

磷素对甜瓜幼苗质量的影响

李 欣, 谢秀芳, 黄 超, 李 莹, 李雪微, 张 波, 廉 华

(黑龙江八一农垦大学 农学院, 黑龙江 大庆 63319)

摘要:为在甜瓜生产中合理地施用磷素,以金妃甜瓜为材料,采用基质培方法,通过测定甜瓜株高、茎粗、叶绿素含量、根系活力、单株鲜重、单株干重的变化规律研究不同磷素用量对甜瓜幼苗质量的作用效应。结果表明:适宜磷素用量(即 $0.9 \sim 1.2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)时,对幼苗质量促进作用最强,可以显著促进株高和茎粗增加,提高叶绿素含量和根系活力,增加单株鲜重和单株干重。当磷素用量低于 $0.6 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 或高于 $1.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,各项指标均显著下降。

关键词:磷素;甜瓜;幼苗质量

中图分类号:S143.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2015)04-0022-05 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2015.04.0022

甜瓜(*Cucumis melo* L.)属葫芦科黄瓜属,一年生蔓性草本植物,世界十大水果之一。自20世纪90年代以来,世界甜瓜栽培面积均迅速增加,2003年全国甜瓜栽培面积为 35.55 万 hm^2 ,总产量为824万t,栽培面积与总产量均居世界首位^[1]。

薄皮甜瓜(*Cucumis melo* var. *makuwa* Makino),又称中国甜瓜、东方甜瓜或香瓜等,为我国城乡人民普遍喜爱的传统夏令水果^[2]。黑龙江省是薄皮甜瓜的传统产地之一,由于气候冷凉,生产季节昼夜温差大,产品的干物质积累多、品质好,是我国重要的甜瓜商品生产基地之一,同时又是我国薄皮甜瓜的主产区、重要的育种基地。近年来,黑龙江省西瓜甜瓜生产面积稳定在 21.5 万 hm^2 左右,总产量约450万t,总产值30亿元左右。其中薄皮甜瓜生产面积 7 万 hm^2 左右,产值8.9亿元左右^[3]。随着农业种植结构的调整,甜瓜种植面积日益增加,消费者对甜瓜的外观品质和营养品质的要求亦日益提高,研究提高甜瓜产量的措施具有重要意义。

磷是作物生长发育过程中最为重要的大量元素之一,以多种形式参与作物体内各种生理生化过程,对光合作用和碳水化合物的合成、运输、氮

的代谢和脂肪合成等方面起着重要的作用^[4]。但是由于生产中长期偏重施用氮、钾肥料,磷肥施用量相对不足,导致甜瓜生产中缺磷现象日益加剧,严重影响了甜瓜的生长发育以及产量和品质的形成,制约了甜瓜的可持续发展。有关氮素和钾素对甜瓜产量和品质的影响研究相对多一些^[5-6],而磷素报道较少,仅有报道认为无籽西瓜对磷较为敏感,如果用量不足,果瓢可能产生黄色纤维、瓢色不鲜、种子不饱满以及含糖量降低^[7]。因此,有必要对磷素在甜瓜生长发育过程中的作用进行深入和系统的研究。

本试验在基质栽培条件下,设置不同磷素浓度的营养液配方,研究磷素营养对甜瓜幼苗质量的影响,明确磷素对甜瓜幼苗形态建成、物质积累的作用效应,为甜瓜生产合理施用磷肥提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为薄皮甜瓜品种金妃,购自大庆市种子公司,是大庆地区的主栽品种。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 盆栽试验在全光现代化温室内进行,育苗基质的配制比例为草炭:珍珠岩=1:3。试验中的营养液配方以华南果菜营养液配方为基准^[8],大量元素见表1,微量元素见表2。磷素浓度设置0.3、0.6、0.9、1.2和 $1.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 共5个处理水平,分别为 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 。钾素浓度恒定设为 $4.74 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,氮素浓度恒定设为 $8 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。每个处理播种3盘,每盘200株,采用完全随机设计,3次重复。

收稿日期:2014-10-15

基金项目:黑龙江八一农垦大学校级大学生创新训练计划资助项目(xc2014002);黑龙江省教育厅科技资助项目(12531454)

第一作者简介:李欣(1991-),女,绥化市庆安县人,在读学士,从事蔬菜栽培生理方面的研究。E-mail:330829426@qq.com。

通讯作者:廉华(1970-),女,黑龙江省密山市人,教授,从事蔬菜栽培生理研究。E-mail:mgs_lh@sina.com。

表 1 常用营养液配方大量元素用量
Table 1 Major element dosage of common nutrient solution formula

处理 Treatments	大量元素/(mg·L ⁻¹) Major element				
	A 液			B 液	
	KNO ₃	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	MgSO ₄ ·7H ₂ O	NH ₄ H ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄
T ₁	449	420	246	—	40.8
T ₂	419	456	246	—	81.6
T ₃	388	491	246	—	122.4
T ₄	388	456	246	34.5	122.4
T ₅	388	420	246	69.0	122.4

表 2 营养液微量元素用量
Table 2 Microelement dosage in nutrition solution

化合物名称 Compound	用量/(mg·L ⁻¹) Dosage
Na ₂ Fe-EDTA	20
H ₃ BO ₃	2.86
MnSO ₄ ·4H ₂ O	2.13
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.22
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.08
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	0.02

2014 年 4 月 10 日,将甜瓜种子放入 55~60℃温水中处理 15 min,降温至 28~30℃后连续浸种 8~12 h。然后置于 28~30℃下催芽,12 h 后甜瓜开始出芽。

将育苗盘(长×宽×高 = 50 cm×34 cm×12 cm)中装满育苗基质,浇透底水。将催芽后的甜瓜种子均匀地播于育苗盘中(每盘 200 粒左右),其上盖适量基质后覆盖地膜。

出苗后 5 d 内浇水,一叶一心期开始浇施不同磷素水平处理的营养液,每 3 d 浇灌一次,每次每盆浇 3 L 左右(以保持盆内湿润为宜),同时每天浇水 1~2 次。

处理后第 5 天开始取样,每 5 d 取样 1 次,共取样 5 次,用于测定甜瓜幼苗期各项指标。

1.2.2 测定项目及方法 株高为茎基部到生长点之间的距离,用直尺测定;茎粗为子叶节下 1 cm 处粗度,用游标卡尺测定。

各处理随机选取 10 株植株(为了消除因个体间差异而造成的试验误差,选择大小相对均匀一致的植株),鲜样先用自来水冲洗 2~3 次,再用蒸馏水冲洗 2 次,然后利用吸水纸吸干植株上的水

分,利用电子天平进行地上部、地下部鲜重的测定;地上部、地下部干重采用恒温干燥法^[9]测定。

根系活力采用 α-萘胺氧化法^[10];叶绿素采用乙醇-丙酮混合提取法^[11]。

1.2.3 数据统计分析 利用 Excel 进行图表制作,用 DPS7.05 软件进行数据显著性分析。

2 结果与分析

2.1 磷素对甜瓜幼苗株高和茎粗的影响

磷素对各处理甜瓜幼苗株高的影响见表 3,在试验期间,各处理幼苗株高均呈现微弧形曲线上升的变化趋势。施用后 5~25 d,T₄ 均极显著高于其它处理。其次为 T₃,除施用后 5 d,其与 T₅ 之间差异不显著外,在施用后 10~25 d,T₃ 幼苗株高均显著或极显著高于 T₅、T₂ 和 T₁。T₁ 幼苗株高在施用后 5~25 d 均表现最低。

磷素对各处理甜瓜幼苗茎粗的影响见表 4,在试验期间,各处理幼苗茎粗表现出与株高一致的变化趋势。施用后 5~25 d,T₄ 均极显著高于其它处理。施用后 5 d,T₃ 与 T₅ 之间差异不显著但 T₃ 极显著高于 T₂ 和 T₁,T₂ 极显著高于 T₁。施用后 10 d,T₃、T₅、T₂ 之间差异不显著但均极显著高于 T₁。施用后 15 d,T₃ 与 T₅ 之间差异不显著但均极显著高于 T₂ 和 T₁,T₂ 极显著高于 T₁。施用后 20 d,T₃ 极显著高于 T₅、T₂ 和 T₁,T₅ 极显著高于 T₂、T₁ 且后两者之间无显著性差异。施用后 25 d,T₃ 与 T₅ 之间差异不显著但却极显著高于 T₁,T₅ 与 T₂ 之间差异不显著。

2.2 磷素对甜瓜幼苗叶绿素含量和根系活力的影响

磷素对各处理甜瓜幼苗叶绿素含量的影响见表 5,在试验期间,各处理幼苗叶绿素含量均呈现微弧形曲线上升的变化趋势。除了施用后 10 d,

T₄与T₃之间差异不显著外,施用后5、15 d、20和25 d,T₄均极显著高于其它处理。施用后5 d,T₃极显著高于T₅、T₂和T₁,T₅和T₂之间差异不显著但却极显著高于T₁。施用后10 d,T₃与T₄之间差异不显著但却显著高于T₅,极显著高于T₂和T₁,T₅、T₂、T₁之间均呈现极显著性差异。施用后15 d,T₃极显著高于T₅、T₂和T₁,T₅、T₂、T₁之间均呈现极显著性差异。施用后20和25 d,T₃与T₅之间差异均不显著但却极显著高于T₂和T₁,T₂极显著高于T₁。

表 3 磷素对甜瓜幼苗株高的影响

Table 3 Effect of phosphorus nutrition on the plant height of muskmelon seedling

处理 Treatments	甜瓜幼苗株高/cm Plant height				
	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d
T ₁	5.880±0.036 Dd	6.241±0.026 Dd	6.633±0.025 Ee	6.913±0.021 Ee	9.160±0.036 Dd
T ₂	6.613±0.031 Cc	6.823±0.035 Cc	7.320±0.026 Dd	7.837±0.031 Dd	9.833±0.047 Cc
T ₃	6.820±0.036 Bb	7.092±0.026 Bb	8.277±0.015 Bb	8.937±0.015 Bb	10.160±0.062 Bb
T ₄	7.353±0.035 Aa	7.637±0.045 Aa	8.827±0.015 Aa	9.267±0.025 Aa	12.587±0.055 Aa
T ₅	6.720±0.040 BCbc	6.913±0.025 Cc	7.813±0.025 Cc	8.567±0.021 Cc	9.933±0.064 BCc

表中数值代表平均值±标准差,同一列大、小写字母分别表示差异达0.01和0.05水平显著,下同。
Values in the table are mean ± standard error, different capital letters and lowercases within the same column mean significant difference at 0.01 and 0.05 level respectively. The same below.

表 4 磷素对甜瓜幼苗茎粗的影响

Table 4 Effect of phosphorus nutrition on the stem diameter of muskmelon seedling

处理 Treatments	甜瓜幼苗茎粗/cm Stem diameter				
	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d
T ₁	0.195±0.002 Dd	0.266±0.002 Cc	0.287±0.002 Dd	0.323±0.002 Dd	0.341±0.002 Cd
T ₂	0.206±0.002 Cc	0.273±0.002 Bb	0.298±0.001 Cc	0.326±0.002 Dd	0.356±0.003 Bc
T ₃	0.217±0.003 Bb	0.276±0.002 Bb	0.316±0.002 Bb	0.357±0.002 Bb	0.363±0.001 Bb
T ₄	0.231±0.002 Aa	0.288±0.002 Aa	0.327±0.003 Aa	0.369±0.002 Aa	0.376±0.002 Aa
T ₅	0.213±0.002 BCb	0.278±0.002 Bb	0.316±0.002 Bb	0.343±0.002 Cc	0.360±0.002 Bbc

表 5 磷素对甜瓜幼苗叶绿素含量的影响

Table 5 Effect of phosphorus nutrition on the chlorophyll content of muskmelon seedling

处理 Treatments	叶绿素含量/(mg·g ⁻¹) Chlorophyll content				
	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d
T ₁	0.725±0.006 Dd	1.068±0.033 Dd	1.208±0.009 Ee	1.383±0.008 Dd	1.436±0.010 Dd
T ₂	0.831±0.005 Cc	1.145±0.008 Cc	1.288±0.009 Dd	1.444±0.014 Cc	1.489±0.008 Cc
T ₃	1.264±0.009 Bb	1.452±0.019 ABa	1.500±0.012 Bb	1.541±0.012 Bb	1.586±0.009 Bb
T ₄	1.346±0.011 Aa	1.477±0.010 Aa	1.581±0.014 Aa	1.596±0.008 Aa	1.671±0.012 Aa
T ₅	0.826±0.006 Cc	1.375±0.010 Bb	1.443±0.010 Cc	1.517±0.009 Bb	1.564±0.017 Bb

磷素对各处理甜瓜幼苗根系活力的影响见表6,在试验期间,各处理幼苗根系活力均呈现“Λ”型变化趋势,“Λ”型峰顶出现在施用后20 d。在“Λ”型左侧即根系活力上升时(施用后5~20 d),除了施用后10 d外,其它日期T₄均极显著高于其它处理,T₃显著高于T₅、T₂和T₁,T₁幼苗根系活力均最低。在“Λ”型右侧即根系活力下降时(施用后25 d),T₄与T₃之间差异不显著但均极显著高于T₅、T₂和T₁。

表 6 磷素对甜瓜幼苗根系活力的影响

Table 6 Effect of phosphorus nutrition on the root activity of muskmelon seedling

处理 Treatments	根系活力/($\mu\text{g}\cdot(\text{g}\cdot\text{h})^{-1}$) Root activity				
	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d
T ₁	123.598±8.090 Cd	337.559±10.352 Cd	485.953±10.767 Dd	524.310±7.453 Dd	459.103±17.026 Dd
T ₂	145.489±13.047 Cd	435.744±20.092 Bc	716.272±20.660 Cc	764.324±21.292 Cc	677.611±8.626 Cc
T ₃	312.471±34.385 Bb	675.235±29.306 Aab	861.018±15.551 Bb	897.865±13.626 Bb	887.570±7.620 Aa
T ₄	452.658±25.590 Aa	688.123±16.973 Aa	925.477±6.500 Aa	968.702±38.168 Aa	899.071±12.299 Aa
T ₅	232.578±35.037 Bc	617.306±22.536 Ab	742.511±19.593 Cc	811.077±13.359 Cc	745.580±19.045 Bb

2.3 磷素对甜瓜幼苗单株鲜重和单株干重的影响

磷素对各处理甜瓜幼苗单株鲜重的影响见表 7,在试验期间,各处理幼苗单株鲜重均呈现缓慢上升的变化趋势。施用后 5 d,T₄极显著高于其它处理;其次是 T₃,T₃极显著高于 T₅、T₂和 T₁,T₅显著高于,极显著高于 T₂和 T₁,T₂、T₁之间差

异不显著。施用后 10 和 15 d,T₄与 T₃之间差异不显著但却极显著高于 T₅、T₂和 T₁,T₅极显著高于 T₂、T₁,T₂极显著高于 T₁。施用后 20 d,T₄极显著高于其它处理,T₃极显著高于 T₅、T₂、T₁且后三者之间差异不显著。施用后 25 d,T₄极显著高于其它处理,T₃与 T₅之间差异不显著但却极显著高于 T₂和 T₁,T₂极显著高于 T₁。

表 7 磷素对甜瓜幼苗单株鲜重的影响

Table 7 Effect of phosphorus nutrition on the single plant fresh weight of muskmelon seedling

处理 Treatments	单株鲜重/g Fresh weight per plant				
	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d
T ₁	0.853±0.004 Dd	1.262±0.023 Dd	1.644±0.020 Dd	2.206±0.025 Cc	2.293±0.026 Dd
T ₂	0.873±0.004 CDd	1.345±0.017 Cc	1.752±0.027 Cc	2.248±0.029 Cc	2.525±0.026 Cc
T ₃	1.075±0.009 Bb	1.557±0.020 Aa	2.039±0.014 Aa	2.438±0.038 Bb	2.834±0.031 Bb
T ₄	1.154±0.021 Aa	1.587±0.010 Aa	2.088±0.010 Aa	2.615±0.016 Aa	3.228±0.036 Aa
T ₅	0.935±0.032 Cc	1.461±0.022 Bb	1.949±0.024 Bb	2.228±0.036 Cc	2.762±0.035 Bb

磷素对各处理甜瓜幼苗根系干重的影响见表 8,在试验期间,各处理幼苗单株干重均呈现与单株鲜重同样的变化趋势。施用后 5 d,T₄极显著高于其它处理;T₃与 T₅、T₂之间差异不显著,T₂和 T₁之间无显著性差异。施用后 10 d,T₄与 T₃、T₂之间差异不显著但均显著高于 T₁,T₅显著高

于 T₁。施用后 15 d,T₄与 T₃、T₅之间差异不显著但均显著高于 T₂和 T₁,T₂与 T₁之间差异不显著。施用后 20 d,T₄与 T₃、T₅、T₂之间差异不显著,但 T₄却显著高于 T₁。施用后 25 d,T₄极显著高于其它处理,T₃与 T₅之间差异不显著,T₃显著高于 T₂和 T₁,T₂和 T₁之间无显著性差异。

表 8 磷素对甜幼苗单株干重的影响

Table 8 Effect of phosphorus nutrition on the single plant dry weight of muskmelon seedling

处理 Treatments	单株干重/g Dry weight per plant				
	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d
T ₁	0.053±0.003 Cc	0.102±0.001 Cc	0.144±0.008 Cb	0.217±0.007 Ab	0.235±0.007 Dd
T ₂	0.060±0.001 BCbc	0.138±0.014 ABab	0.150±0.005 BCb	0.242±0.016 Aab	0.257±0.010 CDcd
T ₃	0.067±0.002 Bb	0.145±0.007 ABa	0.168±0.005 ABa	0.247±0.012 Aab	0.292±0.005 Bb
T ₄	0.085±0.003 Aa	0.154±0.009 Aa	0.177±0.002 Aa	0.259±0.009 Aa	0.329±0.018 Aa
T ₅	0.065±0.002 Bb	0.124±0.005 BCb	0.167±0.002 ABa	0.244±0.019 Aab	0.276±0.007 BCbc

3 结论与讨论

一个完整的壮苗指标体系应当包括形态、生理及生化指标,但由于形态指标具有更大的实践意义,株高和茎粗也成为反映植株营养体生长的最基本特征标志之一。1984年陆帼一等人^[12]提出番茄壮苗指数可选用“茎粗/株高 \times 全株干重”的计算公式,1987年葛晓光^[13]证明了“茎粗/株高 \times 全株干重”壮苗指标对于果菜前期产量具有可靠的预测性,之后被很多资料引用。本试验结果表明,在适量磷素营养液浇施后,甜瓜幼苗株高、茎粗均得到有效提高,其中以 $0.9\sim 1.2\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的磷素用量处理效果最好。

叶绿素是植物进行光合作用的主要色素,它在光合作用的光吸收中起核心作用,叶片中叶绿素含量是反映作物营养和生长状况的重要指标。刘玲玲等研究表明,叶片叶绿素含量的高低与光合速率密切相关,特别是在同化物积累期间,叶片的叶绿素含量与其光合强度呈正相关^[14]。试验中通过适量磷素营养液浇施处理,促进了幼苗叶片中叶绿素的合成,植株物质合成量同步增加。

植物根系是活跃的吸收器官和合成器官,根的生长情况和代谢水平即根系活力直接影响植物地上部的生长和营养状况以及产量,是植物生长的重要生理指标之一,其变化直接影响植株生长和作物产量^[15]。试验中通过适量磷素营养液浇施处理,促进了幼苗根系活力的提高,植株单株鲜重和干重也同步增加。

育苗是蔬菜栽培的重要环节之一,幼苗质量对蔬菜栽培效果影响很大。试验中通过适量磷素(即 $0.9\sim 1.2\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)营养液浇施处理,提高了幼苗株高和茎粗等形态指标,增强了幼苗根系活力,增加了叶绿素含量,单株鲜重和单株干重也

得到一定程度提高,这既有利于增强甜瓜根系新陈代谢和营养运输能力,又有利于光合产物形成、运输与积累,从而形成健壮幼苗,为甜瓜后期产量的形成奠定了基础。

参考文献:

- [1] 黄伟,张晓光. 钾素对薄皮甜瓜光合作用和产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2009(2): 23-26.
- [2] 林德佩,仇恒通,孙兰芳,等. 西瓜甜瓜优良品种与良种繁育技术[M]. 北京: 农业出版社, 1993: 55-65.
- [3] 王喜庆. 黑龙江省西瓜甜瓜生产现状、存在的问题和对策[J]. 中国瓜菜, 2008(2): 53-54.
- [4] 宋春丽,樊剑波,何园球,等. 不同母质发育的红壤性水稻土磷素吸附特性及其影响因素的研究[J]. 土壤学报, 2012, 49(3): 607-611.
- [5] 张炎. 施钾对露地甜瓜养分吸收及产量品质的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2012.
- [6] 刘建辉. 富磷土壤条件下厚皮甜瓜氮、钾施肥效应研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- [7] 陈钢. 磷水平对西瓜产量、品质、养分吸收及幼苗耐冷性影响的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- [8] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 90.
- [9] 陈建勋, 王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2002: 2-3.
- [10] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1992: 140-141.
- [11] 郝建军, 康宗利, 于洋. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 107-109.
- [12] 陆帼一, 张和义, 周存田. 番茄壮苗指标的初步研究[J]. 中国蔬菜, 1984(1): 13-17.
- [13] 葛晓光. 果菜壮苗指标研究概况[J]. 中国蔬菜, 1987(1): 32-34, 44.
- [14] 刘玲玲, 李军, 李长辉, 等. 马铃薯可溶性蛋白、叶绿素及ATP含量变化与品种抗旱性关系的研究[J]. 中国马铃薯, 2004, 18(4): 201-204.
- [15] 陆晓民, 孙锦, 郭世荣, 等. 油菜素内酯对低氧胁迫黄瓜幼苗根系线粒体抗氧化系统及其细胞超微结构的影响[J]. 园艺学报, 2012, 39(5): 888-896.

Effect of Phosphorus on the Quality of Muskmelon Seedling

LI Xin, XIE Xiu-fang, HUANG Chao, LI Ying, LI Xue-wei, ZHANG Bo, LIAN Hua

(College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agriculture University, Daqing, Heilongjiang 163319)

Abstract: In order to explore the reasonable application of phosphorus element on muskmelon, taking muskmelon Jinfei as experimental material, the way of substrate culture was adopted to measure the change regular of plant height, stem diameter, chlorophyll content, root activity, single plant fresh weight and single plant dry weight. The results showed that appropriate dosage of phosphorus element ($0.9\sim 1.2\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) could promote the quality of muskmelon seedling through promoting plant height and stem diameter, improving chlorophyll content and root activity, increasing single plant fresh weight and single plant dry weight. When the phosphorus dosage was less than $0.6\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ or higher than $1.5\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, all the indexes decreased significantly.

Keywords: phosphorus; muskmelon; seedling quality