

钼营养对甘草生理和生长特性的影响*

王 丹¹ 万春阳¹ 王文全^{1,2} 方玉强¹ 陈惠杰¹ 刘 影¹

(1 北京中医药大学中药学院 北京 100102; 2 中药材规范化生产教育部工程研究中心 北京 100102)

摘要 目的:探讨不同浓度的钼营养水平对甘草生长和生理特性的影响。**方法:**以一年生的甘草移栽苗为试验材料,采用盆栽蛭石的试验方法,共设置 4 个钼浓度水平,分别为 0 mg·L⁻¹, 0.52 mg·L⁻¹, 5.2 mg·L⁻¹ 和 10.4 mg·L⁻¹,其中 0.52 mg·L⁻¹ 即正常 Hoagland 营养液中钼的浓度。每周向盆内浇灌营养液,以达到处理的目的。采用 LI-6400 光合仪测定其光合生理指标以及植物生理学常规方法进行甘草叶片色素和抗氧化酶活性的测定。采用电子天平分别测定不同处理下的甘草地上、根的鲜重和干重等。**结果:**结果表明,甘草的各项生理和生长指标随着钼处理浓度的增加而增加,显著增加了甘草植株的叶绿素 a,总叶绿素,类胡萝卜素和净光合速率(Pn)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)等光合指标以及显著提高超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性,统计分析结果表明,各处理间差异显著(P < 0.05)。同样,钼营养显著增加了甘草株高、芦头直径、生物量等生长指标。其中,10.4 mg·L⁻¹ 钼处理时的甘草根鲜重和干重最大,与 0 mg·L⁻¹ 处理相比,分别显著增加了 55.35%和 38.08%。**结论:**钼不足会抑制甘草的各项生理功能,进而影响甘草的生长,而 5.2 mg·L⁻¹ 和 10.4 mg·L⁻¹ 的钼营养浓度可以促进一年生甘草各项生理和生长指标的增加,进而促进甘草干物质的积累,提高甘草药材的产量。

关键词:钼;甘草;光合特性;抗氧化酶活性;生长

中图分类号:S567.71, R931.2, Q945.12 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2011)04-632-05

Effect of Different Concentrations of Mo on Characteristic of Physiology and Growth of Glycyrrhiza uralensis Fisch*

WANG Dan¹, WAN Chun-yang¹, WANG Wen-quan^{1,2,Δ}, FANG Yu-qiang¹, CHEN Hui-jie¹, LIU Ying¹

(1 School of Chinese Pharmacy, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100102, China;

2 Engineering Research Center of Good Agricultural Practice for Chinese Crude Drugs, Ministry of Education, Beijing 100102, China)

ABSTRACT Objective: To investigate the effects of different concentrations of molybdenum (Mo) on the characteristic of physiology and growth of Glycyrrhiza uralensis Fisch. **Method:** The transplants of one-year-old G. uralensis were subjected to four concentrations of Mo (0, 0.52, 5.2 and 10.4 mg·L⁻¹ Mo) culturing in vermiculite and 0.52 mg·L⁻¹ Mo was used as the normal concentration in the complete Hoagland nutrition solution. The solution was irrigated to the pots every week. The photosynthetic physiological indicators were measured by LI-6400 photosynthetic instrument. The pigments and antioxidase activities of the leaves were determined by general method in plant physiology. The fresh and dry weights of shoots and roots of the plants were measured by electronic balance. **Result:** Several physiological and growth indicators increased with the increasing of Mo concentrations. The application of Mo significantly increased chlorophyll a, total chlorophyll, carotenoid, and the photosynthetic indicators of Pn, Ci. And the superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), catalase (CAT) increased significantly with the increasing of Mo. Meanwhile, Mo significantly increased the growth indicators of height, root diameter and biomass and so on. The fresh and dry weights of the roots under 10.4 mg·L⁻¹ Mo treatment reached the highest compared with 0 mg·L⁻¹ Mo treatment, they increased by 55.35% and 38.08%. **Conclusions:** The deficiency of Mo could inhibit the physiological function and so affected the growth of the plants. In this study, the concentration of 5.2 mg·L⁻¹ and 10.4 mg·L⁻¹ could promote the increase of physiological and growth indicators and enhance the accumulation of dry materials to increase the output of the Chinese medicine material.

Key words: Molybdenum (Mo); Glycyrrhiza uralensis; Physiological characteristic; Antioxidase activities; Growth

Chinese Library Classification(CLC): S567.71, R931.2, Q945.12 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2011)04-632-05

前言

甘草(Glycyrrhiza uralensis Fisch.)是豆科甘草属多年生植

物,广泛应用于医药、食品、烟草、化妆品等领域,国内年需求量位列诸药之首,用于医药领域的年消耗量约为 1500~2000 吨^[1-2]。

近年来,由于野生甘草资源的严重破坏,栽培甘草成为代替野

* 基金项目:国家自然科学基金面上项目(30572328);北京中医药大学在读研究生自主选题项目

作者简介:王丹(1982-),女,博士研究生,主要研究方向:主要从事药用植物资源与培育及其质量调控,

电话:010-84738334, E-mail: wang_dan1414@163.com

△通讯作者:王文全, E-mail: wwq57@126.com

(收稿日期:2010-12-08 接受日期:2010-12-31)

生甘草的必然。而施肥是提高药材的产量的有效途径^[3]。钼对植物生长必需的微量元素,叶面喷施一定浓度的钼可以促进甘草生长、提高甘草产量以及甘草酸的含量^[4]。但是对于光合生理指标以及抗氧化酶活性的影响研究较少。因此,本试验研究不同浓度的钼营养在影响甘草生长的同时,对甘草植株的光合生理以及抗氧化酶活性的影响,从而为寻找适合甘草生长的钼浓度的确定提供了更科学的依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

以一年生甘草移栽苗为试验材料,该苗来自内蒙古赤峰,经北京中医药大学王文全教授鉴定为甘草 (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch)。

1.2 试验处理

试验在北京中医药大学校内进行,2010年5月将甘草苗移栽于花盆中,盆高35cm、盆口直径35cm,盆底直径25cm,基质为蛭石和沙土(V:V=6:1),移栽苗生长状况尽量保持一致,每盆18株,然后将花盆埋入土中。每周向基质中浇灌Hoagland营养液以提供植物所需的养分。营养液的组成为136 mg·L⁻¹ KH₂PO₄,510 mg·L⁻¹ KNO₃,820 mg·L⁻¹Ca(NO₃)₂·4H₂O,49 mg·L⁻¹MgSO₄·7H₂O,2.86 mg·L⁻¹ H₃BO₃,0.08mg·L⁻¹ Cu·SO₄·5H₂O,0.22 mg·L⁻¹ ZnSO₄·7H₂O,0.52 mg·L⁻¹ Na₂MOO₄·2H₂O,1.81 mg·L⁻¹ MnSO₄·H₂O,2.5 mg·L⁻¹Fe-EDTA提供铁元素。用稀NaOH和稀HCl调pH值到7.0。试验初期向盆中浇灌上述的完全营养液,待植株生长正常时,进行不同浓度的钼处理试验,分别设置0 mg·L⁻¹,0.52 mg·L⁻¹,5.2 mg·L⁻¹和10.4 mg·L⁻¹ 4个钼浓度,其中0.52 mg·L⁻¹为Hoagland全营养液中钼浓度。按照完全随机区组试验,每个处理重复4次。处理105天后取样。

1.3 生长指标测定

将不同处理甘草植株从花盆中取出,用钢卷尺测量植株的株高,游标卡尺测定芦头直径和地径,然后用水冲洗干净,吸水纸吸干,分别测定地上和根鲜重,于55℃烘至恒重,测定地上和根干重。

1.4 生理生化指标测定

采用LI-6400 便携式光合仪,分别在不同取样时期测定甘草叶片的净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、胞间CO₂浓度(Ci)等光合指标;叶绿素含量测定采用丙酮浸提比色法;过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法;过氧化氢酶(CAT)活性测定采用高锰酸钾法超氧化物歧;超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用NBT法^[5]。

1.5 数据分析

应用EXCELL进行数据录入及图表的绘制,采用SPSS 16.0软件进行统计与One-way ANOVA方差分析,并用Duncan检验法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同浓度的钼对甘草叶片色素含量的影响

随着钼浓度的增加,甘草叶片中色素含量逐渐增加,在钼10.4 mg·L⁻¹达到最大。0 mg·L⁻¹处理的甘草叶绿素a、总叶绿素和类胡萝卜素含量均为最低,显著低于5.2 mg·L⁻¹和10.4 mg·L⁻¹,但是与0.52 mg·L⁻¹处理差异不显著。其中5.2 mg·L⁻¹和10.4 mg·L⁻¹对类胡萝卜素含量的增幅影响较明显,与0 mg·L⁻¹相比,分别增加了31.58%和39.47%。统计分析结果表明,各种钼处理浓度叶绿素a、总叶绿素以及类胡萝卜素含量差异显著(p<0.05)。对叶绿素b影响各处理间差异不显著(表1)。这说明钼对甘草叶片中叶绿素a、总叶绿素以及类胡萝卜素含量的增加有促进作用,而对叶绿素b的增加影响不明显。

表 1 不同浓度钼处理对甘草叶片色素含量的影响

Table 1 The effect of different concentrations of Mo on the contents of pigments of *G. uralensis*

Concentrations of Mo (mg·L ⁻¹)	Content of chlorophyll a (mg/g)	Content of chlorophyll b (mg/g)	Content of total chlorophyll (mg/g)	Content of carotenoids (mg/g)
0	1.94± 0.19 ^b	0.69± 0.10 ^a	2.63± 0.19 ^b	0.38± 0.02 ^b
0.52	2.14± 0.16 ^{ab}	0.74± 0.08 ^a	2.87± 0.24 ^{ab}	0.45± 0.07 ^{ab}
5.2	2.26± 0.24 ^a	0.79± 0.08 ^a	3.05± 0.21 ^a	0.50± 0.08 ^a
10.4	2.42± 0.19 ^a	0.79± 0.09 ^a	3.13± 0.17 ^a	0.53± 0.03 ^a

注:表中同列数据后不同小写字母表示差异显著(P<0.05)
Note: Means followed by the different letter in the same row are significantly different at P<0.05

2.2 不同浓度的钼对甘草光合特性的影响

光合作用是一切生命活动的物质基础,也是人类活动能量的主要来源。植物干物质的生产和产量的形成从根本上依赖于植物进行光合作用的能力。净光合速率(Pn)可以反映物种光合能力的大小。由表2可以看出,10.4 mg·L⁻¹处理下的Pn最高,为19.68 μmolCO₂·m⁻²·s⁻¹,显著高于0.52 mg·L⁻¹和0 mg·L⁻¹处理,分别是其的1.17倍和1.44倍。研究结果表明,各处理间Pn差异显著(p<0.05)。气孔导度(Gs)则是指植物气孔传导CO₂和

水汽的能力,是反映气孔行为最为重要的生理指标,凡是影响植物光合作用和叶片水分状况的各种因素都有可能对气孔导度造成影响^[6]。而蒸腾速率(Tr)是反应植物蒸腾作用的指标。由表2的结果表明,各处理间Gs和Tr差异均不显著。胞间CO₂浓度(Ci)反映外界的CO₂进入叶细胞的浓度。由表2显示,0 mg·L⁻¹处理的Ci最低,显著低于其他处理,分别降低了16.41%、28.19%和29.14%,统计分析结果表明,各处理间Ci差异显著(p<0.05)。

表 2 不同浓度钼处理对甘草光合指标的影响

Table 2 The effect of different concentrations of Mo on the photosynthesis indicators of G. uralensis

Concentrations of Mo (mg·L ⁻¹)	Pn (μ molCO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	Gs (molH ₂ Om ⁻² s ⁻¹)	Ci (μ molCO ₂ mol ⁻¹)	Tr (mmol H ₂ Om ⁻² s ⁻¹)
0	13.63± 1.69c	0.48± 0.05a	107± 8.98c	9.60± 1.32a
0.52	16.89± 0.88b	0.48± 0.06a	128± 5.29b	10.13± 1.69a
5.2	19.09± 1.46ab	0.54± 0.05a	149± 16.10a	10.64± 0.92a
10.4	19.68± 1.97a	0.51± 0.07a	151± 18.72a	10.29± 1.21a

注:表中同列数据后不同小写字母表示差异显著(P < 0.05)
Note: Means followed by the different letter in the same row are significantly different at P < 0.05

2.3 不同浓度的钼对甘草中抗氧化酶活性的影响

植物体内存在着能清除活性氧自由基的保护酶系如SOD、POD、CAT等,它们的协调作用能有效的清除OH·、H₂O₂等自由基,防御膜质过氧化,从而使细胞膜免受其害^[7,8]。SOD可以清除O²·,并能将其转化为活性较弱的H₂O₂,而CAT和POD清除H₂O₂,将其还原为H₂O。由表3可以看出,随着钼处理浓度的增加,SOD、POD和CAT三种抗氧化酶活性随之增加。0 mg·L⁻¹处理的三种抗氧化酶的活性均最低,显著低于5.2 mg·

L⁻¹和10.4 mg·L⁻¹处理。统计分析结果表明,不同钼处理间差异显著(p<0.05)。5.2 mg·L⁻¹和10.4 mg·L⁻¹处理下的CAT活性最高,分别为72.13 U·g⁻¹FW·min⁻¹和77.92 U·g⁻¹FW·min⁻¹,显著高于0 mg·L⁻¹处理(32.49 U·g⁻¹FW·min⁻¹),分别增加了1.22倍和1.40倍。SOD和POD的结果与此类似。说明缺钼造成了甘草体内抗氧化酶活性降低,而施加一定浓度的钼可以促进甘草体内抗氧化酶活性的增强,维持较高水平,避免活性氧的大量积累,进而减轻活性氧引起的膜伤害。

表 3 不同浓度钼处理对甘草抗氧化酶活性的影响

Table 3 The effect of different concentrations of Mo on the activities of antioxidantase of G. uralensis

Concentrations of Mo (mg·L ⁻¹)	SOD activities (U·g ⁻¹ FW·h ⁻¹)	POD activities (U·g ⁻¹ min ⁻¹)	CAT activities (U·g ⁻¹ FW·min ⁻¹)
0	40.67± 4.52 ^c	10.69± 1.44 ^c	32.49± 3.30 ^c
0.52	55.86± 6.58 ^b	12.50± 1.39 ^c	60.27± 4.19 ^b
5.2	70.86± 6.17 ^a	15.19± 0.58 ^a	72.13± 7.35 ^a
10.4	64.06± 8.19 ^{ab}	15.04± 0.62 ^a	77.92± 7.93 ^a

注:表中同列数据后不同小写字母表示差异显著(P < 0.05)
Note: Means followed by the different letter in the same row are significantly different at P < 0.05

2.4 不同浓度的钼对甘草生长指标的影响

如表4所示,随着钼处理浓度的增加甘草的生长指标株高、地径和芦头直径逐渐增加。钼处理浓度为10.4 mg·L⁻¹时的株高最高,为80.65 cm,次之为5.2 mg·L⁻¹和0.52 mg·L⁻¹分别为77.08 cm和70.32 cm,0 mg·L⁻¹处理下的株高最低为65.12 cm,显著低于5.2 mg·L⁻¹和10.4 mg·L⁻¹,分别降低了15.52%和

23.85%。不同浓度的钼对甘草芦头直径的影响与对株高的影响趋势一致。对于地径的影响,0 mg·L⁻¹处理的地径最低为3.02 mm,显著低于最高处理10.4 mg·L⁻¹处理14.21%。统计分析的结果表明,不同钼处理间差异显著(p<0.05)。这说明,施加一定浓度的钼可以促进甘草植株地上株高和地径的增加,以及地下根的芦头直径的增加,促进甘草生长。

表 4 不同浓度钼处理对甘草植株生长指标的影响

Table 4 The effect of different concentrations of Mo on the growth indicators of G. uralensis

Concentrations of Mo (mg·L ⁻¹)	Height (cm)	Ground diameter (mm)	Root diameter (mm)
0	65.12± 4.68 ^c	3.02± 0.14 ^b	65.12± 4.68 ^c
0.52	70.32± 5.87 ^{bc}	3.31± 0.19 ^{ab}	70.32± 5.87 ^{bc}
5.2	77.08± 5.77 ^{ab}	3.29± 0.27 ^{ab}	77.08± 5.76 ^{ab}
10.4	80.65± 4.62 ^a	3.52± 0.18 ^a	80.65± 4.62 ^a

注:表中同列数据后不同小写字母表示差异显著(P < 0.05)
Note: Means followed by the different letter in the same row are significantly different at P < 0.05

2.5 不同浓度的钼对甘草生物量的影响

由表 5 可以看出,不同浓度的钼对甘草根鲜重和干重影响的趋势一致。随着钼处理浓度的增加,甘草根鲜重和干重逐渐增加,到 10.4 mg·L⁻¹ 时达到最大,分别为 13.50 mg 和 5.33 mg,与 0 mg·L⁻¹ 处理相比,显著增加了 55.35%和 38.08%。而 5.2 mg·L⁻¹ 和 10.4 mg·L⁻¹ 的地上鲜重均较高,显著高于 0 mg·L⁻¹

处理,分别增加了 27.42%和 32.65%。而 0 mg·L⁻¹ 处理的地上干重显著低于其他处理。统计分析结果表明,各处理间甘草的根、地上部的鲜和干重影响差异均显著(p<0.05)。上述结果表明,缺钼降低甘草植株地上和根的鲜重,而随着处理时间的增加,5.2 mg·L⁻¹ 和 10.4 mg·L⁻¹ 均可以促进二者的积累。

表 5 不同浓度钼处理对甘草植株生物量的影响
Table 5 The effect of different concentrations of Mo on the biomass of different parts of G. uralensis

Concentrations of Mo (mg·L ⁻¹)	Fresh weight of root (mg)	Dry weight of root (mg)	Fresh weight of shoot (mg)	Dry weight of shoot (mg)
0	8.69± 0.99c	3.86± 0.30c	10.32± 1.33b	4.43± 0.40b
0.52	9.90± 1.07bc	4.59± 0.46bc	12.24± 1.43ab	5.41± 0.61a
5.2	11.37± 1.38ab	5.27± 0.70ab	13.15± 1.50a	5.43± 0.51a
10.4	13.50± 1.92a	5.33± 0.31a	13.71± 1.3a	5.73± 0.29a

注:表中同列数据后不同小写字母表示差异显著(P<0.05)
Note: Means followed by the different letter in the same row are significantly different at P<0.05

3 讨论

钼是植物生长发育必需的微量元素,钼在高等植物中的主要生理功能为钼酶的重要组成,这些钼酶在植物很多代谢过程如 C-,N-,S- 循环中起着重要的作用。含钼酶很少同时具有结构和催化功能,大多数钼直接参与氧化还原反应^[11]。众多研究证明,施加钼可以促进植物生长、产量的增加,同时也可以促进如增加抗坏血酸、可溶性糖和叶绿素和类胡萝卜素含量的提高以及降低硝酸盐的浓度^[12,13]。本研究发现,缺钼(0 mg·L⁻¹ Mo)可以导致甘草叶片中叶绿素以及类胡萝卜素含量的降低,进而导致植物光合作用的能力下降,体现在 Pn 和 Ci 数值的下降。而植物干物质的积累从根本上是依赖光合作用,因此,光合作用的能力直接影响植物各部位生物量。在缺钼处理下,甘草的地上和根的鲜干、重低于其他施钼处理,其中显著低于 5.2 mg·L⁻¹ 和 10.4 mg·L⁻¹ 处理。这说明缺钼会导致植物生长受到抑制,而施加一定浓度的钼可以促进甘草的光合作用,进而促进甘草的生长,增加植物的生物量提高药材产量。类似的结果在胡承孝和 Nirmala N 等的试验中已有证实^[11,14]。

然而,不同的植物对钼的耐受能力不同,超过植物的耐受能力会影响植物生物膜的稳定性,因此,在以上试验的基础上,对甘草植物体内的保护酶活性进行了研究。结果发现,缺钼显著降低了 SOD、POD 和 CAT 的活性,而施加钼可以提高其活性,清除细胞中产生的活性氧,减少细胞的膜脂过氧化。这一结果在与刘鹏^[15,16]在大豆和七子花的试验结果一致。因此,本研究为甘草的施肥进而提高甘草药材产量提供了理论依据和试验基础。

参考文献(References)

[1] 魏胜利,王文全,王海. 我国中西部地区甘草资源及其可持续利用的研究[J]. 中国中药杂志, 2003, 28(3): 202-206
Wei Sheng-li, Wang Wen-quan, Wang Hai. Study on licorice resources and their sustainable utilization in center and western area of China [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2003, 28(3):

202-206 (in Chinese)
[2] 王继永,刘春生,王文全. 中国东北地区甘草资源考察报告[J]. 中国中药杂志, 2003, 28(4): 308-311
Wang Ji-yong, Liu Chun-sheng, Wang Wen-quan. The Investigation of the Licorice Resources in Northeast China [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2003, 28(4): 308-311 (in Chinese)
[3] 张燕. 益母草生物碱调控的营养条件及其作用机理研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2007: 6-6
Zhang Yan. The Study of the nutrition conditions and it's mechanism on the control of alkaloids in Leonurus japonicus Houtt.[D]. Beijing: Beijing University of Chinses Medicine, 2007: 6-6 (in Chinese)
[4] 刘长利.甘草酸在甘草植物体内积累的调控机制[D]. 北京: 北京中医药大学, 2005: 45-46
Liu Chang-li. Regulatory mechanism of glycyrrhizic acid accumulation in Glycyrrhiza uralensis[D]. Beijing: Beijing University of Chinses Medicine, 2005: 45-46 (in Chinese)
[5] 唐晓敏. 水分和盐分处理对甘草药材质量的影响[D]. 北京: 北京中医药大学, 2008: 41-41
Tang Xiao-min. The effect of water and sault on the quality of Glycyrrhiza uralensis [D]. Beijing: Beijing University of Chinses Medicine, 2008: 41-41 (in Chinese)
[6] 姜兆兴,张燕. 微量元素对益母草光合作用和水苏碱含量影响的研究[J]. 中国农学通报, 2008, 24(8): 262-265
Jiang Zhao-xing, Zhang Yan. Effects of various trace element on the photosynthesis and stachydrine contents of Leonurus japonicus Houtt [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008, 24 (8): 262-265 (in Chinese)
[7] 张美萍, 陕永杰, 江玉珍, 等. 稀土微肥对盐胁迫下黄豆幼苗抗氧化酶的影响[J]. 稀土, 2009, 30(3): 53-56
Zhang Mei-ping, Shan Yong-jie, Jiang Yu-zhen. Effects of rare earth elements on the seedling of soybean antioxidant enzymes under salt stress[J]. Chinese Rare Earths, 2009, 30(3): 53-56 (in Chinese)
[8] 古今, 常有礼, 周平, 等. 云南报春花 SOD、POD 酶量月际性变化与

- UV-B 辐射关系的研究[J]. 西北植物学报, 2006, 26(4): 766-771
- Gu Jin, Chang You-li, Zhou Ping, et al. Monthly changes of SOD and POD activities in primula and their relations [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2006, 26(4): 766-771 (in Chinese)
- [9] Hon GL, Cheng XH, Xue CS, et al. Interactive effects of molybdenum and phosphorus fertilizers on photosynthetic characteristics of seedlings and grain yield of Brassica napus [J]. Plant Soil, 2010, 326: 345-353
- [10] Marieta H, Maria G, Ira S, et al. Nitrogen Assimilatory Enzymes and Amino Acid Content in Inoculated Foliar Fertilized Pea Plants Grown at Reduced Molybdenum Concentration[J]. Journal of Plant Nutrition, 2007, 30: 1409-1419
- [11] Nirmala N, Chitralekha C. Molybdenum Stress-Induced Changes in Growth and Yield of Chickpea[J]. Journal of Plant Nutrition, 2004, 27 (1): 173-181
- [12] Nie ZJ, Hu CX, Sun XC, et al. Effects of molybdenum on ascorbate-glutathione cycle metabolism in Chinese cabbage (Brassica campestris L. ssp. pekinensis) [J]. Plant Soil, 2007, 295:13-21
- [13] Ivan B, Balasubramaniam M, Hyeong CP, et al. Variation in Molybdenum Content Across Broadly Distributed Populations of Arabidopsis thaliana Is Controlled by a Mitochondrial Molybdenum Transporter (MOT1) [J]. PLoS Genetics, 2008, 4(2): 1-12
- [14] 胡承孝, 王运华, 谭启玲, 等. 钼、氮肥配合施用对冬小麦子粒蛋白质及其氨基酸组成的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(2): 224-228
- Hu Cheng-xian, Wang Yun-hua, Tan Qi-ling, et al. Effect of molybdenum and nitrogen fertilizers on free amino acid, protein and its amino acid composition of winter wheat grains[J]. Plant nutrition and fertilizer science, 2002, 8(2): 224-228 (in Chinese)
- [15] 刘鹏, 杨玉爱. 钼、硼对大豆叶片膜脂过氧化及体内保护系统的影响[J]. 植物学报, 2000, 42(5): 461-466
- Liu Peng, Yang Yu-ai. Effects of molybdenum and boron on membrane lipid peroxidation and endogenous protective systems of soybean leaves[J]. Acta Botanica Sinica, 2000, 42(5): 461-466 (in Chinese)
- [16] 刘鹏, 徐根娣, 杨蔚蔚. 不同钼水平对七子花生理特性的影响[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(2): 92-94
- Liu Peng, Xu Gen-di, Yang Wei-wei. Effects of molybdenum on physiological characteristics of Heptacodium miconioides[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2002, 24(2): 92-94 (in Chinese)

封面说明

共同的画卷

封面设计说明

自 1997 年第一只克隆羊多利的诞生拉开了人造生命的序幕,2010 年,可谓是人造生命科学发展的一个新的里程碑。本刊 2011 年封面设计的灵感来自于人造生命技术的蓬勃发展:① 封面背景以第三代测序技术即基于纳米孔的单分子实时 DNA 测序技术的研制成功为契机(图中,偏下),这为人造生命及人类健康提供了强有力的技术支撑。② 封面图案以 2010 年诺贝尔生理与医学奖的体外受精技术(即试管婴儿),最强壮晶胚的筛选技术,人工卵巢及人类卵细胞的培育技术为主体(图上,右,中,左),这些不仅为不孕不育患者带来了福音,同时为社会的稳定与和谐贡献了力量。③ 封面图案同时也融合了人造生命的最新研究成果即首个能自我生长,繁殖的人造生命细胞 Synthia 的问世(六边形图,右),由干细胞培育出的肺脏(六边形图,左)等最新研究成果。④ 封面图案同时也展示了人造生命发展的伦理学争议与潜在的危机,关于艾滋病的研究取得了很多成就,但我们还没有攻克艾滋病,特别是 Superbug 耐药性超级细菌的出现,让无数人感到前所未有的恐慌(六边形,中)。⑤ 生命科学的一切研究成果,只不过是生物医学历史的长河中一朵浪花,因此图片采用波浪形设计,如河流奔涌向前,如画卷色彩缤纷,如电影胶片所有的成就与辉煌一闪而过,未来会更加让人期待。新技术新理论的发明与发展,需要有准备的大脑,也需要灵光突闪的思想火花。对于与人类密切相关的生物医学领域,我们如图中的小孩一样,睁大纯真的眼睛,好奇的观察、了解;我们也需要运用一系列的技术手段,面对未知的一个个“黑箱”问题,需要细心大胆的研究、推断;同时我们需要时刻警觉生命科学技术发展应用这把双刃剑潜伏的危机,应当科学探索并利用自然规律来更好的为人类服务。

我们坚信,《现代生物医学进展》正是为生物医学领域的科研工作者提供了这样一个可以充分挥洒展示的画卷的平台,不断记录着生物医学领域最新最成功的成果。这是我们共同的画卷,让我们与你们共同分享灵感与喜悦,成功与辉煌!