

青海大坂山典型植物与种植作物中矿物元素的分布特征

党敏灵¹, 郭洁², 李天才^{2*}

(1. 青海省新能源研究所有限公司, 青海西宁 810008; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海西宁 810001)

摘要 [目的]研究青海大坂山典型植物和种植作物中矿物元素的分布特征。[方法]在青海大坂山地区按照海拔高度的增加种植作物——青稞和胡萝卜,采集典型植物样品和种植作物样品,并采用原子吸收光谱法分别测试其中矿物元素含量。[结果]青海大坂山地区典型植物和种植作物中矿物元素具有随着海拔高度的增加而增加分布特征。[结论]作物种植试验对矿物元素“饥饿效应”理论的检验与完善提供了部分试验依据,高原植物中丰富的 Fe 营养可能具有抗高原缺氧的功能作用。

关键词 青海大坂山;典型植物;种植作物;矿物元素;分布特征

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)17-07636-03

Distribution Characteristics of Mineral Elements in Typical Plants and Cultivated Crops on Daban Mountain of Qinghai

DANG Min-ling et al (Qinghai New Energy Research Institute, Xining, Qinghai 810008)

Abstract [Objective] The research aimed to study distribution characteristics of mineral elements in typical plants and cultivated crops on Daban Mountain of Qinghai. [Method] On Daban Mountain of Qinghai, *Hordeum vulgare* and *Daucus carota* were planted as altitude increase, and samples of typical plants and cultivated crops were collected. By using atomic absorption spectrometry, mineral element content was measured. [Result] Mineral elements in typical plants and cultivated crops on Daban Mountain of Qinghai increased as altitude. [Conclusion] Crop planting test provided some experimental evidences for inspection and improvement of “hunger effect” theory for mineral element, and rich Fe in plateau plants may have the functional role of anti-altitude hypoxia.

Key words Daban Mountain of Qinghai; Typical plants; Cultivated crops; Mineral element; Distribution characteristics

青海湖北岸草地中矿物元素具有随着海拔高度的增加而增加的空间分布格局,在垂直变化的气候影响下,草地植物因矿物元素“饥饿效应”形成了与地形地貌相一致的空间分布格局^[1-3]。矿物元素是草地植物生长发育所必需的营养成分^[4],青海大坂山地区典型植物和种植作物中矿物元素的分布特征又是如何? Fe 元素是植物叶绿体发育和光合作用的重要营养成分,在植物呼吸作用中起重要作用的细胞色素也是由铁卟啉与蛋白质结合而成^[5]。青海湖北岸草地植物中 Fe 元素含量随着海拔高度的增加而增加,高原植物中富 Fe 营养是否具有抗高原低氧的功能作用?

1 材料与方法

1.1 样地位置 大坂山位于青海西宁以北,属青海省海北州的祁连山系东段支脉,在大通河与湟水之间,北以门源盆地界,西北-东南走向,长约 200 km,宽约 15~30 km,海拔 3 500~4 000 m,地面切割强烈,沟谷纵横。

1.2 试验材料 研究选用适宜于青海高原环境条件下生长的禾本科作物——青稞(*Hordeum vulgare* L. var. *nudum* Hook. F.)和根茎类作物——胡萝卜(*Daucus carota* L. var. *sativa* DC)为试验材料。二作物生长期短、易于高原极端环境下栽培等显著优势,具有典型性、代表性,也是高寒、干旱、缺氧和强紫外线辐射等高原极端环境下进行青海高原植物研究理想的试验材料。

1.3 种植试验与样品采集 2009 年 5 月下旬、2010 年 5 月下旬分别于青海海北的大坂山地区,按照海拔高度的变化选

择适宜小样地(1.0 m × 1.0 m)分别垦地种植青稞和胡萝卜。2009 年 8 月下旬、2010 年 8 月下旬分别采集大坂山各海拔高度种植试验青稞、胡萝卜等作物和土壤样品,每一样地内各种样品分别采集 3 份为重复,阴干,保存备用。

1.4 元素分析 对于采集备用的植物样品首先进行冲洗、烘干、粉碎等样品预处理,用 HClO₄ 和 HNO₃ (V:V=1:4)进行消化处理,元素 Ca、Mg、Na、Li、Cu、Zn、Fe、Mn 等采用火焰原子吸收仪标准曲线法加标回收分析测试。分析仪器分别为 TAS-986 分光光度计(北京普析通用有限公司生产)。标准溶液购自中国计量科学研究院。

1.5 数据处理 采用 SPSS 17.0 软件统计分析各样品中矿物质元素含量及显著性差异。

2 结果与分析

2.1 大坂山典型植物中矿物元素的分布特征 大坂山典型植物中矿物元素也具有随海拔高度增加而增加的特征,即具有与地形地貌相一致的空间分布格局(图 1)。如海拔 2 817、3 113、3 179 m,密花香薷中 Cu 分别为 7.32、10.23、13.06 mg/kg,海拔高度增加了 362 m,而 Cu 含量增加了 78.4%;海拔 3 308、3 562、3 598 m,金露梅中 Na 分别为 526.7、551.3、929.9 mg/kg,海拔高度增加了 290 m,而 Na 含量增加了 76.6%;即随着海拔高度的增加,矿物元素含量增加十分明显。可见,青海大坂山地区的典型植物中矿物元素具有与地形地貌相一致的分布规律。

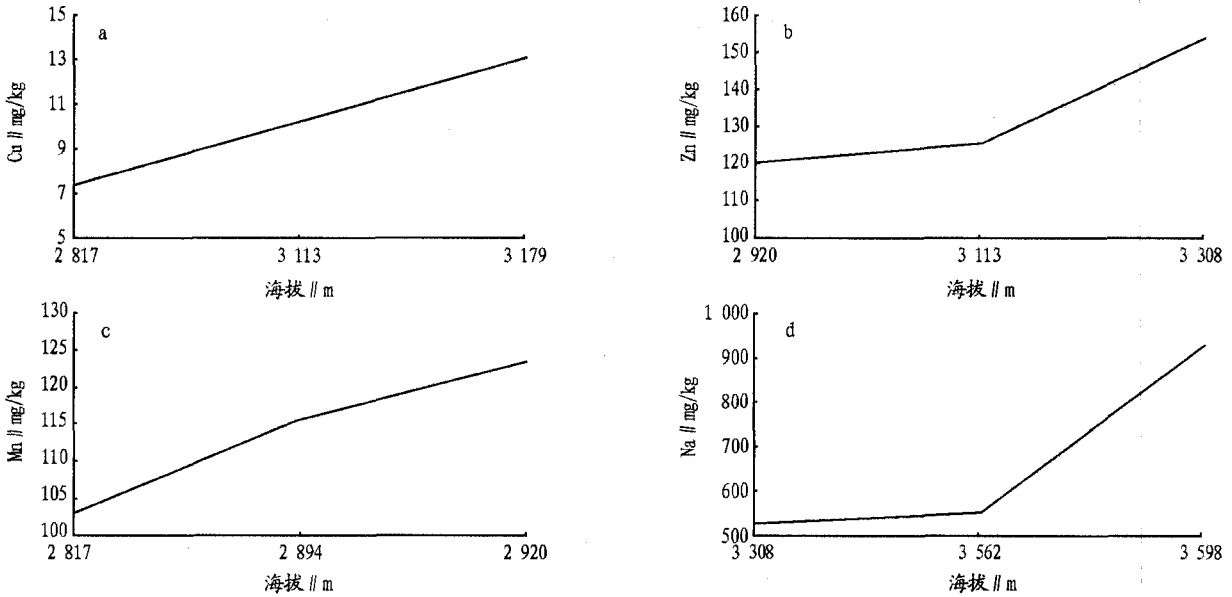
2.2 种植青稞中矿物元素的空间分布格局 大坂山种植青稞中矿物元素具有随海拔高度增加而增加的特征,即具有与地形地貌相一致的空间分布格局(图 2)。如海拔 2 920、3 562、3 574、3 597 m,2009 年种植青稞中 Mn 分别为 81.1、109.7、723.2、787.8 mg/kg,海拔高度增加了 677 m,而 Mn 增加了 871.4%,随着海拔高度的增加,矿物元素的增加十分明

基金项目 青海省自然科学基金项目(2013-Z-917);国家科技支撑计划项目(2007BAC30B04)。

作者简介 党敏灵(1967-),女,陕西合阳人,工程师,从事分析化学工作。*通讯作者,副研究员,博士,硕士生导师,从事草地生态学, E-mail: teli@nwipb.cas.cn。

收稿日期 2013-05-10

显。可见,青海大坂山地区种植作物青稞中矿物元素具有与地形地貌相一致的空间分布格局。



注:a.密花香薷中Cu的分布;b.萎陵菜中Zn的分布;c.酸模中Mn的分布;d.金露梅中Na的分布。

图1 大坂山典型植物中矿物元素的分布特征

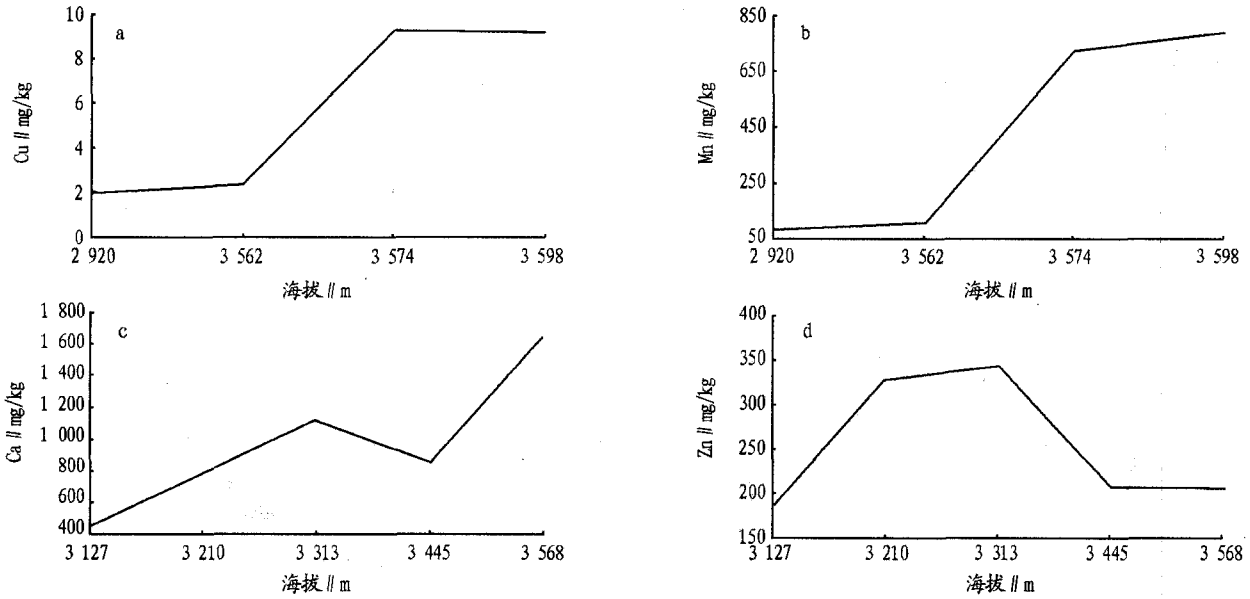


图2 大坂山2009年种植青稞中Cu(a)、Mn(b)、Ca(c)、Zn(d)的分布

2.3 种植胡萝卜中矿物元素的空间分布格局 大坂山种植胡萝卜中矿物元素也具有随海拔高度增加而增加的特征,即具有与地形地貌相一致的空间分布格局(图3)。如海拔3 217、3 220、3 445、3 568 m处,2010年种植青稞中Zn分别为182.8、216.6、298.9、304.9 mg/kg,海拔高度增加了351 m,而Zn增加了66.8%,随着海拔高度的增加,矿物元素的增加十分明显。可见,青海大坂山地区的根茎类种植作物胡萝卜中矿物元素具有与地形地貌相一致的空间分布格局。

2.4 种植青稞和胡萝卜中矿物元素铁的分布 大坂山地区2009、2010年在不同海拔高度下的种植作物青稞和胡萝卜中矿物元素Fe具有随着海拔高度的增加而增加的空间分布格

局(图4),即高原植物中矿物元素Fe具有与地形地貌相一致的空间分布格局。

在植物体内,不同的含铁蛋白构成了电子传递体系,参与光合作用、呼吸作用、硝酸还原作用、生物固氮作用和三羧酸循环等许多重要的生理代谢过程^[5]。在呼吸作用中,Fe作为细胞色素、细胞色素氧化酶、过氧化氢酶和过氧化物酶的成分,一般位于这些酶结构的活性部位。细胞色素通过Fe的氧化还原变化,传递代谢过程中释放的电子,再由细胞色素氧化酶将电子传递给氧分子,完成呼吸作用^[6]。当植物缺Fe时,相关酶的活性都会受到抑制,植物体内的一系列氧化还原反应减弱,电子不能正常传递,呼吸作用受阻,ATP合成

减少^[7-11]。因此,植物缺 Fe 会显著影响植物生长发育。随着海拔高度增加,由于空气中氧分量的减少,植物呼吸作用受阻,为了适应高海拔地区缺氧的大气环境,高原植物迫使自己加强呼吸而获得相对充足的氧,即高海拔缺氧地区的植物体内必需蓄积储备更多的 Fe,通过更多的电子传递,完成

缺氧环境中的呼吸作用。可见,高海拔缺氧环境中植物通过增加体内 Fe 营养,增强其呼吸作用,以完成植物体本身正常的生理代谢功能,实现植物体正常的生长发育。因此,随着海拔高度增加,植物体内 Fe 营养蓄积增加的现象提示,高原植物体中富 Fe 营养可能具有抗高原缺氧的功能与作用^[12]。

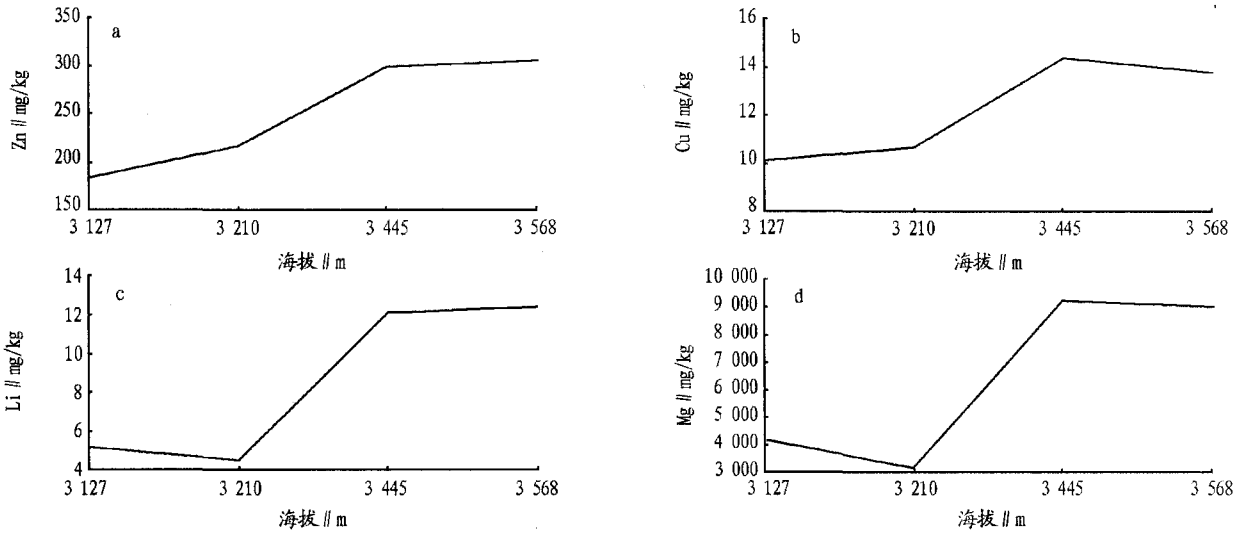


图3 大坂山 2010 年种植胡萝卜中 Zn(a)、Cu(b)、Li(c)、Mg(d) 的分布

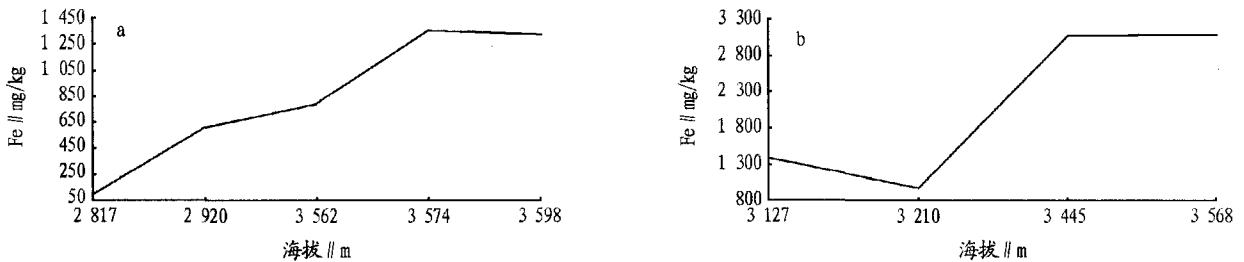


图4 大坂山 2009 年种植青稞(a)与 2010 年种植胡萝卜(b)中 Fe 分布

大坂山地区典型植物和种植青稞和胡萝卜中矿物元素 Fe 的空间分布与生长环境垂直变化的小气候有关。即生长环境的小气候垂直变化是高原植物体中 Fe 元素形成空间分布的条件,而环境中缺氧致使 Fe 元素的“饥饿效应”是其内动力,高原缺氧环境下因呼吸作用的增强驱使高海拔植物中出现 Fe 营养的“饥饿”状态而蓄积分异^[12]。因此,高原植物中矿物元素 Fe 可能具有抗高原缺氧的功能与作用。

3 结论

青海大坂山地区典型植物和种植作物——青稞、胡萝卜中矿物元素具有随海拔高度增加而增加的特征,即具有与地形地貌相一致的空间分布格局,为矿物元素的“饥饿效应”理论的检验与完善提供了试验依据。青海大坂山地区典型植物和种植作物中富 Fe 营养因呼吸作用的增强驱使其处于“饥饿”状态而蓄积分异而成。因此高原植物中丰富 Fe 营养源于高原缺氧,即高原植物中 Fe 可能具有抗高原缺氧的功能。

参考文献

[1] 李天才,陈桂琛,曹广民,等. 青海湖北岸退化草地和封育草地中钾、

钙、镁等矿质常量元素特征[J]. 草地学报,2011,19(5):752-759.
 [2] 李天才,曹广民,柳青海,等. 青海湖北岸退化、封育草地中钠、锶、锂矿质元素特征及与草地植被的关系[J]. 草原与草坪,2012,32(6):17-22.
 [3] 李天才,曹广民,柳青海,等. 青海湖北岸退化与封育草地土壤与优势植物中四种微量元素特征[J]. 草业学报,2012,21(5):213-221.
 [4] 廖红,严小龙,高级植物营养学[M]. 北京:科学出版社,2003:26-32.
 [5] 刘旭新. 微量元素铁代谢的研究进展[J]. 广东微量元素科学,2001,8(1):11-15.
 [6] 陈家从. 微量元素铁的营养及评价指标[J]. 中国临床医药实用杂志,2004,16(3):3-5.
 [7] 邹春琴,张福锁,毛达如. 铁对玉米体内氮代谢过程的影响[J]. 中国农业大学学报,1998,3(5):45-50.
 [8] 周志宇,张洪荣,付华,等. 施用污泥对无芒雀麦和土壤中元素含量的影响[J]. 草地学报,2001,9(3):223-227.
 [9] 匡艺,李廷轩,余海英. 小黑麦植株铁、锰、铜含量对氮素反应的品种差异及其类型[J]. 草业学报,2011,20(4):82-89.
 [10] 秦或,李晓志,姜文清,等. 西藏主要作物与牧草营养成分及其营养类型研究[J]. 草业学报,2010,19(5):122-129.
 [11] 李晶,孙国荣,阎秀峰,等. 星星草地上部 6 种元素含量季节动态及其分布[J]. 草地学报,2001,9(3):213-217.
 [12] 李天才. 青海湖北岸草地矿物元素分布格局与蓄积分异行为研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2013:61-91.