

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2013.02.004

程昕昕, 刘正. Mn^{2+} 对甜玉米种子萌发生理效应的研究[J]. 广西植物, 2013, 33(2): 159–163

Cheng XX, Liu Z. Physiological effects of manganese on the germination of sweet corn[J]. *Guihaia* 2013, 33(2): 159–163

Mn^{2+} 对甜玉米种子萌发生理效应的研究

程昕昕, 刘正

(安徽科技学院, 安徽 凤阳 233100)

摘要: 以甜玉米绿色超人和华甜 01 种子为试验材料, 探讨 Mn^{2+} 对种子萌发生理的影响。结果表明: 经 Mn^{2+} 处理后的两个品种甜玉米种子萌发生理指标存在明显的差异; Mn^{2+} 处理后, 两品种的种子发芽率没有显著变化; 绿色超人种子的发芽势和活力指数显著升高, 但以 1.00 mmol/L Mn^{2+} 处理的效果最佳; 随处理浓度的升高, 绿色超人和华甜 01 萌发种子脱氢酶的活性均呈上升的趋势; 在适量的 Mn^{2+} 作用下, 两品种的 POD、CAT 活性均显著升高, 萌发种子的 MDA 含量显著下降, 1.00 mmol/L 的 Mn^{2+} 处理对降低绿色超人种子 MDA 含量效果最佳; 而处理后甜玉米种子的可溶性糖含量与对照差异均不显著, 但不同甜玉米品种间具有较大的差异, 这进一步说明锰的作用具有明显的基因型差异。

关键词: 甜玉米; 生理效应; 锰

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2013)02-0159-05

Physiological effects of manganese on the germination of sweet corn

CHENG Xin-Xin, LIU Zheng

(Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China)

Abstract: Physiological effects of manganese on the germination of sweet corn were explored in this paper. The results showed that the differences of physiological indicators were significant on two genotypes of sweet corn after Mn^{2+} soaking. The rate of seed germination of sweet corn did not change significantly. Germination potential and vigor index of Lvsechaoren increased significantly. The effect of treatment with the concentration of 1.00 g/L was the best. The dehydrogenase activity of Lvsechaoren and Huatian 01 increased with increasing concentration. The POD activity and CAT activity were on the rise and the MDA content of seed germination decreased under the proper concentration of Mn^{2+} . In addition, the soluble sugar contents which were treated after Mn^{2+} soaking were not significant than that of untreated, but the difference between two varieties was large. So the role of Mn^{2+} soaking was significant in different genotype of sweet corn.

Key words: sweet corn; physiological effect; manganese

甜玉米 (*Zea mays* var. *saccharata*) 是玉米的一个变种, 一种胚乳突变型, 它携带了与碳水化合物有关的隐性突变基因, 可以影响玉米籽粒碳水化合物的代谢, 增加糖分含量, 因此也称为水果玉米、蔬菜玉米 (程昕昕等, 2011)。由于甜玉米种子皱缩干秕、皮薄易碎、含糖量又高, 再加之种子干燥速度慢,

因此, 甜玉米种子品质差、带菌多、保存期短、活性降低快, 出苗率低。而锰是作物必需的微量元素, 是许多重要酶的激活物, 参与硝酸根的还原及蛋白质的合成与水解过程。前人对于锰在大豆种子萌发上的作用研究进行了广泛的报道, 发现锰浸种对大豆种子萌发起着不同程度的调节作用, 利用一定浓度的

* 收稿日期: 2012-08-01 修回日期: 2012-10-23

基金项目: 国家自然科学基金(31101598); 安徽省教育厅自然科学基金(KJ2013B079); 安徽科技学院省级科研平台开放课题

作者简介: 程昕昕(1978-), 女, 山西浮山县人, 硕士, 副教授, 主要从事玉米种子科学与技术 (E-mail) chengxin0901@163.com。

锰浸种可以活化种子体内的酶系统,促进种子贮藏物质的分解,加速种子萌发的进程(刘鹏等,2002;周化斌等,2003)。刘建凤等(2005)发现锰处理促进了玉米种子的萌发,提高了种子的发芽势、发芽率、幼苗的呼吸速率及根系活力。但锰在甜玉米上的研究报道较少。本研究以不同基因型甜玉米种子为试验材料,探讨 Mn^{2+} 对甜玉米种子萌发生理效应的影响,为锰素在甜玉米生产上的应用提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 种子处理与萌芽试验

供试甜玉米品种绿色超人和华甜 01,试剂为硫酸锰($MnSO_4 \cdot H_2O$),分析纯。种子经 0.1% 的 $HgCl_2$ 消毒 15 min,蒸馏水冲洗后,选取大小均匀的种子分别用 0.25、0.50、1.00、2.00 g/L 的硫酸锰和蒸馏水在 25 °C 下浸种 12 h。

按国家标准农作物种子检验规程 GB/T3543.1-3543.7-1995 技术规定,采用砂床 25 °C 发芽,重复 3 次,每重复 50 粒种子。发芽期间每天记录发芽数,到第 4 天计算发芽势,到第 7 天计算发芽率。7 d 后,将每盒幼苗取出,用水冲洗干净,烘干,称干重。计算发芽指数、活力指数。

发芽指数: $GI = \sum Gt/Dt$

式中 Dt 为发芽日数; Gt 为在 t 日的发芽数。

活力指数: $Vi = GI \times S$

式中 GI 为发芽指数; S 为幼苗干重(g)。

1.2 生理生化指标测定

1.2.1 抗氧化酶活性测定 将不同浓度锰处理过的甜玉米种子置于经高压灭菌、垫有三层湿滤纸的培养皿中,放入 25 °C 恒温箱中萌发 24 h。此时大部分种子胚根已突破种皮,每品种先取萌发的玉米种子 50 粒,称重,加 0.05 mol/L pH7.8 预冷的磷酸缓冲液 50 mL,匀浆,再取适于 4 °C 12 000 r/min 离心 20 min。上清液为酶提取液。超氧化物酶(SOD)活性测定参照邹琦(2000)的方法,过氧化物酶(POD)活性测定参考 cakmak 方法(Hannan,1976),过氧化氢酶(CAT)活性测定参考邹琦(2000)的方法加以改进。

1.2.2 丙二醛(MDA)含量测定 参照邹琦(2000)的方法。取不同浓度锰处理过的甜玉米种子各 2 g,先加入 10% 三氯乙酸(TCA) 2 mL 和少量石英砂,研

磨;再加入 8 mL TCA 充分研磨,匀浆液以 4 000 r/min 离心 10 min,上清液即为样品提取液。吸取 2 mL 提取液,加入 2 mL 0.6% 的硫代巴比妥酸,于沸水浴反应 15 min,迅速冷却后,取上清液测定 532、600、450 nm 波长下的吸光度,根据植物组织重量计算样品中 MDA 的含量。

1.2.3 脱氢酶活性测定 每品种取 50 粒种子,3 次重复,将种子在 30 °C 恒温箱内浸泡 12 h,参照胡晋(1986) TTC 改进法,对脱氢酶活性进行定量测定。将种子萌发 1 d,剥下胚,每样品 10 个完整胚,加入新鲜 0.1% TTC 溶液 10 mL 摇匀,盖上塞子,置 35 °C 温箱(黑暗)中染色 3 h,终止反应后冲洗 3 次(蒸馏水),取出滤干后移入试管中,加入 10 mL 95% 酒精于 35 °C 温箱中浸提 24 h,测定 490nm OD 值。

1.2.4 可溶性糖含量的测定 可溶性糖含量的测定采用蒽酮法(白宝璋等,2001)。

表 1 Mn^{2+} 胁迫对甜玉米种子萌发的影响

Table 1 Effects of Mn^{2+} on seed germination of sweet corn

材料 Materials	硫酸锰浓度 $MnSO_4$ concentration (mmol/L)	发芽势 Germination potential (%)	发芽率 Germination rate (%)	发芽指数 Germination index	活力 指数 Vigor index
绿色超人	0	50.00 b	88.00 a	38.96 a	1.79 b
Lvse-	0.01	53.00 ab	89.00 a	39.94 a	2.09 ab
chaoren	0.05	54.00 ab	88.00 a	39.68 a	2.03ab
	1.00	58.00 a	88.50 a	40.55 a	2.39a
	2.00	52.50 ab	90.00 a	39.67 a	2.02 ab
华甜 01	0	54.00 b	50.50 a	21.25 c	0.83bc
Huatian01	0.01	55.50 b	50.50 a	22.09 bc	0.92 b
	0.05	56.50 ab	52.50 a	23.49b	1.08a
	1.00	57.00a	52.50 a	24.30 ab	1.13 a
	2.00	45.00 c	53.00 a	29.62 a	0.78 c

注:不同字母者表示处理间差异显著($P \leq 0.05$ LSD)。

Note: Different letters were significantly different at $P \leq 0.05$ (LSD).

2 结果与分析

2.1 Mn^{2+} 处理对甜玉米种子活力的影响

表 1 结果表明,0.01 ~ 1.00 mmol/L Mn^{2+} 浓度范围内,绿色超人种子的发芽势和活力指数表现出升高的趋势,其中 1.00 mmol/L 的 Mn^{2+} 处理后,绿色超人种子的发芽势和活力指数显著高于对照,各浓度处理的发芽率和发芽指数与对照差异均不显著;0.01 ~ 1.00 mmol/L Mn^{2+} 浓度范围内,华甜 01 种子的发芽势、发芽指数和活力指数均呈上升趋势,其中 0.050 mmol/L 和 1.00 mmol/L Mn^{2+} 处理的华

甜 01 种子发芽指数和活力指数均显著高于对照。

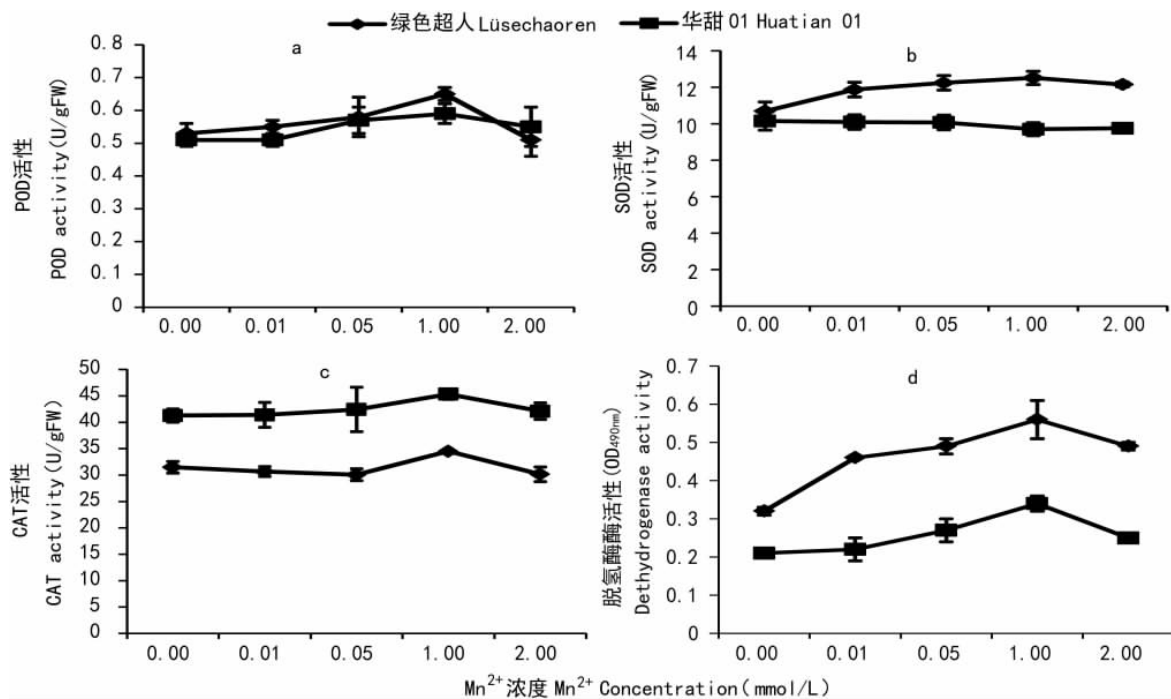


图 1 不同 Mn^{2+} 浓度对甜玉米种子萌发酶活性的影响

Fig. 1 Effects of Mn^{2+} in the activity of oxidase on sweet corn seed

2.2 Mn^{2+} 处理对甜玉米种子抗氧化酶活性的影响

种子防御体系的抗氧化能力的强弱与种子健康存在着密切联系, 有氧代谢过程中产生活性氧、导致脂质过氧化是种子劣变的重要原因。种子体内的抗氧化酶系统是种子自身抵抗活性氧、清除自由基有害物质的保护酶系统。由图 1 可以看出, 不同浓度的 Mn^{2+} 处理后, 随着 Mn^{2+} 离子浓度的增加, 甜玉米种子的 POD 活性(图 1: a)、CAT 活性(图 1: c)都呈现先升高再降低的现象, 绿色超人种子的 POD 活性均显著高于对照, 1.00 mmol/L Mn^{2+} 处理的绿色超人种子 POD、CAT 活性也高于对照; 1.00 mmol/L Mn^{2+} 处理华甜 01 的 POD 活性及 CAT 活性都显著高于对照; Mn^{2+} 处理后, 绿色超人种子的 SOD 活性高于华甜 01 种子的 SOD 活性, 华甜 01 种子的 SOD 活性与对照差异不显著, 这说明 Mn^{2+} 能够提高 POD、CAT 的活性, 但于 SOD 活性的影响存在基因型上的差异。

2.3 Mn^{2+} 处理对甜玉米种子脱氢酶活性的影响

脱氢酶是种子有氧代谢过程中的关键酶, 它能准确快速地反应种子胚细胞的还原能力, 脱氢酶活性与种子活力密切相关。由图 1: d 可以看出, 随着锰离子浓度的增加, 甜玉米萌发种子脱氢酶活性呈

现先升高再降低, 在 0.01 ~ 1.00 mmol/L 的硫酸锰浓度范围内, 随处理浓度的升高, 绿色超人和华甜 01 萌发种子脱氢酶的活性均呈上升的趋势, 大于 1.00 mmol/L Mn^{2+} 处理对两品种的脱氢酶活性的促进作用开始下降。不同浓度处理后的绿色超人种子脱氢酶活性均显著高于对照; 1.00 mmol/L 和 2.00 mmol/L Mn^{2+} 处理的华甜 01 种子脱氢酶活性与对照差异也达显著水平。以上结果表明, Mn^{2+} 作用下, 脱氢酶的活性升高, 种子萌发过程中的呼吸代谢加强。

2.4 Mn^{2+} 处理对甜玉米种子丙二醛和可溶性糖含量的影响

MDA 常作为膜脂过氧化损伤的标志, MDA 含量的多少可以反映膜发生过氧化程度, MDA 含量高, 表示膜发生过氧化程度严重。 Mn^{2+} 处理后, 两品种 MDA 含量明显下降, 与对照差异均达显著水平(图 2: a)。由图 2: b 可以看出, 0.05 mmol/L 和 1.00 mmol/L 的 Mn^{2+} 处理后, 绿色超人和华甜 01 对不同浓度的 Mn^{2+} 处理反应不敏感, 处理后的可溶性糖含量与对照差异均不显著。

3 结论与讨论

锰在作物体内含量很少,但却是作物生长不可

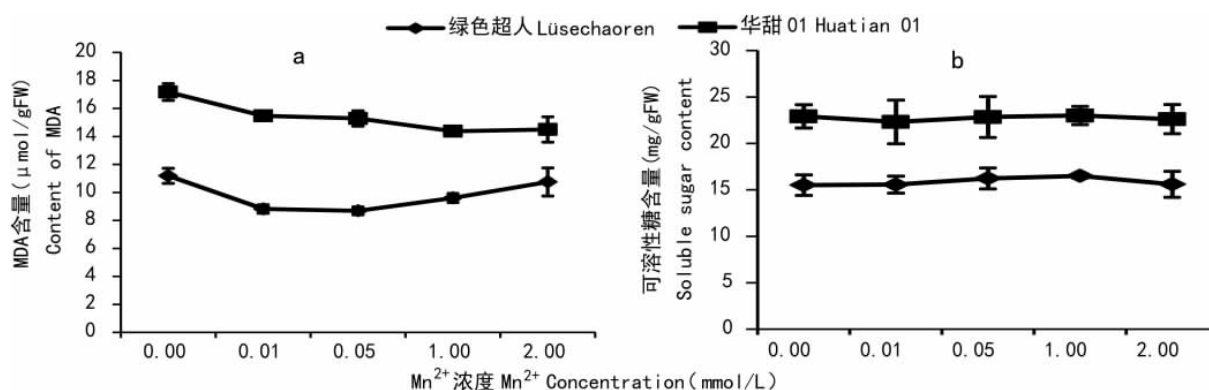


图2 不同 Mn^{2+} 浓度对甜玉米种子 MDA 和可溶性糖含量的影响

Fig.2 Effects of Mn^{2+} on the content of MDA and soluble sugar in sweet corn seed

缺少的无机营养元素。锰对种子萌发起着不同程度的调节作用。俞慧娜等(2005)研究不同质量浓度锰处理对大豆生理特性的影响,随锰质量浓度的不断增加,游离脯氨酸和丙二醛含量表现为先减少后增大的趋势,过氧化物酶活性先增大后减小,而可溶性糖含量及可溶性蛋白质含量表现为先增大后减少再增大。适宜质量浓度的锰处理对小麦种子萌发及幼苗生长具有促进作用,其中0.02 mg/L 锰浸种后小麦种子各项指标俱佳,是最适宜的质量浓度(侯典云等 2011)。刘建凤等(2005)研究发现锰处理提高了萌发种子呼吸速率和幼苗根系活力。本研究结果表明,不同基因型甜玉米种子经 Mn^{2+} 处理后发芽率、发芽指数、活力指数存在明显差异,这可能是由于适量 Mn^{2+} 能促进甜玉米种子萌发,但不同甜玉米种子 Mn^{2+} 的敏感性不同。锰处理后甜玉米种子发芽率没有显著变化,但1.00 mmol/L Mn^{2+} 处理后,绿色超人品种的发芽势和活力指数升高显著,0.05 mmol/L 和 1.00 mmol/L 锰作用下,华甜 01 种子发芽指数和活力指数也显著升高,以1.00 mmol/L Mn^{2+} 处理的效果最佳,2.00 mmol/L 的 Mn^{2+} 处理对华甜 01 种子的萌发开始产生抑制作用。

适量的锰处理可提高大豆幼苗的抗氧化酶活性,降低 MDA 含量,增加可溶性蛋白含量,但不同基因型对锰的敏感程度不同(Renger, 1997; Hasegawa, 1998; Yachandra, 1996; 徐根娣, 2003; 周化斌, 2002; 徐根娣等, 2006)。植物体内都有含锰的超氧

化物歧化酶(Mn -SOD)。但本试验中,不同浓度 Mn^{2+} 处理后,绿色超人种子的 SOD 均显著升高,而华甜 01 种子的 SOD 变化不明显,适量的 Mn^{2+} 作用下,两品种 POD、CAT 活性均有显著升高,萌发种子的 MDA 含量显著下降,1.00 mmol/L 的 Mn^{2+} 处理对降低绿色超人种子 MDA 含量效果最佳。

锰对植物的呼吸作用具有重要作用,在三羧酸循环中, Mn^{2+} 可以活化许多脱氢酶(柠檬酸脱氢酶、草酰琥珀酸脱氢酶、苹果酸脱氢酶、草酰乙酸氢酶等)。 Mn^{2+} 作用下,随处理浓度的升高,绿色超人和华甜 01 萌发种子脱氢酶的活性均呈上升再下降的趋势,大于1.00 mmol/L Mn^{2+} 处理对两品种的脱氢酶活性的促进作用开始降低。 Mn^{2+} 处理后,绿色超人和华甜 01 对不同浓度的 Mn^{2+} 处理反应不敏感,处理后的可溶性糖含量与对照差异均不显著,但不同甜玉米品种间具有较大的差异,这进一步说明锰的作用具有明显的基因型差异。

参考文献:

- 白宝璋, 靳占忠, 李存东. 2001. 植物生理学实验教程下[M]. 北京: 中国农业出版社: 61-62
- 邹琦. 2000. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社
- Cheng XX(程昕昕), Liu Z(刘正). 2011. Effects of storage factors on the super sweet corn seed vigor and oxidation index(贮藏因素对甜玉米种子活力及抗氧化指标的影响)[J]. *Acta Laser Biol Sin(激光生物学报)* 20(6): 771-776
- Hannan GE, Mattlek LR. 1976. Association of lipid oxidation with

- seed aging and death [J]. *Nature* **260**: 323 – 324
- Hasegawa K ,Kusunoki M. 1998. Inoue Y. Simulation of S2-state multiline EPR signal in oriented Photosystem II membranes: Structural implications for the manganese cluster is anoxygen-evolving complex [J]. *Biochemistry* **37**(26) : 9 457 – 9 465
- Hou DY(侯典云) Zhao PP(赵盼盼) Ma ZQ(马占强) . 2011. The effect of manganese on seed germination and seedling growth of triticum aestivum 锰处理对小麦种子萌发和幼苗生长的影响 [J]. *J Henan Agric Sci*(河南农业科学) **40**(7) : 38 – 40
- Hu J(胡晋) . 1986. The improvement of seed vigor by using TTC (TTC 定量法测定玉米种子活力的改良) [J]. *Seed*(种子) , (5-6) : 71 – 72
- Liu JF(刘建凤) ,Cui YH(崔彦宏) ,Wang RH(王荣焕) . 2005. Effects of manganese on maize seed germination and physiological activities of seedlings(锰对玉米种子萌发及幼苗生理活性的影响) [J]. *Plant Nutr Fertil Sci*(植物营养与肥料学报) , **11** (2) : 279 – 281
- Liu P(刘鹏) ,Xu GD(徐根娣) ,Ni JY(倪建英) *et al.* 2002. The effects of soaking of manganese on germination and physiological characteristics of soybean seedling(锰浸种对大豆种子萌发和幼苗生理特性的影响) [J]. *Chin J Oil Crop Sci*(中国油料作物学报) **24**(4) : 24 – 29
- Renger G. 1997. Mechanistic and structural aspects of photosynthetic water oxidation [J]. *Physiol Plant* **100**: 828 – 841
- Xu GD(徐根娣) ,Liu P(刘鹏) ,Xu XJ(许献军) *et al.* 2003. Effects of soaking of manganese on membrane lipid peroxidation and endogenous protective systems of soybean seedling(锰浸种对大豆幼苗膜脂过氧化和体内保护系统的影响) [J]. *J Zhejiang Norm Univ: Nat Sci Edit*(浙江师范大学学报·自然科学版) **26**(3) : 278 – 282
- Xu GD(徐根娣) ,Sun HH(孙和和) ,Liu P(刘鹏) *et al.* The effects of manganese on isozymes of soybean(大豆过氧化物酶和酯酶同工酶对锰胁迫的反应) [J]. *J Zhejiang Norm Univ: Nat Sci Edit* (浙江师范大学学报·自然科学版) **29**(2) : 195 – 200
- Yachandra VK ,Saue K ,Klein MP. 1996. Manganese cluster in photosynthesis: where plants oxidize water to dioxygen [J]. *Chem Rev* **96**(7) : 2 927 – 2 950
- Yu HN(俞慧娜) ,Xu GD(徐根娣) ,Yang WY(杨卫韵) *et al.* 2005. Effects of manganese on physiological characteristics of soybean(锰处理对大豆生理特性的影响) [J]. *J Henan Agric Sci*(河南农业科学) **4**(7) : 35 – 38
- Zhou HB(周化斌) . 2002. Developments of peroxidase isozymes during seed germination of soybean 大豆种子萌发中过氧化物酶同工酶的动态研究 [J]. *Seed*(种子) **1**: 12 – 19
- Zhou HB(周化斌) ,Jiang D(姜丹) ,Jin WT(金卫挺) *et al.* 2003. The effect of manganese on seed germination of soybean (锰对大豆种子萌发的影响) [J]. *Seed*(种子) **4**(4) : 22 – 23

(上接第 241 页 Continue from page 241)

- [J]. *J Guizhou Univ*(贵州大学学报) **21**(3) : 215 – 218
- Liu JQ(刘建泉) . 2004. Spatial pattern of *Picea crassifolia* population in Qilianshan nature conservation(祁连山保护区青海云杉种群分布格局的研究) [J]. *J Northwest For Univ*(西北林学院学报) **19**(2) : 152 – 155
- Liu JQ(刘建泉) ,Sun JZ(孙建忠) ,Yang KE(杨开恩) *et al.* 2012. Structure and dynamics of *Picea crassifolia* population in Dongdahe forest area of Qilian Mountains Nature Reserve(东大河林区青海云杉种群结构与动态) [J]. *J Northwest For Univ* (西北林学院学报) **27**(2) : 18 – 21
- Liu PX(刘普幸) ,Zhang J(张杰) . 2012. Dynamics of *Populus euphratica* population in Guazhou Oasis Northwest China (瓜州绿洲胡杨种群结构与动态研究) [J]. *J Desert Res* (中国沙漠) , **32**(2) : 407 – 412
- Rebertus AJ ,Veblen TT. 1993. Structure and tree-fall gap dynamics of old-growth *Nothofagus* forests in Tierra del Fuego ,Argentina [J]. *J Veget Sci* **4**: 641 – 654
- Zhang LJ(张立杰) ,Liu H(刘鹤) . 2012. Response of *Picea crassifolia* population to climate change at the treeline ecotones in Qilian Mountains(祁连山林线区域青海云杉种群对气候变化的响应) [J]. *Sci Silv Sin*(林业科学) **48**(1) : 18 – 21
- Zhang XW(张兴旺) ,Zhang XP(张小平) ,Hao CY(郝朝运) *et al.* 2011. Population structure and spatial distribution pattern of *Pteroceltis tatarinowii* in Langyashan Mountain of Anhui Province (安徽琅琊山青檀种群结构与空间分布格局研究) [J]. *Guizhou*(广西植物) **31**(6) : 782 – 788