

大麦苗富锗的研究

王晓洁¹, 阮新², 孙科深³, 杨立红¹, 刘海静¹, 杨波¹

(1. 鲁东大学生命科学学院, 山东 烟台 264025

2. 烟台市出入境检验检疫局技术中心, 山东 烟台 264000 3. 烟台市质量技术监督局稽查局, 山东 烟台 264000)

摘要: 目的: 探讨大麦苗不同富集锗的方法以及不同浓度的锗对大麦苗的生长及富锗量的影响, 为开发富锗大麦苗保健品以及探索一条通过大麦苗的生物转化作用将环境中的有毒的无机锗转化为无毒的有机锗为人类服务同时又净化保护了环境的新途径。方法: 水培法栽培大麦苗; 浸麦富锗法, 出苗后富锗法以及全程富锗法; 原子分光光谱法测定富锗大麦苗中锗的含量。结果: 浸麦富锗法中锗浓度低于 80mg/L 组和出苗后富锗法中锗浓度为 40mg/L 组的大麦苗生长曲线均高于空白对照组, 且无麦苗尖发枯发黄现象。全程富锗法, 各富锗组大麦苗的出芽率、麦苗出率、生长曲线大部分低于空白对照组, 且麦苗尖发枯发黄。结论: 出苗后富锗法, 当锗浓度为 40mg/L 时, 大麦出芽率、麦苗出率、生长曲线均高于空白对照组, 麦苗尖无发枯发黄, 锗含量高是空白对照组的 9.7 倍, 此为实验中最佳富锗方法与最佳富锗浓度。

关键词: 富锗大麦苗; 锗含量; 原子荧光光谱法

Production of Enriched Germanium Barley Seedling

WANG Xiao-jie¹, RUAN Xin², SUN Ke-shen³, YANG Li-hong¹, LIU Hai-jing¹, YANG bo¹

(1. College of Life Science, Ludong University, Yantai 264025, China;

2. Technology Center, Yantai Entry and Exit Inspection and Quarantine Bureau, Yantai 264025, China;

3. Inspection Bureau, Yantai Bureau of Quality and Technical Supervision, Yantai 264000, China)

Abstract: Objective: comparing the different methods of enriching germanium(Ge) to barley seedling and assaying the Ge content in the enriched barley seedlings and touning the poisonous inorganic Ge to no poisonous organic Ge through barley seedling biotransformation in order to get a new kind of health food for man and a new way to decontaminate and protect entironment. Methods: Water culture barley seedlings; Enriching Ge barley seedlings by soaking seeds, after sprouting and in the whole process; The Ge in enriched barley seedling was examined by atomic fluorescence spectrometry. Result: The strong seedling concentrations are below 80 mg/L when adding Ge by soaking seeds and 40 mg/L when adding Ge after sprouting while all those barley seedlings no turning yellow and withered. The barley seedlings with adding Ge in the whole process grow slowly. Conclusion: The barley seedlings will grow well and the Ge content can reach high level with adding 40mg/L concentration of Ge after sprouting and the total Ge content of the barley seedling is about 9.7 times of control. That is the best method and best concentration of Ge in this test.

Key words enriched germanium barley seedling Ge content; atomic fluorescence spectrometry

中图分类号: Q945.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)10-0171-05

大麦苗的食疗价值早在明、清时代就有记载^[1]。近年港、台、日、美兴起的“麦草食品热”介绍麦草、麦绿素的食疗范围非常广泛, 如哮喘、便秘、糖尿病、肝病、胃病、冠心病、癌症、抗衰老、其抗氧化能力等^[2], 甚至还有抑制艾滋病毒的神奇功效^[3]。锗(germanium, Ge)是德国化学家 Winkler 1886 年 2 月从硫

银锗矿中发现并命名的^[4], 锗的化合物有有机锗和无机锗两种, 无机锗毒性较大, 对人体是严格禁用的。有机锗对人体健康有益。无机锗主要存在于矿物中, 而有机锗则主要存在于生物体中。日本浅井一彦发现, 人参、灵芝、枸杞等各类药材的滋补、强身和抗癌作用主要是与含有较丰富的锗有关, 凡具有抗癌作用的中草

收稿日期: 2007-07-26

基金项目: 鲁东大学科研项目(22980301)

作者简介: 王晓洁(1962-), 女, 教授, 博士, 主要从事动物生理学及免疫学的研究。

药其所含的锗均比其它植物高,有机锗能提高机体的免疫功能,增加人体对疾病的抵抗力,对如炎症、肝硬化、病毒感染、细菌感染等都具有一定的防治效果;有明显的降压作用;还可以延缓机体衰老;增白美容的效果;锗添加到肉仔鸡日粮中,可以明显促进鸡的生长,提高日增重,降低料重比;锗能刺激造血功能,增强繁殖机能^[5]。目前,生物源有机锗食品在外国已得到快速发展。但天然有机锗资源毕竟是有限的,而且含锗量丰富的人参、灵芝的价格也十分昂贵。为此,我们可以将一些无机锗通过生物富集转化为有机锗。所以,本实验用大麦作富集对象,用各种不同浓度的含锗培养液培养,通过不同的方法富锗于大麦苗,无机锗通过大麦的富集转化作用转化为有机锗,通过筛选,选出长势优良的大麦苗并测其锗的含量。找到一个既有利于大麦生长且富锗量较高的富锗方法,为富锗大麦苗保健品的开发及工业化生产提供一定的实验依据。同时通过本实验也探讨一条利用大麦的生物转化作用将环境中有毒的无机锗转化成无毒的有机锗,为将功能食品的开发制备与环境净化保护合理的结合开辟一条新途径。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

1.1.1 材料

大麦购自烟台麦芽厂。

1.1.2 试剂

二氧化锗(GeO_2 , AR, 批号为 LOT. NO. F20051202) 国药集团化学试剂有限公司; 硫酸(A R, 批号为 20040102) 青岛化学试剂厂; 盐酸(AR, 批号为 20050804) 山东莱阳经济技术开发区精细化工厂; 氢氧化钠(AR, 批号为 20040617) 齐齐哈尔电化厂; 实验所用的硝酸、磷酸、高氯酸均为分析纯。

1.1.3 仪器与设备

AL104电子天平 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; AFS-930型双道原子荧光光度计 北京万拓仪器有限公司; 锗空心阴极灯; 电热板; 光照培养箱; 培养盒。

1.2 方法

1.2.1 试剂配制

称取二氧化锗 0.0457g 溶于自来水, 置小烧杯中, 加 40% 氢氧化钠数滴, 加水微热溶解后, 冷却后转移至 1000ml 容量瓶中, 以酚酞溶液(1g/L)为指示剂, 用 0.1N 盐酸中和至 pH7.0, 用自来水稀释至 1L, 配成 40mg/L 锗溶液, 用相同方法配制 80、120、160、200、240mg/L 锗溶液各 1L, 装瓶写好标签备用。

1.2.2 水培法培育麦苗

采用水培法培育麦苗^[6]。

1.2.2.1 浸麦过程

选择颗粒大、饱满、胚完整的大麦种子, 称取 40g 放入贴有标签的培养盒中, 分为四组: 浸麦时加锗、出苗后加锗、全过程加锗和空白对照组。让培养液没过大麦种子, 然后放入培养箱中避光培养 24h。

1.2.2.2 出芽过程

浸麦 24h 后将培养液倒掉, 另加入适量培养液仍在培养箱中避光培养, 且每天更换两次培养液, 观察、记录其发芽情况。

1.2.2.3 出芽后培养

待麦苗发芽后将麦苗从培养箱中取出放在实验室培养架上, 在自然光照条件和室温 18~23℃ 下培养, 每天更换两次培养液, 每次 50ml, 观察、记录其高度、分叶、颜色等生长情况。

1.2.2.4 收割麦苗

在出苗后第 8d 和第 11d, 分别割下麦苗, 称量, 存于 -20℃ 冻存, 待检。

1.2.3 不同富集锗的方法

1.2.3.1 浸麦富锗法

只在浸麦的 24h 内用锗培养液(50ml)培养, 24h 后将培养液倒掉, 改加自来水, 每天两次, 每次 50ml, 记录大麦的发芽、生长高度情况。

1.2.3.2 出苗富锗法

在出苗前用自来水来培育大麦, 出苗 1cm 后改用不同浓度的锗溶液培育, 每天两次, 每次 50ml, 记录麦的发芽、生长高度情况。

1.2.3.3 全程富锗法

从浸麦时起一直到收割麦苗时止, 一直用不同浓度的锗溶液培育麦苗, 每天两次, 每次 50ml, 注意记录麦的发芽、生长高度情况。

1.2.4 原子荧光光谱法测定锗含量

1.2.4.1 锗标准储备液(100mg/L)

准确称取 0.1000g 高纯锗, 加热溶于 3~5ml 30% 过氧化氢中, 逐滴加入氨水至白色沉淀溶解, 用 20% 硫酸溶液中和并过量 0.5ml, 移至 1L 容量瓶中, 稀释至刻度, 其他标准溶液用此储备液加水稀释而成^[7]。

1.2.4.2 标准曲线的制备

分别吸取 0.00、2.50、5.00、7.50、10.00、12.50、15.00ml 的 0.5mg/L 的锗标准使用液于 25ml 容量瓶中, 加入 5ml 磷酸, 用水稀释至刻度, 混匀^[7]。

1.2.4.3 样品测定

将长势优良、健壮的麦苗用蒸馏水反复漂洗除去麦

苗表面的锆溶液, 称重, 烘干后研磨的样品 1 g, 置于 250ml 锥形瓶中, 加入 20ml 浓硫酸, 盖上表面皿, 放置 24h 以上, 低温加热至大量硝酸烟冒尽后, 加入 6ml 高氯酸, 继续保持低温加热至高氯酸烟冒尽, 停止加热, 用少量蒸馏水转移至烧杯中, 调节 pH3.0~4.5, 离心分离沉淀, 取清液定容至 50ml 容量瓶中待测定^[8]。

2 结果与分析

2.1 不同富锆方法大麦出芽率和麦苗出率

2.1.1 浸麦富锆法

浸麦时加锆, 麦子出芽率、麦苗出率均比空白对照组高(见图 1)。

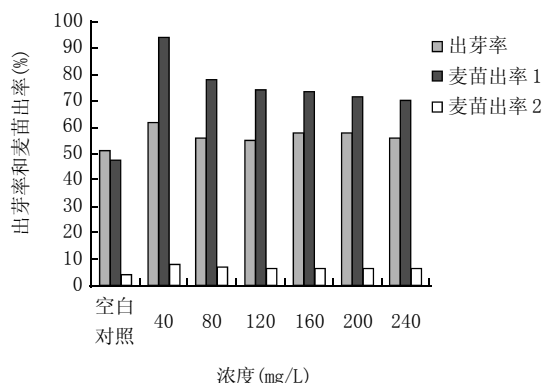


图 1 浸麦时加锆的大麦出芽率和麦苗出率

Fig.1 Germination percentage of barley and productivity of barley seedlings by adding different concentration Ges on barley seeds

2.1.2 出苗后富锆法

出苗后加锆组麦子的出芽率接近空白对照组。麦苗出率, 当锆溶液浓度低于 200mg/L 时, 麦苗出率高于空白对照组, 高于 200mg/L 时, 则低于空白对照组(见图 2)。

2.1.3 全过程富锆法

锆浓度为 40mg/L 组, 麦子的出芽率和麦苗出率明显高于空白对照组, 其他各组 and 空白对照组接近, 锆

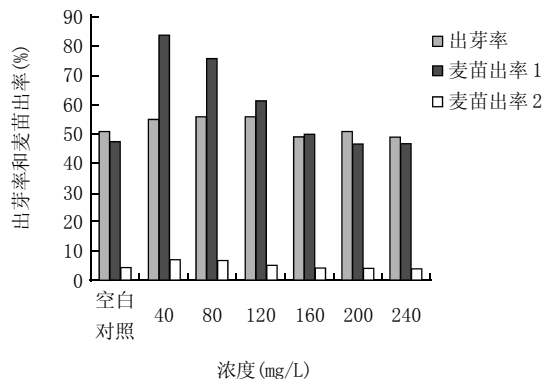


图 2 出苗后加锆的出芽率和麦苗出率

Fig.2 Germination percentage of barley and productivity of barley seedlings by adding different concentration Ges after barley sprouting

浓度为 240mg/L 组, 则低于空白对照组(见图 3)。

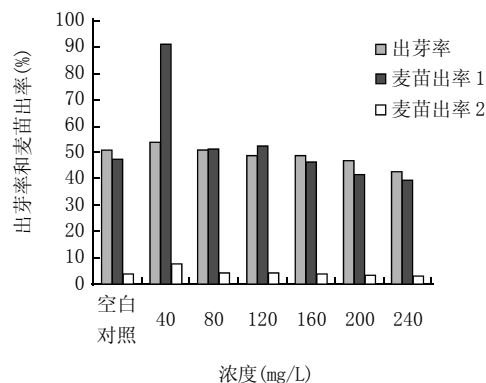


图 3 全过程加锆的麦苗出芽率和出率

Fig.3 Germination percentage of barley and productivity of barley seedlings by adding different concentration Ges in the whole process on barley

2.2 不同富锆法大麦苗生长情况

2.2.1 浸麦富锆法

浸麦时加锆, 各富锆组麦苗生长曲线均高于空白对照组。第 8d 割麦, 锆浓度 ≥ 120 mg/L 的各富锆组麦苗尖出现发枯发黄现象; 第 11d 割麦, 锆浓度 ≥ 80 mg/L

表 1 浸麦时加锆组麦苗生长情况

Table 1 Growing conditions of barleys seedlings by adding different concentration Ges on barley seeds

锆分组 [锆浓度(mg/L)]	麦苗的高度(cm)										
	1d	2d	3d	4d	5d	6d	7d	8d	9d	10d	11d
空白对照	0.9 ^a	2.1 ^a	2.8 ^a	3.9 ^a	5.1 ^a	6.9 ^a	7.8 ^a	9.3 ^a	10.5 ^b	10.8 ^b	10.8 ^b
40	1.2 ^{a+}	1.8 ^{a+}	3.1 ^{a+}	4.7 ^{a+}	6.2 ^{a+}	7.8 ^{a+}	9.6 ^{a+}	11.9 ^{b+}	13.2 ^{b+}	13.2 ^{b+}	13.4 ^{b+}
80	1.4 ^{a+}	1.7 ^{a+}	2.7 ^{a+}	4.5 ^{a+}	5.7 ^{a+}	7.2 ^{a+}	9.5 ^{a+}	12.0 ^{b+}	12.7 ^{b+}	13.1 ^{b+}	13.1 ^{b+}
120	1.5 ^{a+}	2.1 ^{a+}	3.4 ^{a+}	5.0 ^{a+}	6.9 ^{a+}	8.2 ^{a+}	9.6 ^{a+}	11.6 ^{b+}	12.3 ^{b+}	12.9 ^{b+}	12.9 ^{b+}
160	1.7 ^{a+}	2.4 ^{a+}	3.7 ^{a+}	5.3 ^{a+}	6.2 ^{a+}	7.9 ^{a+}	9.7 ^{a+}	12.1 ^{b+}	13.3 ^{b+}	14.0 ^{b+}	14.0 ^{b+}
200	1.7 ^{a+}	2.1 ^{a+}	3.5 ^{a+}	4.8 ^{a+}	6.1 ^{a+}	7.8 ^{a+}	9.2 ^{a+}	10.7 ^{a+}	10.9 ^{b+}	11.2 ^{b+}	11.2 ^{b+}
240	1.6 ^{a+}	2.0 ^{a+}	3.2 ^{a+}	4.9 ^{a+}	6.3 ^{a+}	9.0 ^{a+}	9.5 ^{a+}	11.2 ^{a+}	12.0 ^{b+}	13.0 ^{b+}	13.0 ^{b+}

注: 分叶(a: 1 叶, b: 2 叶); 长势(-: 比空白细弱; +: 比空白强壮; *: 叶尖枯黄)。

表2 出苗后加锆组生长情况

Table 2 Growing conditions of barleys seedlings by adding different concentration Ges after barley sprouting

锆分组 [锆浓度(mg/L)]	麦苗的高度(cm)										
	1d	2d	3d	4d	5d	6d	7d	8d	9d	10d	11d
空白对照	0.9 ^a	2.1 ^a	2.8 ^a	3.9 ^a	5.1 ^a	6.9 ^a	7.8 ^a	9.3 ^a	10.5 ^b	10.8 ^b	10.8 ^b
40	1.1 ^{a+}	2 ^{a+}	3.6 ^{a+}	5.3 ^{a+}	7.9 ^{a+}	9.6 ^{a+}	11 ^{a+}	11.8 ^{a+}	12.7 ^{a+*}	13 ^{b+*}	13.0 ^{b+*}
80	1.2 ^{a+}	2.1 ^{a+}	3.7 ^{a+}	5.4 ^{a+}	7.6 ^{a+*}	9.3 ^{a+*}	10 ^{a+*}	10.7 ^{a+*}	11.3 ^{a-*}	11.6 ^{b-*}	11.6 ^{b-*}
120	1.5 ^{a+}	2.3 ^{a+}	3.9 ^{a+}	4.9 ^{a+}	6.3 ^{a+*}	8.7 ^{a+*}	9.3 ^{a+*}	10.1 ^{a+*}	10.4 ^{a-*}	10.5 ^{a-*}	10.5 ^{a-*}
160	1.5 ^{a+}	2.5 ^{a+}	3.4 ^{a-}	4.5 ^{a-}	5.6 ^{a-*}	6.3 ^{a-*}	7.5 ^{a-*}	9.0 ^{a-*}	9.2 ^{a-*}	9.3 ^{a-*}	9.3 ^{a-*}
200	1.2 ^{a+}	2.1 ^{a+}	2.8 ^{a-}	3.9 ^{a-}	4.9 ^{a-*}	5.9 ^{a-*}	6.7 ^{a-*}	8.8 ^{a-*}	9 ^{a-*}	9.0 ^{a-*}	9.0 ^{a-*}
240	1.1 ^{a+}	2.4 ^{a+}	3.1 ^{a+}	4.7 ^{a+}	5.7 ^{a-*}	6.3 ^{a-*}	7.6 ^{a-*}	8.9 ^{a-*}	9.3 ^{a-*}	9.3 ^{a-*}	9.3 ^{a-*}

注：分叶（a：1叶，b：2叶）；长势（-：比空白细弱；+：比空白强壮；*：叶尖枯黄）。

表3 全过程加锆组生长情况

Table 3 Conditions of barleys seedlings by adding different concentration Ges in the whole process on barley

锆分组 [锆浓度(mg/L)]	麦苗的高度(cm)										
	1d	2d	3d	4d	5d	6d	7d	8d	9d	10d	11d
空白对照	0.9 ^a	2.1 ^a	2.8 ^a	3.9 ^a	5.1 ^a	6.9 ^a	7.8 ^a	9.3 ^a	10.5 ^b	10.8 ^b	10.8 ^b
40	1.1 ^{a+}	1.7 ^{a+}	2.8 ^{a+}	5.1 ^{a+*}	7.2 ^{a+*}	8 ^{a+*}	10.7 ^{a+*}	11.2 ^{a+*}	11.5 ^{b+*}	11.7 ^{b+*}	11.7 ^{b+*}
80	1.1 ^{a+}	1.3 ^{a-}	2.7 ^{a+}	3.9 ^{a-*}	4.7 ^{a-*}	5.7 ^{a-*}	8.2 ^{a*}	9.3 ^{a-*}	9.7 ^{a-*}	9.8 ^{b-*}	9.8 ^{a-*}
120	1.4 ^{a+}	1.5 ^{a-}	2.7 ^{a-*}	4 ^{a-*}	4.9 ^{a-*}	6.6 ^{a-*}	8.1 ^{a*}	9.2 ^{a-*}	9.5 ^{a-*}	9.7 ^{a-*}	9.7 ^{a-*}
160	1.3 ^{a+}	1.4 ^{a-}	2.3 ^{a-*}	3 ^{a-*}	3.6 ^{a-*}	5.3 ^{a-*}	5.6 ^{a-*}	8.3 ^{a-*}	8.7 ^{a-*}	8.8 ^{a-*}	8.8 ^{a-*}
200	0.6 ^{a-}	1.3 ^{a-}	1.8 ^{a-*}	2.8 ^{a-*}	3.4 ^{a-*}	4.6 ^{a-*}	5.2 ^{a*}	5.4 ^{a-*}	5.7 ^{a-*}	5.9 ^{a-*}	5.9 ^{a-*}
240	0.5 ^{a-}	1.2 ^{a-}	1.7 ^{a-*}	2.6 ^{a-*}	3.7 ^{a-*}	4.9 ^{a-*}	5.5 ^{a-*}	6.7 ^{a-*}	7.2 ^{a-*}	7.2 ^{a-*}	7.2 ^{a-*}

注：分叶（a：1叶，b：2叶）；长势（-：比空白细弱；+：比空白强壮；*：叶尖枯黄）。

的各富锆组麦苗尖也出现发枯发黄现象，且随着浓度升高，这种现象也越加严重（见表1）。

2.2.2 出苗后富锆法

出苗后加锆，锆浓度 $\leq 80\text{mg/L}$ 的麦苗生长曲线高于空白对照组。第8d割麦时，锆浓度为 40mg/L 组的麦苗尖无发枯发黄现象，其余各富锆组麦苗尖均出现发枯发黄现象，并随着浓度升高，越加严重（见表2）。

2.2.3 全过程富锆法

全过程加锆，只有锆浓度为 40mg/L 组的麦苗生长曲线高于空白对照组。第8d割麦时，各富锆组均出现叶尖发枯发黄的现象，并随锆浓度的增加更为严重（见表3）。

2.3 不同富锆法大麦苗的含锆量

从以上三种富锆方法中，选取第8、11d，各富锆组麦苗高度 $10\sim 14\text{cm}$ 并且没有出现麦苗尖发枯发黄现象的麦苗进行锆含量的测定。出苗后加锆，锆浓度为 40mg/L 组，锆含量最高是空白对照的9.7倍。第11d收割的麦苗比第8d收割的麦苗富集的锆量高（见表4）。

3 结论与讨论

本实验通过水培法培养大麦苗和不同的富锆方法，探索与开发一种高效富锆大麦苗的制备工艺。通过对不同富锆方法的大麦的出芽率、麦苗的出率和麦苗生长状况的比较发现：低浓度锆对于大麦种子的出芽、生长有

表4 麦苗的锆含量

Table 4 Ge content of barley

锆分组[锆浓度(mg/L)]	锆含量($\mu\text{g/g}$)
空白对照组(8、11d)	2.95
浸麦时加锆组 40mg/L (8d)	3.13
浸麦时加锆组 40mg/L (11d)	3.89
浸麦时加锆组 80mg/L (8d)	4.05
浸麦时加锆组 80mg/L (11d)	5.27
出苗后加锆组 40mg/L (8d)	28.63

一定促进作用。而锆浓度过高，会引起麦苗中毒现象，既麦苗尖变枯变黄。浸麦时加锆，各富锆组大麦的出芽率、麦苗的出率和麦苗生长曲线、长势均高于空白对照组，说明锆在浸麦时在大麦的胚有一定的刺激作用，并且作用有延续性，因为随时间的延长，有些富锆麦苗会出现麦苗尖发枯发黄现象，此现象并与锆浓度呈正相关，即浓度高者先出现，浓度低者后出现，这提示锆在麦子组织中有蓄积作用，而且麦苗对无机锆的转化能力和转化速度是有限的，当超过此限度则表现出毒性，引起麦苗尖变枯变黄，其机制有待探讨。出苗后富锆法中，各富锆组出芽率与空白对照比无差异，因锆是在出苗达 1cm 后才加入，故对其出芽率无影响，锆浓度 $\leq 80\text{mg/L}$ 组麦苗出率以及生长曲线高于空白对照，但随锆浓度升高，麦苗出率、生长曲线降低，并且有麦苗尖变枯变黄现象，说明低浓度的锆对麦苗生长有直接促进作用，当锆浓度超过一定浓度时，对麦苗有一

定的伤害。全过程富锆法中的麦子出芽率和麦苗出率与前两种富锆方法相比明显降低,只有浓度为40mg/L组的麦苗出率高于空白对照组,但第8d割麦时,所有麦苗均尖变枯变黄,既全程的加锆可造成锆的毒性累计,故此方法不可取。

麦苗营养与生物活性最佳期一般在麦苗高度为10~17cm^[2]。在实验第8d大部分富锆组麦苗已达到10cm,故选第8d割麦一次,11d以后麦苗由于营养不足,基本停止生长,所以,在11d将麦苗全部割下。两次割下的麦苗,从中选取富锆组麦苗高度10~14cm,麦苗尖无发枯发黄的麦苗进行锆含量的测定。结果显示,浸麦富锆法中的麦苗含锆量稍高于空白对照,第11d麦苗比8d也稍有增加。出苗后用40mg/L的锆溶液进行富锆的麦苗,锆含量明显高是空白对照组的9.7倍。

实验得出:出苗后富锆法,8d内用40mg/L的锆溶液富锆于麦苗2次/d,有促进大麦苗生长的作用,麦苗出率和富锆量高,并无麦苗尖无发枯发黄现象,此条件应为本实验中最佳富锆方法和最佳富锆浓度,为富锆麦苗的保健品(如富锆麦苗茶)开发及工厂化生产提供可靠的实验依据。

通过麦苗的富锆作用制备成为有多重生物活性的富

锆麦苗,又可通过麦苗的生物转化作用将周围环境中有毒的无机锆转化成无毒的有机锆,从而改善和保护了环境,达到生态的合理转化与保护,开辟一条功能食品开发制备与环境净化保护的合理结合的新途径,这是值得探讨的。

参考文献:

- [1] 黄碧光,刘思衡.麦苗的营养保健价值及其开发利用[J].食品研究与开发,2001,22(5):40-42.
- [2] 王晓洁,杨立红,史亚丽,等.利用小鼠实验观察大麦苗生物保健效应[J].食品科学,2006,27(12):750-753.
- [3] 冯启浩,金新根.大麦嫩叶汁粉的研究新进展[J].中国食品添加剂,1996(4):30-32.
- [4] 杨利,黄仁录.锆与人体健康[J].微量元素与健康研究,2005,22(3):60-61.
- [5] 孔涛,曲韵笙,朱连勤.微量元素锆的生物学功能[J].微量元素与健康研究,2007,24(1):59-60.
- [6] 蒋士龙,王志君,董本红.不同富硒条件对麦芽硒含量的影响[J].广东微量元素,2001,8(6):27-31.
- [7] 宋伟明,倪刚,胡奇林,等.氢化物发生-原子荧光光谱法测定保健食品中痕量锆[J].宁夏大学学报,2001,21(1):54-56.
- [8] 袁瑾,李霁良,钟惠民.分光光度法测定虫草中的锆[J].光谱实验室,2000,17(4):843-844.

《食品研究与开发》2008年征订启事

《食品研究与开发》是由天津市食品研究所和天津市食品工业生产力促进中心主办,国内外公开发行的食品专业科技期刊,于1980年创刊,现为月刊。采用国际流行开本大16开,共12个印张(192页)。其专业突出,内容丰富,印刷精美,是一本既有基础理论研究,又包括实用技术的刊物。本刊已被“万方数据库”、“中文科技期刊数据库”等知名媒体收录,并被北京大学图书馆列入“中文核心期刊”。主要栏目有:科学研究、食品工艺、食品开发、检测分析、营养健康、食品保鲜、添加剂、食品机械和综述等。

本刊国内统一刊号CN12-1231/TS;国际刊号ISSN1005-6521;邮发代号:6-197。全国各地邮局及本编辑部均可订阅。定价:15元/册,全年180元(12期)。

本编辑部常年办理邮购,订阅办法如下:

(1) 邮局汇款。地址:天津市南开区卫津南路36号

收款人:《食品研究与开发》编辑部;邮政编码:300381。

(2) 银行汇款。开户银行:天津银行天马支行;

账号:106301201090048704;单位:食品研究与开发编辑部。

《食品研究与开发》编辑部

E-mail: tjfood@vip.163.com

电话(传真): 022-23015671