植物营养与肥料学报 2012,18(6):1530-1536
Plant Nutrition and Fertilizer Science

锰对板栗实生苗生长及生理效应的影响

郭素娟,李广会,吕文君,熊 欢
(北京林业大学森林培育与保护重点实验室,北京林业大学林学院,北京 100083)

摘要: 采用短期培养模拟研究法,在5个 Mn^{2+} 浓度(0、0.905、1.810、2.715、3.620 mg/L)处理下,通过测定板栗实生苗木的光合特性、叶绿素含量、苗高、根颈直径、根系、生物量与叶片矿质元素等指标,研究了 Mn^{2+} 对其生长及生理效应的影响。结果表明,1)在 Mn^{2+} 浓度为0～3.620 mg/L范围内,随 Mn^{2+} 浓度增大,板栗实生苗净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、叶绿素含量、苗高、根颈直径、根重和生物量呈先增加后降低的趋势,其中以 Mn^{2+} 浓度1.810和2.715 mg/L处理的效果最好,且两处理间差异不显著($P>0.05$);2)与CK相比,Mn^{2+} 增加了苗木对锰的吸收,但抑制了对钙、铁、铜的吸收,随 Mn^{2+} 浓度增大,叶片磷、硼含量呈先升高后降低趋势,钾含量变化趋势相反;3)相关分析显示,叶片锰含量与钙、铁、铜含量呈显著性负相关($P<0.05$),与磷、钾、硼含量的相关性均不显著($P>0.05$)。综上,当 Mn^{2+} 浓度为1.810和2.715 mg/L时均能显著促进板栗苗木的光合及生长;但 Mn^{2+} 浓度不宜过高,大于2.715 mg/L则抑制其生长,不利于矿质元素的均衡吸收。

关键词: 板栗;苗木;锰;光合特性;矿质元素含量
中图分类号: S664.2;S143.7+2　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 1008-505X(2012)06-1530-07

Influence of manganese on growth, physiological effects of chestnut seedlings

GUO Su-juan, LI Guang-hui, LÜ Wen-jun, XIONG Huan
(*The Key Laboratory for Forest Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University/ College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China*)

Abstract: A short-term cultivation simulation experiment was carried out to investigate the influence of manganese on growth, physiological effects of chestnut seedlings. The responses of photosynthetic characteristics, chlorophyll content, seedling height, diameter, root, biomass and contents of mineral elements in leaves to different Mn^{2+} concentrations (0, 0.905, 1.810, 2.715 and 3.620 mg/L) were studied. The results show that in the range of Mn^{2+} 0-2.715 mg/L, the P_n, G_s, T_r, chlorophyll content, seedling height, diameter, root weight and biomass of chestnut seedlings are enhanced significantly ($P<0.05$) with the increase of the concentration, however when Mn^{2+} concentration is over 2.715 mg/L, the above indexes are decreased. That is to say, 1.810 and 2.715 mg/L are the most effective treatments with no significant difference between the two treatments ($P>0.05$). Compared with CK, the Mn^{2+} manganese absorptions are increased under different Mn^{2+} concentrations, while the absorptions of calcium, iron and copper are restrained. With the increase of the Mn^{2+} concentration, the contents of phosphorus and boron are increased first and then decreased, while the potassium contents are in the opposite variation tendency. The results of correlation analysis show that there are significant negative correlations ($P<0.05$) between the contents of manganese, and the contents of calcium, iron and copper. A positive correlation between manganese and boron contents, and negative correlations between manganese and phosphorus, potassium contents are also found in the experiment, but not significant ($P>0.05$). In conclusion, the treatments of 1.810

收稿日期: 2012-05-27　　**接受日期:** 2012-08-10
基金项目: 国家林业公益性行业科研专项重大项目"板栗产业链环境友好丰产关键技术研究与示范"(201204401);"985"森林培育科技创新平台开放基金(000-1108004);国家"十一五"科技支撑专题"板栗优质高产栽培技术研究"(2006BAD18B02)资助。
作者简介: 郭素娟(1965—),女,教授,博士生导师,主要从事经济林(果树)栽培和利用理论与技术研究。E-mail: gwangzs@263.net

and 2.715 Mn^{2+} mg/L could promote photosynthesis and growth, and it is unfavorable for the plant growth and for the balanced absorptions of mineral elements when the Mn^{2+} concentration is higher than 2.715 mg/L.

Key words: chestnut; seedling; manganese; photosynthetic characteristic; mineral element content

锰是植物必需的微量元素之一,在植物体内起着十分重要的生理作用。在植物酶活性方面,锰作为多种酶的活化剂和重要的氧化还原剂,在植物的光合作用中参与叶绿体的结构建成,对叶绿体的正常发育和稳定有重要作用,在光系统Ⅱ中参与水的光解。当营养液中 Mn^{2+} 浓度在适宜范围内时,植物的生长发育速度加快、净光合速率增大[1-2];此外,适宜的锰肥还能促进种子萌发和幼苗生长[3]。缺锰可导致植物的生长和叶绿素的合成受到抑制[4];在高锰处理下,植物的光电子传递受到限制,光合作用减弱,蒸腾速率和气孔导度下降[5],锰肥过量还能抑制植物对镁元素的吸收[6]。因此适量锰肥对植物的正常生长至关重要。

板栗(*Castanea mollissima* BL.),为壳斗科栗属植物,原产于我国。我国板栗品质优良,果实富含淀粉、糖、蛋白质、脂肪及多种维生素、矿物质,尤其是北方板栗淀粉含量高,是重要的出口创汇农产品,是山区人民收入的重要组成部分。生产上的结果,板栗树几乎全是实生苗嫁接改良的,需要优质实生苗作为板栗高产稳产的基础。实生苗有生长旺盛、根系发达、寿命较长等特点,我国板栗主要栽培在山区,生长条件差,板栗实生苗成活率低,增加了板栗成林的难度,因此优良苗木的培育成为板栗生产中的重要环节。穆华等[7]研究了板栗实生苗黄化与锰、铁矿质营养的关系;孟祥远[8]研究了板栗苗木叶片氮、磷、钾含量与生长量的关系;易干军等[9]研究了硼、锰营养对南方品种板栗幼苗生长的影响,但是关于微量元素锰与北方品种板栗实生苗关系的研究鲜有报道。本文通过短期培养模拟试验[10]定量研究了锰对板栗实生苗生长及生理效应的影响,以期为进一步推广板栗良种的快速繁育提供科学理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验设计

供试材料为板栗实生苗。挑选大小基本一致的板栗种子,用1%的次氯酸钠消毒。将种子低温层积催芽后,于2011年4月中旬播种在20 cm×15 cm的营养钵中,每个营养钵播1粒种子,以珍珠岩为基质。在培养前期,每5 d补充一次去离子水。待幼苗生长至两叶一心[11]后,选取规格基本一致的健壮幼苗进行试验。营养液配方使用 Hoagland 和 Arnon 配方[10],微量元素以 Arnon 配方为基础,设5个 Mn^{2+} 浓度处理(0、0.905、1.810、2.715、3.620 mg/L),分别用 Mn0、Mn1、Mn2、Mn3 和 Mn4 表示,其中 Mn^{2+} 浓度1.810 mg/L 为微量元素配方水平。试验配制营养液所用盐类为 $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$、KNO_3、$MgSO_4 \cdot 7H_2O$、$NH_4H_2PO_4$、H_3BO_3、$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$、$MnCl_2 \cdot 4H_2O$、$CuSO_4 \cdot 5H_2O$、$(NH_4)_2MoO_4 \cdot 4H_2O$、酒石酸铁,其化学纯度均为 GR 级。试验采用完全随机设计,培养过程每3 d更换一次营养液,根据北方板栗生长最适 pH 范围,使用前统一将营养液 pH 调整为6.0。从选苗定植到收获共培养了150 d,收获时实生苗的苗高生长大幅度下降,地下部分侧根平均每株6条,且侧根上有二级侧根。

1.2　测定项目与方法

光合特性、叶绿素含量的测定:在2011年7月中旬(速生期),使用 LI-6400XT 便携式光合作用测定仪在天气晴朗的上午9:30～11:30测定板栗实生苗从顶端数第3、4的成熟叶的净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)、胞间 CO_2 浓度(C_i),采用开放式气路,每片叶重复测定3次,取其平均值。取从顶端数第3、4片健康成熟叶,采用80%丙酮溶液浸提法[12],测定溶液的吸光度,根据 Arnon(1949)叶绿素浓度的计算公式得出叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素(a+b)的含量。每一处理随机选取4株苗木,下同。

苗木生长指标的测定:在2011年9月下旬,测定苗木地径、苗高[13]。将板栗幼苗从基质中完整取出,用自来水冲洗干净,再用去离子水将幼苗冲洗2～3遍,用吸水纸擦干。用天平测定地上部分与地下部分的鲜重后在烘箱中于105℃下杀青0.5 h,再于70℃下烘干至恒重,称量各部分的干重[14]。

叶片矿质元素含量的测定:在2011年10月,分别从各处理取样,采用浓 HNO_3-HClO_4 混酸(8:2)消煮[15],测定 P、K、Ca、Fe、Cu、Mn、B 等矿质元素的含量,P 含量采用钼锑抗比色法,K、Ca、Fe、Cu、Mn 含量均采用 AAS 法,B 含量采用甲亚胺法[16]。

1.3 数据分析

试验数据采用 SPSS 18.0、DPS 7.05 进行统计分析，Duncan 新复极差法作差异显著性检验，Sigmaplot 10 软件作图。

2 结果与分析

2.1 Mn^{2+}对板栗实生苗叶绿素含量的影响

由图1可以看出，在 Mn^{2+} 0～2.715 mg/L 范围内，叶片叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素(a+b)含量随 Mn^{2+} 浓度的增大而升高，当 Mn^{2+} 浓度大于 2.715 mg/L 时，叶绿素含量均呈下降趋势。相关分析发现，在 Mn^{2+} 0～2.715 mg/L 范围内，营养液 Mn^{2+} 浓度与叶片中叶绿素 a、叶绿素 b 含量的相关系数分别为 0.977、0.927，其中 Mn^{2+} 浓度与叶绿素 a 含量的相关系数达到显著水平($P<0.05$)，在一定程度上反映了增加 Mn^{2+} 浓度更有利于提高叶绿素 a 含量。方差分析显示，Mn3、Mn2 与 Mn4、Mn1、Mn0 处理间叶绿素 a、叶绿素(a+b)的含量差异均达到显著水平($P<0.05$)，其它处理间差异不显著($P>0.05$)，均在 Mn3 中达到最大值，比 Mn0 分别增加了 14.28%、15.09%，比 Mn2 分别增加了 2.80%、2.88%。可见，Mn^{2+} 浓度为 1.810、2.715 mg/L 能显著增加叶片叶绿素含量，且后者有高于前者的趋势，但两处理间差异不显著。

2.2 Mn^{2+}浓度对板栗实生苗光合特性的影响

由不同浓度 Mn^{2+} 处理下板栗实生苗叶片光合特性的变化规律(表1)可见，在 Mn^{2+} 0～3.620 mg/L处理下，随着 Mn^{2+} 浓度的升高，叶片的净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)均逐渐升高，当 Mn^{2+} 浓度为 3.620 mg/L 时，上述指标开始呈下降趋势。差异分析结果(表1)显示，Mn3、Mn2 与 Mn0 处理间板栗实生苗叶片 Pn、Gs 差异均达到显著水平($P<0.05$)，其它处理间差异不显著。当营养液 Mn^{2+} 浓度超过 2.715 mg/L 时，实生苗叶片 Pn 显著降低，Gs 受到轻微抑制。结合叶片中叶绿素(a+b)含量的变化，Pn 与叶绿素含量的变化趋势相同，正相关系数为 0.911，达到显著水平($P<0.05$)，说明 Mn^{2+} 主要是通过提高叶绿素含量增强了叶片的光合作用。

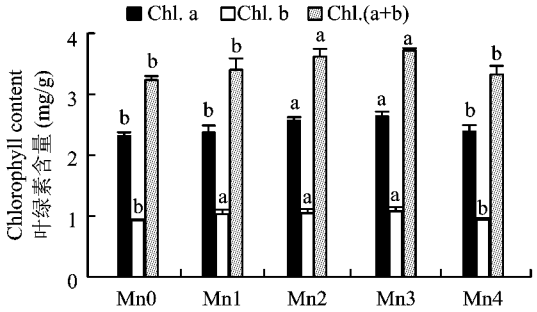

图1 Mn^{2+}浓度对板栗实生苗叶绿素含量的影响

Fig. 1 Effects of different Mn^{2+} concentrations on chlorophyll content of chestnut seedlings

[注(Note)：柱上不同小写字母表示不同处理间差异达5%显著水平 Different small letters above the bars mean significant at the 5% level.]

由表1还可以看出，在 Mn^{2+} 浓度为 0～3.620 mg/L 处理下，实生苗胞间 CO_2 浓度(Ci)呈逐渐增加的趋势。根据 Mn^{2+} 对实生苗叶片净光合速率(Pn)和气孔导度(Gs)的影响，随着营养液中 Mn^{2+} 浓度的增加，实生苗叶片净光合速率的增大降低了胞间 CO_2 浓度；气孔导度的提高增加了胞间 CO_2 的供应，因此 Mn^{2+} 对胞间 CO_2 的影响是间接的。由

表1 Mn^{2+}浓度对板栗实生苗光合特性的影响

Table 1 Effects of different Mn^{2+} concentrations on photosynthetic characteristics of chestnut seedlings

处理 Treatment	净光合速率 Pn [μmol/(m²·s)]	气孔导度 Gs [mol/(m²·s)]	胞间 CO_2 浓度 Ci (μmol/moL)	蒸腾速率 Tr [mmol/(m²·s)]
Mn0	4.803 b	0.0482 b	207.782 a	1.289 b
Mn1	6.082 ab	0.0757 ab	234.365 a	1.950 ab
Mn2	7.153 a	0.0940 a	247.779 a	2.263 a
Mn3	7.412 a	0.1050 a	254.548 a	2.531 a
Mn4	6.418 ab	0.0965 a	263.047 a	2.443 a

注(Note)：同列数据后不同小写字母表示处理间差异达5%显著水平 Values followed by different letters in a column are significant among treatments at the 5% level.

于 Mn4 处理板栗实生苗的叶片净光合速率受到明显抑制,而气孔导度受到的抑制程度较小,最终的结果表现为 Mn4 的叶片胞间 CO_2 浓度达到最大值。方差分析显示,不同处理间板栗实生苗叶片胞间 CO_2 浓度差异不显著($P>0.05$)。

在短期培养模拟试验条件下,板栗实生苗正常生长所需求的水分条件得到满足,因此蒸腾作用主要受气孔导度大小的限制。相关分析发现,蒸腾速率与气孔导度之间的皮尔逊相关系数为 0.994,二者之间存在极显著正相关关系。由表 1 还可看出,Mn3、Mn2、Mn4 与 Mn0 处理间苗木蒸腾速率差异显著($P<0.05$),表明 Mn^{2+} 通过提高叶片的气孔导度间接增强了板栗实生苗叶片的蒸腾作用。

综合不同浓度 Mn^{2+} 对板栗实生苗净光合速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度和蒸腾速率的影响,适宜的 Mn^{2+} 浓度显著增强了板栗实生苗的光合作用,在本试验中 Mn3、Mn2 处理均有利于板栗实生苗光合作用的提高,且两个处理间差异不显著。

2.3　Mn^{2+} 浓度对板栗实生苗生长指标的影响

表 2 显示,当 Mn^{2+} 浓度为 1.810 mg/L(Mn2)、2.715 mg/L(Mn3)时,Mn^{2+} 增加了板栗实生苗根系的鲜重和干重,Mn3 处理根系的鲜重、干重均达到最大值,但 Mn^{2+} 浓度过高会增强过氧化酶活性,导致植株体内 H_2O_2 和多酚类物质积累,使植物受到毒害[17]。试验发现,当营养液中 Mn^{2+} 浓度为 3.620 mg/L(Mn4)时,根系的鲜重和干重明显下降,表现出根尖变为褐色的异常症状,初步诊断为锰中毒症状[18]。由表 2 还可以看出,不同处理间苗木苗高、根颈直径的变化幅度不同,苗高的变动幅度较大,由于锰影响细胞的分裂和伸长,缺锰时细胞的分裂和伸长都受到抑制,但缺锰对细胞伸长的抑制程度比对细胞分裂大[19]。随 Mn^{2+} 浓度的增加,苗木生长指标各均值变化趋势相同,在 Mn^{2+} 浓度 0～2.715 mg/L 范围内,实生苗的苗高、根颈直径、茎根比、生物量逐渐增加,Mn3 处理的生长指标各项均值除茎根比外均达到最大值,但 Mn3 与 Mn2 处理间差异不显著; 当 Mn^{2+} 浓度超过 2.715 mg/L 时,高锰胁迫使实生苗根系受到毒害,Mn4 处理的苗木茎根比达到最大值,但其他生长指标均呈下降趋势。综合分析可以看出,板栗实生苗生长状况在 Mn2、Mn3 处理下表现较好,但当 Mn^{2+} 浓度超过 2.715 mg/L 时,苗木出现明显中毒症状,Mn3 处理的苗木也可能受到轻微锰毒害。因此从经济、有效、安全的角度出发,在苗木培育时,对于 Mn^{2+} 浓度为 2.715 mg/L 的营养液应当慎用。

表 2　Mn^{2+} 浓度对板栗实生苗生长指标的影响

Table 2　Effects of different Mn^{2+} concentrations on growth indices of chestnut seedlings

处理 Treatment	苗高 Height (cm)	根颈直径 Root diameter (mm)	根鲜重 Root fresh wt. (g/plant)	根干重 Root dry wt. (g/plant)	茎根比 Shoot/root ratio	单株鲜重(g) Single plant fresh wt.	单株干重(g) Single plant dry wt.
Mn0	25.7 b	2.68 b	1.680 c	0.521 c	1.362 c	3.943 d	1.325 d
Mn1	37.6 a	2.96 b	2.418 ab	0.716 b	1.332 c	5.605 c	1.804 c
Mn2	41.6 a	3.17 ab	2.577 a	0.888 a	1.774 b	7.148 ab	2.626 a
Mn3	46.4 a	3.50 a	2.803 a	0.927 a	1.888 ab	7.993 a	2.792 a
Mn4	39.0 a	3.07 ab	1.979 bc	0.650 bc	2.182 a	6.279 bc	2.226 b

注(Note): 同列数据后不同字母表示处理间差异达 5% 显著水平 Values followed by different letters in a column are significant among treatments at the 5% level; 茎根比为地上部分与地下部分鲜重之比 Shoot/root ratio is fresh weight ratio of shoot and root.

2.4　Mn^{2+} 浓度对板栗实生苗叶片矿质元素含量的影响

由表 3 可以看出,在 Mn^{2+} 浓度 0～3.620 mg/L 范围内,叶片中各矿质元素含量呈现不同的变化趋势。随 Mn^{2+} 浓度的增加,Mn 含量显著升高,以 Mn4 处理含量最高为 176.416 mg/kg,属于奢侈吸收; 但 Ca、Fe、Cu 含量呈下降趋势,当 Mn^{2+} 浓度大于 2.715 mg/L 时,叶片 Fe 含量仅为 359.534 mg/kg,且苗木生长过程中出现轻微黄化现象,其净光合速率也显著降低(表 1)。不同浓度 Mn^{2+} 处理下,叶片中 P 含量随 Mn^{2+} 浓度增加呈先增加后降低趋势,K 含量变化又不同于以上几种矿质元素,低 Mn^{2+} 和高 Mn^{2+} 处理均能增加叶片 K 含量,但当 Mn^{2+} 浓度为 1.810、2.715 mg/L 时,钾含量降低。在 0～2.715

表3 不同处理下板栗实生苗叶片矿质元素含量

Table 3 Mineral element contents in leaves of chestnut seedlings under different Mn^{2+} concentrations

处理 Treatment	P	K	Ca	Mn	Cu	Fe	B
	(%)			(mg/kg)			
Mn0	0.45 b	2.36 ab	1.62 a	141.96 c	19.23 a	466.88 a	74.88 c
Mn1	0.51 a	2.45 a	1.55 a	156.65 b	18.59 ab	449.30 ab	82.44 b
Mn2	0.40 d	1.77 c	1.41 b	162.85 b	16.61 bc	411.47 ab	90.54 a
Mn3	0.43 c	1.84 c	1.38 b	166.46 ab	16.55 bc	412.59 ab	93.44 a
Mn4	0.37 e	2.22 b	1.33 b	176.41 a	15.34 c	359.53 b	83.52 b

注(Note):同列数据后不同字母表示处理间差异达5%显著水平 Values followed by different letters in a column are significant among treatments at the 5% level.

mg/L范围内,B、Mn含量表现出同步增加的趋势,但超过2.715 mg/L,B含量下降。虽然表3中各矿质元素含量呈现不同的变化趋势,但试验发现,当Mn^{2+}浓度为1.810、2.715 mg/L时,各矿质元素含量变化幅度最小,说明在Mn2、Mn3处理下苗木生长状况较稳定。

相关分析结果表明,不同处理板栗实生苗叶片中Mn含量与Ca、Fe、Cu含量的皮尔逊相关系数分别为 -0.964 ($P<0.01$)、-0.951 ($P<0.05$)、-0.953 ($P<0.05$),均达到极显著或显著负相关;与B含量的相关系数为0.637,与P和K含量的相关系数为-0.633和-0.421,但均未达到显著水平($P>0.05$)。表明随Mn^{2+}浓度的增加,虽然苗木对Mn的吸收增加,但对Ca、Fe、Cu的吸收受到明显抑制,只有适宜的Mn^{2+}浓度才能保证苗木对矿质元素的均衡吸收。

3 讨论

Mn^{2+}有维持叶绿体膜正常结构的功能,是叶绿体的结构成份[20],参加植物光合作用中电子传递系统的氧化还原过程,在光系统Ⅱ中参与水的光解,与植物的光合作用有密切关系。试验证明,适宜浓度的Mn^{2+}能提高苗木叶绿素含量,增强光合作用,促进苗木生长,这与易干军等[9]对南方板栗幼苗的研究结果相同,但影响程度不同,这可能与品种的地区差异有关。但高锰产生的毒害作用会降低叶片叶绿素含量,使叶片发生褐色斑点,导致气孔导度和光合速率下降[21]。尽管板栗是高锰植物,但锰肥施用不当产生的毒害作用同样是板栗生产栽培上需要注意的问题。

气孔是植物叶片与外界进行气体交换的重要通道,气孔导度大小直接影响着植物的光合作用、蒸腾作用和呼吸作用。Mn^{2+}能显著提高叶片的气孔导度,这一点在本试验中得到了证明,魏孝荣等[22]人的研究也得出相同的结论。我国板栗主要栽培在山区,水分供应能力差。若板栗树体缺锰,气孔导度减小,将会显著降低叶片的光合速率,因此增施锰肥尤其是干旱地区能减小水分胁迫对光合作用的抑制,对提高板栗的抗旱能力和产量有重要作用。另一方面,锰元素能促进植株根系的发育,缺锰时侧根的形成完全停止,导致苗木根系不发达,影响生长[9],试验结果表明,适宜浓度的锰肥能促进板栗实生苗根系的生长,有利于提高根系的吸收能力[23],为培育壮苗提供了保证。

锰元素与其它矿质元素之间存在复杂的协同和拮抗作用。试验发现,叶片锰含量随营养液Mn^{2+}浓度的增大而升高,这与王天建等[12]、常硕其等[24]的研究结果一致。Mn^{2+}浓度在0～2.715 mg/L范围内,叶片中硼含量呈逐渐增加的趋势,表明锰、硼适量配施有相互促进的作用[25];在0～0.905 mg/L范围内,锰肥能增加实生苗对磷的吸收,但随Mn^{2+}浓度的提高,幼苗对磷的吸收量降低,说明在一定范围内,锰、磷表现出协同效应,这与胡华锋等[26]的研究结果相同。高浓度和低浓度锰肥均能促进实生苗对钾的吸收,但在Mn2、Mn3处理下实生苗对钾的吸收量降低,前人对莴笋的研究也得出了相似的结论[27]。试验还发现,随营养液Mn^{2+}浓度的增加,叶片中锰含量显著上升,但钙、铁、铜等矿质元素的吸收受到明显的抑制,说明锰元素与钙、铁、铜元素之间存在明显的拮抗作用。Nautiyal和Chatterjee[28]发现在铜肥供应正常锰肥缺乏的条件下,进一步加剧了锰缺乏的症状,希尔反应减弱,导

致植物生物量下降。含锰量较高的组织,其阳离子交换量低于正常值,导致钙向生长点的移动受到限制,影响钙的吸收,但田霄鸿[27]对莴笋的研究得到的结果相反。锰元素与铁元素功能代谢相互联系,植物对锰的大量吸收抑制了对铁的吸收和运转[29],二者保持适宜的含量比例才能使植物正常生长[30],但也有研究发现铁锰配施能增加植物铁的吸收,而且对铜的吸收有一定的促进作用[31]。因此在板栗优良苗木的培育过程中,确定肥料的配比还需要进一步的研究。

综合分析锰对板栗实生苗各项生长和生理指标的影响,本试验发现,苗高、根颈直径、茎根比及光合若干指标只表现为有锰和无锰的差异,施锰处理间的差异不显著,而且缺锰处理苗木生长异常的现象不明显,初步推测最大的可能性是锰污染。试验过程中所用水源均为去离子水,基质(珍珠岩)使用前也用去离子水反复清洗,试剂化学纯度均为 GR 级,因此作者认为空气锰污染以及营养液被污染是导致试验结果不理想的主要原因。虽然锰污染对各处理是基本相同的,但植物对微量元素的需求量本来就很少,因此锰污染对试验各指标将产生不同程度的干扰,建议试验过程中保证室内空气质量或选择在空气质量较好的地区进行。

4　结论

在本试验中,当营养液 Mn^{2+} 浓度为 2.715 mg/L时,苗木叶绿素含量、净光合速率、苗高、根颈直径、根重和生物量等均达到最大值,Mn^{2+} 浓度 1.810 mg/L 时各指标均值略小,但两处理间差异不显著; 而且当 Mn^{2+} 浓度为 1.810、2.715 mg/L 时,叶片中矿质元素含量变化幅度较小,幼苗生长较稳定。因此,在板栗实生苗的培育过程中,应注意锰肥的配施,Mn^{2+} 浓度在 1.810 ~ 2.715 mg/L 范围内均适宜,但过量则不利于苗木生长和矿质元素的均衡吸收。本试验初步解决了北方板栗实际育苗过程中所用营养液 Mn^{2+} 浓度这个重要问题,避免了培养过程中营养液 Mn^{2+} 浓度的盲目配制,既能促进幼苗的生长,又能有效减少药品用量,节省生产支出。

参 考 文 献:

[1] 唐小付, 龙明华, 梁勇生, 等. 锰对厚皮甜瓜生长发育和产量品质的影响[J]. 中国蔬菜, 2005, (8): 7-9.
Tang X F, Long M H, Liang Y S *et al*. The effect of manganese on growth, development, yield and quality of melon [J]. China Veget., 2005, (8): 7-9.

[2] 杨卫韵, 刘鹏, 徐根娣, 龚春风. 锰对大豆光合特性的影响[J]. 种子, 2005, 24(12): 80-81.
Yang W Y, Liu P, Xu G D, Gong C F. Effect of manganese on photosynthetic characteristics of soybean [J]. Seed, 2005, 24(12): 80-81.

[3] 侯典云, 赵盼盼, 马占强. 锰处理对小麦种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(7): 38-40.
Hou D Y, Zhao P P, Ma Z Q. The effect of manganese on seed germination and seedling growth of *Triticum aestivum* [J]. J. Henan Agric. Sci., 2011, 40(7): 38-40.

[4] Shenker M, Plessner O E, Tel-Or E. Manganese nutrition effects on tomato growth, chlorophyll concentration, and superoxide dismutase activity[J]. J. Plant Physiol., 2004, 161: 197-202.

[5] Subrahmanyam D, Rathore V S. Influence of manganese toxicity on photosynthesis in ricebean (*Vigna umbellata*) seedlings[J]. Photosynthetica, 2001, 38: 449-453.

[6] Heenan D P, Campbell L C. Influence of potassium and manganese on growth and uptake of magnesium by soybeans [*Glycine max* (L.) Merr. cv. Bragg][J]. Plant Soil, 1981, 61: 447-456.

[7] 穆华, 郑维民, 刘如恒. 板栗黄化与铁. 锰营养关系的研究[J]. 华北农学报(增刊), 1989, (S1): 207-213.
Mu H, Zheng W M, Liu R H. A study on the relationship between yellowing of Chinese chestnut and nutrition of Fe and Mn [J]. Acta Agric. Bor.-Sin., 1989, (S1): 207-213.

[8] 孟祥远. 板栗苗木叶片氮磷钾含量与生长量动态变化关系的研究[J]. 河南农业大学学报, 1996, 30(3): 241-243.
Meng X Y. Studies on the dynamic changing relationship between the contents of nitrogen, phosphorus and potassium and the growth of chestnut seedling leaves [J]. J. Henan Agric. Univ., 1996, 30(3): 241-243.

[9] 易干军, 夏仁学, 马梦亭, 万志成. 施用硼锰对板栗幼苗生长和几个生理指标的影响[J]. 华中农业大学学报, 1993, 12(6): 597-602.
Yi G J, Xia R X, Ma M T, Wan Z C. A study on boron and manganese nutrition and their effect on Chinese chestnut [J]. J. Huazhong Agric. Univ., 1993, 12(6): 597-602.

[10] 毛达如. 植物营养研究方法[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1994. 5-20.
Mao D R. Research methods of plant nutrition [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 1994. 5-20.

[11] 梁文斌, 薛生国, 沈吉红, 王萍. 锰胁迫对垂序商陆光合特性及叶绿素荧光参数的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(3): 619-625.
Liang W B, Xue S G, Shen J H, Wang P. Effect of manganese stress on photosynthesis and chlorophyll Ⅱ fluorescence parameters of *Phytolacca Americana* [J]. Acta Ecol. Sin., 2010, 30(3): 619-625.

[12] 王天建, 黄慧, 陈成君, 等. 锰对棉苗生长和养分吸收的影响[J]. 河南农业科学, 2007, (12): 46-48.
Wang T J, Huang H, Chen C J *et al*. Effect of manganese on

growth and nutrition absorption of cotton seedlings[J]. J. Henan Agric. Sci., 2007, (12): 46-48.

[13] 沈国舫. 森林培育学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001. 177-180.
Shen G F. Silviculture[M]. Beijing: China Forestry Press, 2001. 177-180.

[14] 刘清华. 核桃种子萌发及苗期生长特性的研究[D]. 山东: 山东师范大学硕士学位论文, 2011.
Liu Q H. Research on characteristics of walnut in germination and growth [D]. Shandong: MS thesis, Shandong Normal University, 2011.

[15] 张福锁. 测土配方施肥技术要览[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2006. 82-83.
Zhang F S. Soil testing and fertilizer technology[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2006. 82-83.

[16] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000. 268-280.
Bao S D. Soil agriculture chemistry analysis (3nd Ed.)[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2000. 268-280.

[17] Mukhopadhyay M J, Sharma A. Manganese in cell metabolism of higher plants[J]. Botan. Rev., 1991, 57: 117-149.

[18] 施益华, 刘鹏. 锰在植物体内生理功能研究进展[J]. 江西林业科技, 2003, (2): 26-28.
Shi Y H, Liu P. Review of advance in physiological function of manganese in plants [J]. J. Jiangxi For. Sci. Tech., 2003, (2): 26-28.

[19] 郑鹤龄. 微量元素营养诊断[M]. 天津: 天津科技翻译出版公司, 2010. 12-13.
Zheng H L. Nutrition diagnosis of trace elements [M]. Tianjin: Tianjin Science & Technology Translation Publishing Corporation, 2010. 12-13.

[20] 刘成明, 秦煊南. 铁锰元素对温州蜜桔光合生理影响及营养诊断研究[J]. 西南农业大学学报, 1996, 18(1): 29-33, 36.
Liu C M, Qin X N. Effect of Mn and Fe on photosynthetic physiology of citrus seedling and their nutrition diagnosis[J]. J. Southwest Agric. Univ., 1996, 18(1): 29-33, 36.

[21] Gonzalez A, Lynch J P. Effects of manganese toxicity on leaf CO_2 assimilation of contrasting common bean genotypes [J]. Physiol. Plant, 1997, 101(4): 872-880.

[22] 魏孝荣, 郝明德, 邱莉萍. 土壤干旱条件下锰肥对夏玉米光合特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(3): 255-258.
Wei X R, Hao M D, Qiu L P. Effect of manganese fertilizer on maize photosynthetic performance under soil drought condition [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2004, 10(3): 255-258.

[23] 刘建凤, 崔彦宏, 王荣焕. 锰对玉米种子萌发及幼苗生理活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(2): 279-281.
Liu J F, Cui Y H, Wang R H. Effects of manganese on maize seed germination and physiological activities of seedlings [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2005, 11(2): 279-281.

[24] 常硕其, 彭克勤, 张亚莲, 等. 加锰处理对茶树锰含量及生理变化的影响研究[J]. 茶叶科学, 2008, 28(5): 331-338.
Chang S Q, Peng K Q, Zhang Y L *et al*. Effect of Mn addition treatment on accumulation of Mn and physiological active substance in tea plants[J]. J. Tea Sci., 2008, 28(5): 331-338.

[25] 徐根娣, 蔡妙珍, 刘鹏. 硼、锰营养对大豆光合特性的影响[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2004, 27(1): 62-65.
Xu G D, Cai M Z, liu P. Effect of boron and manganese on photosynthetic characteristic of soybean[J]. J. Zhejiang Normal Univ. (Nat. Sci.), 2004, 27(1): 62-65.

[26] 胡华锋, 介晓磊, 刘世亮, 等. 锰、硼对紫花苜蓿草产量和矿质元素含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(6): 1165-1169.
Hu H F, Jie X L, Liu S L *et al*. Effect of Mn and B on herbage yield and mineral element content of alfalfa [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2008, 14(6): 1165-1169.

[27] 田霄鸿, 王朝辉, 李秀生. 氮钾锰硼的供应水平对莴笋植株累积矿质元素的影响[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(2): 53-58.
Tian X H, Wang Z H, Li X S. Effect of the supply level of nitrogen and potassium etc on mineral elements accumulation in lettuce seedlings [J]. Agric. Res. Arid Areas, 17(2): 53-58.

[28] Nautiyal N, Chatterjee C. Copper-manganese interaction in cauliflower [J]. J. Plant Nutr., 2002, 25: 1701-1707.

[29] Vorm P D J, Diest A. Aspects of the Fe and Mn nutrition of rice plants[J]. Plant Soil, 1979, 52: 19-29.

[30] Alvarez-Tinaut M C, Leal A, Martínez L R. Iron-manganese interaction and its relation to boron levels in tomato plants[J]. Plant Soil, 1980, 55(3): 377-388.

[31] Ghasemi Fasaei R, Ronaghi A, Maftoun M *et al*. Iron-manganese interaction in chickpea as affected by foliar and soil application of iron in a calcareous soil[J]. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 2005, 36: 1717-1725.