质过氧化指标的探讨[J]. *植物生理学通讯*, 1986(2): 55– 57.

[15] 李美茹, 刘鸿先, 王以柔. 低温下水稻幼苗叶片细胞膜膜脂过氧化和膜磷脂脱酯化反应[J]. *广西植物*, 1998, 18(2): 173– 176.

[16] 朱隆静. 磷与钙低温胁迫下番茄光合作用的影响及其机理研究[D]. 杭州: 浙江大学硕士学位论文, 2004.

[17] 孙淑贞. 香蕉幼苗的低温生理及抗冷性研究[D]. 广州: 华南师范大学硕士学位论文, 2003.

[18] 王洪春. 植物抗性生理[J]. *植物生理学通讯*, 1981, (6): 72– 81.

[19] Edwards G, Walker D. C₃, C₄: mechanisms, and cellular and environmental regulation of photosynthesis [M]. London: Oxford, 1983: 156– 160.

[20] 朱隆静, 喻景权. 不同供磷水平对番茄生长和光合作用的影响[J]. *浙江农业科学*, 2005, 17(3): 120– 122.

[21] 刘振业, 刘贞琦. 光合作用的遗传与育种[M]. 贵州: 贵州人民出版社, 1984.

[22] 李 锋, 潘晓华, 刘水关, 等. 低磷胁迫对不同水稻品种根系形态和养分吸收的影响[J]. *作物学报*, 2004, 30 (5): 438– 442.

[23] 李海波, 夏 铭, 吴 平. 低磷胁迫对水稻苗期侧根生长及养分吸收的影响[J]. *植物学报*, 2001, 43(11): 1154– 1160.

[24] 计玉妹, 朱祝军, 钱琼秋. 钾、磷缺乏对番茄植株中碳水化合物分配的影响[J]. *上海交通大学学报(农业科学版)*, 2002, 20(3): 200– 202.

[25] 郎印海, 聂俊华. 磷胁迫下番茄应激反应研究[J]. *农业与技术*, 1998, 18(5): 20– 23.