

丛枝菌根真菌(AMF)对红阳猕猴桃叶片富硒能力及光合特性的影响

刘丽丽,刘仁道*,黄仁华

(1.西南科技大学生命科学与工程学院,四川绵阳 621010;

2.西南科技大学核废物与环境安全国防重点学科实验室,四川绵阳 621000)

摘要:通过盆栽实验研究了地表球囊霉(*Glomus versiforme*),地球囊霉(*Glomus geosporum*),摩西球囊霉(*Glomus mosseae*),幼套球囊霉(*Glomus etunicatum*)和透光球囊霉(*Glomus diaphanum*)等5种AMF对土壤施亚硒酸钠(100mg/L)情况下红阳猕猴桃叶片对硒吸收能力、多糖含量以及光合特性的影响,并进行相关性分析。结果表明,*G. mosseae*,*G. versiforme*和*G. etunicatum*显著提高了红阳猕猴桃叶片总硒的含量($p<0.05$),其中*G. mosseae*处理效果最好,相当于对照的1.22倍,而*G. geosporum*和*G. diaphanum*显著提高了红阳猕猴桃叶片有机硒的含量,其中*G. geosporum*处理效果最好,是对照的1.15倍;另一方面,5种AMF处理均显著提高了叶片多糖含量和光合指标,以*G. versiforme*1处理效果较好。

关键词:丛枝菌根真菌,红阳猕猴桃,硒含量,光合特性

Effect of arbuscular mycorrhizal fungi(AMF) on accumulation capability for Se and photosynthesis characteristics of *Actinidia chinensis* 'hongyang' leaves

LIU Li-li, LIU Ren-dao*, HUANG Ren-hua

(1.College of Life Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China;

2. State Defense Key Laboratory of the Nuclear Waste and Environmental Security, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621000, China)

Abstract: A pot experiment was conducted to investigate the effects of five different arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus versiforme*, *Glomus geosporum*, *G. Mosseae*, *Glomus etunicatum* and *Glomus diaphanum*) on the accumulation capability for Se, the content of polysaccharide and photosynthesis characteristics on the condition of soil applied with Na_2SeO_3 (100mg/L). Correlation analysis was carried on. The results showed that *G. mosseae*, *G. Versiforme* and *Glomus etunicatum* inoculation treatments significantly increased the content of total Se in 'hongyang' kiwifruits leaves ($p<0.05$). Among the above treatments, the best efficiency were showed in *G. Mosseae* which was equivalent to 1.22 times of the control group. Yet *G. Geosporum* and *G. Diaphanum* significantly improved the content of organic Se in 'hongyang' kiwifruits leaves, and with 1.15 times of the control group, the efficiency of *G. Geosporum* inoculation treatment was the best. On the other hand, all five different arbuscular mycorrhizal fungus inoculation treatments significantly improved the content of polysaccharide and photosynthesis characteristics, among them, *G. versiforme*1 inoculation treatment had the best effect.

Key words: arbuscular mycorrhizal fungi; *Actinidia chinensis* 'hongyang'; Se content; photosynthesis characteristics

中图分类号:TS201.1

文献标识码:B

文章编号:1002-0306(2014)10-0234-05

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2014.10.044

硒是重要的生命微量元素之一,与人畜的健康息息相关,缺硒会严重威胁人类健康和畜牧业发展。人畜硒摄入水平取决于食物的硒含量,而植物是自

然界无机硒转化为有机硒的关键载体,又是人畜获得硒营养的最主要的直接硒源,近年来,各种富硒果蔬的研究也越来越多^[1-2]。

丛枝菌根真菌(*Arbuscular mycorrhiza fungi*, AMF)是一种最常见的内生菌根,它可以通过不同方式或途径影响植物的许多代谢过程^[3],大量实验证明,一定条件下接种AMF,能够增强叶片光合作用^[4-7],增

收稿日期:2013-12-25 * 通讯联系人

作者简介:刘丽丽(1988-),女,在读硕士研究生,研究方向:植物有效成分的开发与利用。

加植物的碳素营养^[8],促进植物生长^[9]。徐敏等^[10]在温室盆栽条件下研究AMF对姜生长的影响,结果表明,接种AMF能显著提高叶片中叶绿素含量、光合速率、蒸腾速率和姜产量。同一植物对不同真菌的菌根依赖性可能存在很大的差异^[11],故而通过本次实验筛选既能促进猕猴桃硒吸收又能增进光合作用、促进植株生长和对其亲和性高的菌种对猕猴桃生产具有重要实际应用意义。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

供试植物为红阳猕猴桃 (*Actinidia chinensis* ‘hongyang’) 由四川苍溪县猕猴桃研究所提供;供试土壤取自西南科技大学菜园黄壤土,去除草根,掺入干净的河砂,按体积7:1比例混合,其pH为5.81,全氮1.84g/kg,有效磷10.62mg/kg,有效钾25.65mg/kg,土壤的田间持水量25.4%,有机质含量8.4g/kg,实验用土预先用高压灭菌炉灭菌24h,在黑暗中保存1周后装盆,每盆装土8.0kg,按每公斤土0.1g硫酸铵和0.05g磷酸二氢钾施入底肥,加水至田间持水量;供试AMF 地球囊霉 (*G. geosporum*, G.g)、摩西球囊霉 (*G. mosseae*, G.m)、地表球囊霉 (*G. versiforme*, G.v)、幼套球囊霉 (*G. etunicatum*, G.e) 和透光球囊霉 (*G. Diaphanum*, G.d) 含有宿主植物根段;相应菌根真菌孢子及根外菌丝体的根际土壤 北京市农林科学院植物营养与资源研究所微生物室提供;接种剂以河砂和土壤的混合物作为扩繁基质,以三叶草盆栽将原种扩大繁殖获得实验所需接种剂,孢子密度为40个/g;亚硒酸钠 (Na_2SeO_3) 上海化学试剂厂,AR纯;硒标准储备液100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 国家标准物质研究中心;硒标准液1.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 由硒标准储备液逐级稀释而成;硝酸、双氧水、氢氧化钠、硫酸 北京新经科试剂公司,分析纯;丙酮、苯酚、乙醇 天津科密欧试剂有限公司,分析纯;葡萄糖 上海化学试剂四厂,分析纯。

Mars-easyPREP型微波消解仪 美国CEM公司;DMI3000B型倒置荧光显微镜 德国莱卡公司;5430R台式冷冻高速离心机 德国Eppendorf;7500a型电感耦合等离子体质谱仪 美国Agilent;U-3900H型紫外分光光度计 日本HITACHI公司;Li-6400XT型光合作用测定仪 美国Li-COR公司;HHS-6型恒温水浴锅 国华电器有限公司;DZ-IBC型真空干燥箱 天津泰斯特仪器有限公司。

1.2 实验设计

2012年8月25日将事先准备好的盆栽猕猴桃幼苗盆土挖开至看到根系,将接种剂均匀撒入,每盆施入接种剂50g,然后用土覆盖,对照加等量的已灭菌的接种剂。每个处理采用单株小区,重复9次,2012年9月25日采用土壤施硒法,给每盆猕猴桃施加100mg/L

亚硒酸钠500mL,前后施加两次,中间相隔1月时间,植株采用常规管理^[12]。

以上实验在西南科技大学西山校区玻璃温室中进行。

1.3 测定方法

当猕猴桃植株新梢生长达到50cm以上,于2013年4月12日采集功能叶片用液氮速冻带回实验室,真空冷冻干燥后备用。利用ICP-MS测定叶片硒含量^[13],有机硒含量测定采用持续透析法^[14]:有机硒相对含量(%)=有机硒含量/总硒含量 $\times 100$ 。

根据铁梅^[15]的方法对叶片多糖进行提取并利用硫酸-苯酚法测定含量。叶绿素a和叶绿素b提取及含量测定参照李得孝^[15]的方法;光合速率及其相关参数采用LI-6400光合测定仪测定。

1.4 数据处理

采用DPS软件Duncan新复极差过程进行差异显著性分析,Excel进行其他数据处理。

2 结果与分析

2.1 菌根侵染情况

由表1可以看出,5种AMF处理后红阳猕猴桃根系均可形成菌根结构,但不同菌种处理在红阳猕猴桃根系上菌根形成效果存在一定的差异。其中,接种G.e处理的菌根侵染率最高,达到73.33%,其次为接种G.m和G.v处理,分别为57.22%和49.44%,接种G.g和G.d的处理菌根侵染率较低,分别为40.00%和38.89%。

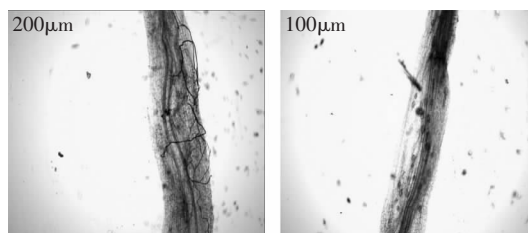


图1 丛枝菌根真菌在红阳猕猴桃根内形成的的菌丝和孢囊
Fig.1 The hyphae and vesicle formed in the root of ‘hongyang’ kiwifruits by AMF

如图1所示为丛枝菌根真菌侵染红阳猕猴桃根部的显微观察图,左图为G.d侵染红阳猕猴桃根部的菌丝显微观察图,右图为G.m侵染红阳猕猴桃根部的孢囊显微观察图。

2.2 接种AMF对猕猴桃硒含量的影响

从表2可以看出,接种不同的AMF处理对红阳猕猴桃叶片硒含量的影响不同,对总硒而言,接种G.m和G.v显著提高红阳猕猴桃叶片硒的含量,其中G.m处理效果最显著($p < 0.05$),其含量相当于对照的1.22倍,其次为G.v处理,G.m、G.v和G.e处理较对照分别提高了144.59、31.25、11.67 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。对有机硒而言,接种

表1 AMF对红阳猕猴桃植株菌根侵染率的影响

Table 1 Effect of AM fungi on the ‘hongyang’ kiwifruits plant colonization percentage

AMF	G.e	G.m	G.v	G.d	G.g	CK-1
菌根侵染率(%)	73.33 \pm 13.33 ^a	57.22 \pm 23.06 ^b	49.44 \pm 14.02 ^{bc}	38.89 \pm 18.16 ^c	40.00 \pm 15.00 ^c	0.00 ^d

G.g和G.d处理显著提高了红阳猕猴桃叶片有机硒的含量($p<0.05$),与对照相比分别提高了79.62、31.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$,而G.m处理与对照无显著差异;此外,有机硒相对含量表现为,接种G.d和G.g菌剂高于对照组,分别是对照的1.19和1.15倍。

表2 接种AMF对红阳猕猴桃叶片总硒和有机硒的影响
Table 2 The effect of AM fungi on the content of total Se and organic Se in 'hongyang' kiwifruits leaves

不同处理	总硒含量 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	有机硒含量 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	有机硒相对含量 (%)
CK-1	662.08 \pm 15.88 ^c	510.13 \pm 14.00 ^{bc}	77.05
G.v	693.33 \pm 5.77 ^b	499.63 \pm 11.58 ^{cd}	72.06
G.d	590.83 \pm 21.08 ^d	541.63 \pm 14.93 ^b	91.67
G.m	806.67 \pm 9.04 ^a	520.63 \pm 10.64 ^{bc}	64.54
G.e	673.75 \pm 14.20 ^{bc}	475.13 \pm 15.97 ^d	70.52
G.g	664.17 \pm 6.29 ^c	589.75 \pm 33.85 ^a	88.80

注:表中数据为3次重复的平均值,同列数据后不同小写字母表示 $\alpha<0.05$ 水平上差异显著,表3~表5同。

2.3 接种AMF对施硒条件下猕猴桃叶片多糖含量的影响

接种不同AMF对猕猴桃叶片多糖含量的影响见表3所示。从表3可以看出,接种AMF可以显著提高红阳猕猴桃叶片的多糖含量($p<0.05$)。对水溶性多糖而言,G.v处理效果最好,较对照提高164.05 mg/kg ,其次为G.d、G.m和G.g处理,分别相当于对照的1.17、1.18和1.14倍;对碱溶性多糖而言,G.v处理效果也是最好的,其含量相当于对照的6.03倍,其次为G.g、G.d、G.m和G.e 4种处理,分别较对照提高了190.43、122.41、98.53、124.74 mg/kg ,但G.d、G.m和G.e三者处

表3 接种AMF对红阳猕猴桃叶片多糖含量的影响

Table 3 The effect of AM fungi on the content of polysaccharide in 'hongyang' kiwifruits leaves

不同处理	水溶性多糖含量 (mg/kg)	碱溶性多糖含量 (mg/kg)	多糖总含量 (mg/kg)
Ck-1	374.03 \pm 28.93 ^c	65.32 \pm 12.34 ^d	439.35 \pm 40.28 ^d
G.v	538.08 \pm 40.93 ^a	393.60 \pm 14.70 ^a	931.68 \pm 54.61 ^a
G.d	437.03 \pm 36.99 ^b	187.73 \pm 10.16 ^c	624.76 \pm 32.55 ^{bc}
G.m	442.42 \pm 26.96 ^b	163.85 \pm 42.88 ^c	606.27 \pm 69.46 ^{bc}
G.e	375.11 \pm 21.47 ^c	190.06 \pm 19.87 ^c	565.17 \pm 11.69 ^c
G.g	426.44 \pm 34.23 ^{bc}	255.75 \pm 38.98 ^b	682.19 \pm 56.94 ^b

表5 接种AMF对红阳猕猴桃叶片光合指标的影响

Table 5 The effect of AM fungi on the photosynthetic indexes of 'hongyang' kiwifruits leaves

不同处理	净光合速率Photo ($\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}), \text{CO}_2$)	气孔导度Cond ($\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}), \text{H}_2\text{O}$)	胞间 CO_2 浓度Ci ($\mu\text{mol}/\text{mol}, \text{CO}_2$)	蒸腾速率Tr ($\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}), \text{H}_2\text{O}$)
Ck-1	7.229 \pm 0.652 ^c	0.072 \pm 0.033 ^c	160.29 \pm 12.92 ^c	0.989 \pm 0.286 ^d
G.v	13.547 \pm 0.312 ^a	0.367 \pm 0.017 ^a	281.09 \pm 4.82 ^a	3.496 \pm 0.391 ^a
G.d	12.807 \pm 0.557 ^b	0.316 \pm 0.028 ^b	268.06 \pm 0.15 ^b	3.122 \pm 0.243 ^{ab}
G.m	11.680 \pm 0.169 ^c	0.203 \pm 0.005 ^c	241.11 \pm 3.04 ^c	2.965 \pm 0.083 ^b
G.e	9.960 \pm 0.185 ^d	0.154 \pm 0.016 ^d	222.46 \pm 2.13 ^d	1.885 \pm 0.094 ^c
G.g	11.161 \pm 0.191 ^c	0.200 \pm 0.028 ^c	237.18 \pm 2.15 ^c	2.202 \pm 0.145 ^c

理之间无显著差异;对多糖总量而言,G.v处理后较对照提高492.33 mg/kg ,其次为G.g、G.d、G.m和G.e等处理,与对照相比分别较提高了242.84、185.41、166.92、125.82 mg/kg 。

2.4 接种AMF对施硒情况下光合指标的影响

接种AMF对猕猴桃叶片叶绿素含量的影响见表4所示,接种AMF可以显著提高猕猴桃叶片的叶绿素含量($p<0.05$)。对叶绿素a含量的影响,其中以G.v处理最为显著,是对照的2.22倍,其次为G.d、G.m和G.g处理,分别是对照的2.03、1.63、1.80倍,其中G.m和G.g之间无显著差异,G.e处理对叶绿素a的提高较小,是对照的1.32倍;对叶绿素b的含量影响,G.v处理也是影响最为显著的,是对照的2.58倍,其次为G.d、G.m和G.g处理,分别是对照的2.42倍、2.2倍和2.12倍,其中G.d和G.m之间无显著差异,G.e处理对叶绿素b的提高最小,是对照的1.53倍;接种AMF对叶绿素总含量影响中,G.v处理也最为显著,是对照的2.3倍,其次为G.d、G.m和G.g处理,分别是对照的2.12、1.76和1.88倍,其中G.m和G.g之间无显著差异,G.e处理对红阳猕猴桃总叶绿素含量的提高最小,是对照的1.37倍。

表4 接种AMF对红阳猕猴桃叶片叶绿素含量的影响

Table 4 The effect of AM fungi on the content of chlorophyll in 'hongyang' kiwifruits leaves

不同处理	叶绿素a含量 (g/kg)	叶绿素b含量 (g/kg)	叶绿素总含量 (g/kg)
Ck-1	1.238 \pm 0.041 ^c	0.370 \pm 0.065 ^d	1.608 \pm 0.060 ^c
G.v	2.751 \pm 0.074 ^a	0.953 \pm 0.146 ^a	3.704 \pm 0.078 ^a
G.d	2.514 \pm 0.139 ^b	0.897 \pm 0.041 ^{ab}	3.411 \pm 0.103 ^b
G.m	2.023 \pm 0.160 ^c	0.814 \pm 0.036 ^{ab}	2.837 \pm 0.131 ^c
G.g	2.233 \pm 0.189 ^c	0.786 \pm 0.076 ^b	3.020 \pm 0.120 ^c
G.e	1.637 \pm 0.030 ^d	0.567 \pm 0.100 ^c	2.203 \pm 0.103 ^d

接种不同AMF对红阳猕猴桃叶片光合速率及相关指标的影响如表5所示,从表5可以看出接种AMF的红阳猕猴桃叶片的净光合速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度和蒸腾速率均显著高于不接种对照处理($p<0.05$)。其中以G.v处理的红阳猕猴桃叶片与对照组差异最为显著,其净光合速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度及蒸腾速率分别为对照的1.87、5.10、1.75、3.53倍。其次,G.d处理的红阳猕猴桃叶片光合指标也较高,与对照相比差异显著,其净光合速率、气孔导度、胞间

CO₂浓度及蒸腾速率分别为对照的1.77、4.39、1.67、3.16倍。此外,G.m和G.g处理也能显著提高红阳猕猴桃叶片的光合指标,且两者的净光合速率、气孔导度、胞间CO₂浓度之间无显著差异。可见接种AMF能提高红阳猕猴桃叶片的光和指标。

3 讨论

AMF是一类广泛分布于土壤中的微生物,它在土壤中的丛枝菌根真菌可与寄主植物根系形成的一种互惠互利共生体^[16-17],能帮助寄主植物从土壤中吸收更多的水分和矿质元素,从而成为土壤与植物间物质的运输载体,对植物的生长和发育显得尤为重要。如今它作为一种新型的生物肥料^[18]被广泛运用于各种农林生产中。

土壤中的AMF与植物根系紧密结合,并依赖寄主植物的光合产物维持自身的生长和繁殖,同时以不同的途径影响植物的代谢过程^[3],增加植物对N、P和微量元素的吸收^[19-23],能够显著改善植物的营养状况、光合效率和光合产物的分配,调节渗透压和激素平衡,引起植物代谢的酶学变化。丛伟研究两种AMF在盐胁迫时对植物的硒吸收的影响表明,不同菌对植物的促进作用不同,G.e促进植物对硒的吸收,而G.m抑制植物对硒的吸收^[24]。而本实验中是G.m促进植株对硒的吸收,且最显著。

王维华等^[25]研究AMF接种生姜的效应,发现它能显著增加生姜植株叶片中叶绿素含量,显著提高单叶净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、水分利用效率,认为可能是由于菌根的形成相对扩大了根系在土壤中的吸收面,使植株能够吸收更多的养分供地上生长。范继红等^[26]研究AMF对黄檗幼苗的影响,发现叶片的叶绿素含量、光合速率、可溶性糖含量及蒸腾速率和气孔导度均明显提高,尤以摩西球囊霉和透光球囊霉效果显著。姜德峰等^[27]在大田条件下研究玉米接种AMF效应时发现,AMF显著提高了叶片CO₂的同化效率,特别是接种G.v的作用最为显著,贺忠群等^[28]采用盆栽实验研究了不同AMF对番茄酶活性及光合作用的影响,结果表明均不同程度提高了番茄光合效率,其中也是G.v效果最为显著,本实验中也是G.v对植物的光合效率促进最显著,此外,接种其他AMF种也都显著提高了红阳猕猴桃的光合性能,由此可推测,这5种AMF均能提高红阳猕猴桃的光合能力,但其最适AMF为G.v。

4 结论

4.1 通过接种AMF处理,可知部分AMF可以显著增加猕猴桃叶片的Se含量($p < 0.05$),其中总硒含量提高最显著的为G.m,其次为G.v;有机硒提高最显著的为G.g,其次为G.d,提高有机硒相对含量的为G.g和G.d。

4.2 接种AMF可以显著提高猕猴桃叶片的多糖含量、叶绿素含量、光合速率及相关指标($p < 0.05$),其中效果最显著的为G.v,其次为G.d、G.m和G.g。

4.3 综上所述,既能提高有机硒,又能提高叶片叶绿素含量、多糖含量、光合速率及相关指标的菌种为G.v。而既能提高有机硒,又能提高叶片叶绿素含量、

多糖含量、光合速率及相关指标的菌种为G.g和G.d。

参考文献

- [1] 黄敏文,孟繁谊,李京雄,等. 富硒香菇中微量硒的含量测定[J]. 广东微量元素科学,2006,13(8):52-54.
- [2] 谢明勇,曹春阳. 恩施地区硒茶的元素及元素结合态分析[J]. 营养学报,2000,22(3):278-281.
- [3] Smith S, Read D. Mycorrhizal symbiosis[M]. London: Academic Press, 1997.
- [4] 刘润进,陈应龙,菌根学[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [5] 张中锋,张金池,黄玉清,等. 接种丛枝菌根真菌对青冈栎幼苗生长和光合作用的影响[J]. 广西植物,2013,33(3):319-323.
- [6] 韩冰,徐刚,郭世荣,等. 丛枝菌根真菌对苗期黄瓜生长及生理特性的影响[J]. 江苏农业学报,2012,28(6):1392-1397.
- [7] 田野,张会慧,孟祥英,等. 镉(Cd)污染土壤接种丛枝菌根真菌(*Glomus mosseae*)对黑麦草生长和光合的影响[J]. 草地学报,2013,21(1):135-141.
- [8] 李敏,姜德峰,孟祥霞,等. 丛枝菌根对大田菜豆生长、产量及品质的影响[J]. 生态农业研究,1999(3):45-48.
- [9] Giri B, Kapoor R, Mukerji KG. Improved tolerance of *Acacia nilotica* to salt stress by arbuscular mycorrhiza, *Glomus fasciculatum* may be partly related to elevated K/Na ratios in root and shoot tissues[J]. Microbial Ecology, 2007, 54(4): 753-760.
- [10] 徐敏,史庆华,李敏. AM真菌对姜生长和产量的影响[J]. 山东农业科学,2002(4):22-23.
- [11] 高克祥,刘晓光,商金杰,等. 河北省果树AM真菌优良菌株的筛选[J]. 东北林业大学学报,2000,28(1):48-50.
- [12] 杨秀梅,陈保冬,朱永官,等. 丛枝菌根真菌(*Glomus intraradices*)对铜污染土壤上玉米生长的影响[J]. 生态学报,2008,28(3):1052-1058.
- [13] 铁梅. 食用菌中硒的形态分析[D]. 上海:华东师范大学,2006.
- [14] 杜振宇,史衍玺,王清华. 土壤施硒对萝卜吸收转化硒及品质的影响[J]. 土壤,2004,36(1):56-60.
- [15] 李得孝,尹海燕,郭月霞. 混合液浸提法测定玉米叶绿素含量的研究[J]. 玉米科学,2006,14(1):117-119.
- [16] Wu Q-S, Xia R-X, Zhong Q-H. New biological fertilizer of fruit tree-arbuscular mycorrhizal[J]. Northern Hort, 2003(6): 27-28(in Chinese).
- [17] Zhang Y, Zeng M, Xiong B, et al. Ecological significance of arbuscular mycorrhiza biotechnology in modern agricultural system[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(4): 613-617.
- [18] 李晓林,姚青. VA菌根与植物的矿质营养[J]. 自然科学进展,2000,10(6):524-531.
- [19] 赵杨景,郭顺星,高薇薇,等. 三种内生真菌与大花蕙兰共生对矿质营养吸收的影响[J]. 园艺学报,1999,26(2):110-115.
- [20] Feng G, Zhang F S, Li X L, et al. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots[J]. Mycorrhiza, 2002a, 12

(下转第242页)

- 水产研究,1997,18(1):112-116.
- [2] 章超桦,吴红棉,洪鹏志,等. 马氏珠母贝肉的营养成分及其游离氨基酸组成[J]. 水产学报,2000(4):180-184.
- [3] 范秀萍,吴红棉,雷晓凌. 珠母贝氨基多糖的分离纯化及其抗肿瘤活性的初步研究[J]. 中国海洋药物杂志,2005,24(2):32-36.
- [4] 吴红棉,洪鹏志,雷晓凌. 珠母贝糖胺聚糖的结构初探及其生理活性[J]. 水产学报,2001,25(2):166-170.
- [5] 陈方,吴铁,艾春媚. 马氏珠母贝全脏器提取物糖胺聚糖抗肿瘤作用的研究[J]. 中国临床药理学和治疗学,2002,7(6):511.
- [6] 王顺年,李贵春,汪慧. 合浦珠母贝精卵液治疗功能性子宫出血[J]. 海洋药物,1983,5(1):30-34.
- [7] 章超桦,刘亚,杨萍,等. 马氏珠母贝肉酶解蛋白抗疲劳功能的初步研究[J]. 中国海洋药物杂志,2006,25(4):46-47.
- [8] 李永华,吴馥梅. 珍珠贝肉提取液抗衰老的动物实验[J]. 广西科学院学报,2002,18(1):22-25.
- [9] 仝绍伟,纪丽丽,宋文东,等. 马氏珠母贝肉美拉德反应产物抗氧化及抑菌活性的研究[J]. 食品科技,2012,37(6):145-153.
- [10] 童银洪,邓陈茂,陈敬中. 中国珍珠业的历史、现状和发展[J]. 中国宝玉石,2005,57(3):27-29.
- [11] 陈毓荃. 生物化学实验方法和技术[M]. 北京:科学出版社,2006:95-97.
- [12] 孙平. 食品分析[M]. 北京:化学工业出版社,2005,6(1):95-97.
- [13] 张健,金晓华,张有涛. 动态检测血清前白蛋白水平在肝病及其治疗过程中的意义[J]. 中国保健营养,2012,12:4982-4983.
- [14] 王能河,柯于强. 血清前白蛋白检测及其在肝脏损害中的意义[J]. 寄生虫病与感染性疾病,2005,3(1):16-17.
- [15] 赵蓬波,张立江. 血清前白蛋白和C-反应蛋白在感染性疾病中的应用[J]. 临床辅助检查,2006,2(3):86-86.
- [16] 胡玲,张迎梅. 血清前白蛋白和C-反应蛋白联合检测临床意义[J]. 医学理论和实践,2008,21(6):649-651.
- [17] Tiikkainen M, Bergholm R, Vehkavaara S, *et al.* Effects of identical weight loss on body composition and features of insulin resistance in obese women with high and low liver fat content[J]. *Diabetes*, 2003, 52:701-707.
- [18] 邓曼君. 新生儿高胆红素血症肝功能与血糖监测及临床意义[J]. 安徽医药,2002,6(2):41.
- [19] RidkerPM, CushmanM, StampferMJ, *et al.* Plasma concentra-
- tion of C-reaction protein and risk of developing peripheral vascular disease. *Circulation*, 1998, 97:425-428.
- [20] Contois JH, Mcnamara JR, Lamm-i Keefe CJ, *et al.* Reference intervals for plasma apolipoprotein A1 determined with a standardized commercial immunoturbidimetric assay: result from the Framingham Offspring Study[J]. *Clin Chem*, 1996, 42(4):507-514.
- [21] Contois JH, Mcnamara JR, Lamm-i Keefe CJ, *et al.* Reference intervals for plasma apolipoprotein B determined with a standardized commercial immunoturbidimetric assay: result from the Framingham Offspring Study[J]. *Clin Chem*, 1996, 42(4):515-523.
- [22] Walldius G, Junger I, Hgolme I. High apolipoprotein B, low apolipoprotein AI, and improvement in the prediction of fatal myocardial infarction (AMORIS Study); a prospective study[J]. *Lancet*, 2001, 358(12):2026-2033.
- [23] Moss AJ, Goldstein RE, Marder VJ. Thrombogenic factors and recurrent coronary events[J]. *Circulation*, 1999, 99(19):2517-2522.
- [24] Lamarche B, Moorjani S, Lupien PJ, *et al.* Apolipoprotein A1 and B levels and the risk of ischemic heart disease during a five-year follow-up of men in the Quebec Cardiovascular study[J]. *Circulation*, 1996, 94(3):273-278.
- [25] Gotto AM, Whitney E, Stein EA. Relation between baseline and on-treatment lipid parameters and first acute major coronary events in the Airforce P Texas Coronary Atherosclerosis Prevention Study (AFCAPS/TexCAPS)[J]. *Circulation*, 2000, 101(5):477-484.
- [26] Lin JC, Apple FS, Murakami MM, *et al.* Rates of positive cardiac troponin I and creatine kinase MB mass among patients hospitalized for suspected acute coronary syndromes[J]. *Clin Chem*, 2004, 50(2):333-338.
- [27] 钱远宇,孟庆义,王志忠,等. 亚低温对急性心肌梗死早期保护作用的实验研究[J]. 军医进修学院学报,2004,25(1):552.
- [28] 牟莹心,王萍. 急性心肌梗死病人CRP及CK-MB测定及其意义[J]. 齐鲁医学杂志,2005,20(6):510.
- [29] 张红,王珍. 高血糖与多代谢异常关系的研究[J]. 中国实用内科杂志,2006,25(7):635-636.
- [30] 韩先起,王林,催桂玲,等. 急性心肌梗死后血糖升高患者的预后分析[J]. 中国全科医学,2010,13(10B):3326-3327.

(上接第237页)

- (4):185-190.
- [21] Feng G, Zhang F S, Li X L, *et al.* Uptake of nitrogen from indigenous soil Pool by cotton plant inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi[J]. *Common soil Sci Plant Anal*, 2002b, 33:3825-3836.
- [22] Dodd J, Dougall T, Clapp J, *et al.* The role of arbuscular mycorrhizal fungi in Plant community establishment at Samphire Hoe, Kent, UK the reclamation Platform created during the building of the channel tunnel between France and the UK[J]. *Biodiversity and Conservation*, 2002, 11:39-58.
- [23] 曾曙才,苏志尧,陈北光,等. VA菌根真菌对植物养分吸收与传递的影响[J]. 西南林学院学报,2005,25(1):72-74.
- [24] 丛伟. 丛枝菌根真菌和盐胁迫对砷在土壤—植物系统中迁移的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2011.
- [25] 王维华,李敏,刘润进,等. AM真菌对生姜某些生理指标的影响[J]. 莱阳农学院学报,2003,20(3):175-177.
- [26] 范继红,杨国亭,李桂伶. 接种VA菌根对黄槠幼苗生长的影响[J]. 东北林业大学学报,2006,34(2):18-19.
- [27] 姜德锋,李晓林. AM菌对玉米某些生理特性和籽粒产量的影响[J]. 中国农业科学,1998,31(1):15-20.
- [28] 贺忠群,贺超兴,任志雨,等. 不同丛枝菌根真菌对番茄酶活性及光合作用的影响[J]. 北方园艺,2008(6):21-24.