钼对小白菜叶色、营养品质及硝酸盐含量的影响

聂兆君　胡承孝　孙学成　谭启玲　刘红恩

摘　要　以小白菜(五月慢)为供试材料,采用盆栽的方法,研究施钼水平对小白菜叶色、营养品质及硝酸盐含量的影响。结果表明,施钼能够促进小白菜生长,提高其产量;施钼可以提高小白菜叶绿素含量,使叶色更为浓绿;施钼显著增加了小白菜钼、抗坏血酸、可溶性糖、可溶性蛋白质、部分人体必需氨基酸及非必需氨基酸的含量,改善其营养品质;施钼能够显著降低小白菜硝酸盐含量,在一定程度上提高了小白菜的食用安全性;本试验中,钼水平以0.300 mg·kg^{-1}效果最好。

关键词　钼　小白菜　品质

蔬菜是人们日常生活的主要副食品,其品质直接影响着人们的健康水平。蔬菜品质的优劣主要从外观、营养成分以及安全性等方面考虑[1]。钼是土壤中含量较低的微量元素,也是植物生长所必需的微量元素。有报道指出,施用钼肥能够提高花椰菜[2]、苦瓜[3]、小白菜[4]等蔬菜的抗坏血酸、可溶性糖含量,降低硝酸盐含量[5-6],对蔬菜产品器官中的总氮及蛋白质含量也有显著影响[7]。本试验以小白菜(五月慢)为材料,研究了钼对小白菜叶色、营养成分及硝酸盐含量的影响,为蔬菜施用钼肥及优质高产提供依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

供试土壤为湖北省新洲酸性黄棕壤,其理化性质:pH 4.57、有机质22.49 g·kg^{-1}、碱解氮153.41 mg·kg^{-1}、速效钾215.00 mg·kg^{-1}、速效磷6.62 mg·kg^{-1}、有效钼0.056 mg·kg^{-1};供试小白菜品种为五月慢,购于湖北省种子集团公司。

聂兆君,女,硕士研究生,华中农业大学微量元素研究中心,武汉市洪山区狮子山特1号,430070,E-mail:nzj0511@126.com

胡承孝(通讯作者,E-mail:hucx@mail.hzau.edu.cn),孙学成,谭启玲,刘红恩,华中农业大学微量元素研究中心,武汉市洪山区狮子山特1号,430070

收稿日期:2007-11-13;修回日期:2008-03-12

基金项目:教育部新世纪优秀人才支持计划(NECT-04-0731),教育部博士点基金项目

1.2　试验方法

试验在华中农业大学资源与环境学院试验基地进行,2006年3月14日播种,采用聚乙烯塑料盆内附聚乙烯塑料薄膜栽培,土壤肥底为N 0.2 g·kg^{-1},P_2O_5 0.15 g·kg^{-1},K_2O 0.2 g·kg^{-1},以分析纯硫酸铵、磷酸二氢钾、氯化钾为肥源。每盆栽20株,5月10日收获。生育期间用去离子水浇灌,以玻璃钢瓦活动棚防雨水淋浇。试验设Mo 0(对照)、0.075、0.150、0.300 mg·kg^{-1} 4个处理,每处理4盆,4次重复;以分析纯钼酸铵为肥源,同时将不含钼的阿农营养液1 000倍液以1 mL·kg^{-1}含量加入土壤中,以避免微量元素的缺乏。

土壤样品风干、过1 mm筛后按常规方法测定基本理化性质[8]。小白菜收获前于晴天9:00用SPAD-502叶绿素仪测定叶片叶绿素含量的相对值SPAD[9],收获后,立即测定其地上部鲜质量,计算每盆产量。一部分样品于105 ℃杀青30 min后70 ℃烘干,用催化极谱法[10]测定植株钼含量;另一部分样品放入液氮中快速冷冻后转入-20 ℃冰箱中保存,取小白菜叶片测定各项品质指标。抗坏血酸总量用2,4-二硝基苯肼比色法[8]测定;还原型抗坏血酸含量用2,6-二氯靛酚滴定法[11]测定;可溶性糖含量用蒽酮比色法[11]测定;可溶性蛋白质含量用考马斯亮蓝G-250染色法[11]测定;游离氨基酸含量用茚三酮溶液显色法[11]测定;硝酸盐含量用水杨酸比色法[8]测定;总氨基酸及游离氨基酸组分用氨基酸自动分析仪[12]测定。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2　结果与分析

2.1　钼对小白菜产量的影响

随着钼肥施用量的增加,小白菜的产量呈增加的趋势,且在 0.150、0.300 mg·kg^{-1}钼水平达到显著性差异,增产幅度分别为 53 %和 58 %(图 1)。说明在一定的浓度范围内(0～0.300 mg·kg^{-1}),施钼可以提高小白菜的产量。

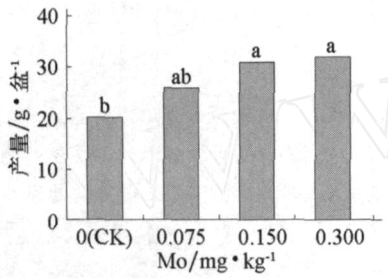


图 1　钼对小白菜产量的影响

2.2　钼对小白菜钼含量及叶绿素、抗坏血酸、可溶性糖含量的影响

由表 1可见,小白菜的钼含量及叶绿素、可溶性糖含量均随着施钼水平的增加而增加,且均在 0.150、0.300 mg·kg^{-1}水平时达显著性差异;随着施钼水平的增加,抗坏血酸总量呈现增加的趋势,且在 0.300 mg·kg^{-1}水平时达到显著性差异;还原型抗坏血酸含量则呈先增加后降低的趋势,但各施钼水平均高于对照,0.150 mg·kg^{-1}水平达到显著性差异。说明施钼能够显著提高小白菜钼含量及叶绿素、抗坏血酸、可溶性糖含量,改善其营养品质。

2.3　钼对小白菜可溶性蛋白质、游离氨基酸及硝态氮含量的影响

由表 1可见,随着施钼水平的增加,小白菜可溶性蛋白质含量呈先降低后增加的趋势,在 0.300 mg·kg^{-1}水平时最高,且与 0.075 mg·kg^{-1}水平差异显著;施钼水平的高低对小白菜游离氨基酸含量无显著影响;施钼可显著降低小白菜硝态氮含量,随着施钼水平的增加,小白菜硝态氮含量逐渐降低,降幅分别达 59.1 %、65.2 %和 75.6 %,各处理与对照均达到显著性差异。因此,中、高(0.150、0.300 mg·kg^{-1})施钼水平能够增加小白菜可溶性蛋白质含量;各施钼水平均显著降低小白菜硝态氮含量,且施钼水平越高差异越大。

表 1　钼对小白菜钼含量及叶绿素、抗坏血酸、可溶性糖、可溶性蛋白质、游离氨基酸、硝态氮含量的影响

钼水平	钼含量	叶绿素(SPAD)	抗坏血酸总量	还原型抗坏血酸	可溶性糖	可溶性蛋白质	游离氨基酸	硝态氮
mg·kg^{-1}	μg·g^{-1}		mg·kg^{-1}	mg·kg^{-1}	%	mg·g^{-1}	mg·kg^{-1}	μg·g^{-1}
0(CK)	0.52 ±0.10 b	44.2 ±4.05 b	771.4 ±66.1 b	123.9 ±6.3 b	0.620 ±0.05 c	7.93 ±0.06 ab	41.73 ±14.7 a	738.5 ±89.56 a
0.075	0.98 ±0.09 ab	46.8 ±1.66 ab	819.4 ±71.9 ab	101.6 ±70.6 ab	0.914 ±0.05 bc	7.60 ±1.37 b	50.54 ±11.8 a	302.2 ±71.96 b
0.150	1.14 ±0.26 a	48.1 ±0.59 a	842.8 ±32.4 ab	180.2 ±121.8 a	1.020 ±0.33 b	8.21 ±0.61 ab	43.63 ±10.4 a	256.8 ±102.30 bc
0.300	1.14 ±0.49 a	50.3 ±1.92 a	962.7 ±207.1 a	127.8 ±13.5 ab	1.548 ±0.11 a	9.47 ±1.57 a	50.20 ±12.3 a	180.3 ±33.24 c

注:表中同列数据后不同小写字母表示差异显著(α=0.05)。

2.4　钼对小白菜氨基酸组分及含量的影响

植物体内的氨基酸主要有两种分类方法:一种分为疏水氨基酸和亲水氨基酸两大类,疏水氨基酸和亲水氨基酸含量的高低,可能影响细胞对水分的束缚力以及植物细胞抗旱、抗寒及抗冻力的形成[13];另一种分为人体必需氨基酸和非必需氨基酸两大类。总氨基酸是指游离氨基酸及蛋白质氨基酸的总和。在生物体内不存在于蛋白质中,仅以游离状态存在的氨基酸则是游离氨基酸。

由表 2可以看出,各施钼水平下小白菜植株体内疏水氨基酸总量、亲水氨基酸总量、人体必需氨基酸总量以及氨基酸总量均高于对照。除丝氨酸外,其他氨基酸组分在各施钼水平下均高于或等于对照。各施钼水平下小白菜植株体内的疏水氨基酸总量、亲水氨基酸总量以及人体必需氨基酸总量占氨基酸总量的百分数相对于对照的高低情况各不相同。以各氨基酸组分含量占氨基酸总量的百分数的变异系数(*C.V*)表示施钼水平对小白菜氨基酸组分影响的大小。结果表明,施钼水平对丝氨酸(*C.V*为 4.54 %)、丙氨酸(*C.V*为 3.07 %)、酪氨酸(*C.V*为 2.99 %)的影响较大,其次为组氨酸(*C.V*为 1.82 %)、脯氨酸(*C.V*为 1.81 %)、异亮氨酸(*C.V*为 1.79 %)、赖氨酸(*C.V*为 1.59 %)、精氨酸(*C.V*为 1.14 %)、谷氨酸(*C.V*为 1.03 %)以及甘氨酸(*C.V*为 1.01 %),其余氨基酸组分受施钼水平影响较小(*C.V*均低于 1.00 %)。施钼对疏水氨基酸总量、亲水氨基酸总量以及人体必需氨基酸总量的影响也比较小。

由表 3可以看出,小白菜植株体内游离氨基酸中的疏水氨基酸总量、亲水氨基酸总量以及人体必需氨基酸总量仅在 0.300 mg·kg^{-1}钼水平时高于对照。各施钼水平下小白菜植株体内游离氨基酸

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 钼对小白菜总氨基酸组分及含量的影响 % (DW)

氨基酸组分	钼水平 /mg·kg⁻¹			
	0(CK)	0.075	0.150	0.300
天门冬氨酸[3)]	12.43	12.50	12.61	12.56
苏氨酸[2,3)]	1.36	1.38	1.44	1.42
丝氨酸[3)]	1.29	1.24	1.26	1.24
谷氨酸[3)]	2.69	2.81	2.91	2.91
甘氨酸[3)]	1.30	1.31	1.41	1.39
丙氨酸[1)]	1.53	1.57	1.71	1.72
胱氨酸[3)]	ns	ns	ns	ns
缬氨酸[1,2)]	1.50	1.51	1.59	1.57
蛋氨酸[1,2)]	0.52	0.54	0.56	0.57
异亮氨酸[1,2)]	1.08	1.08	1.11	1.10
亮氨酸[1,2)]	2.05	2.07	2.19	2.16
酪氨酸[3)]	0.77	0.80	0.86	0.88
苯丙氨酸[1,2)]	1.24	1.27	1.33	1.33
赖氨酸[2,3)]	1.71	1.74	1.88	1.80
组氨酸[2,3)]	0.74	0.74	0.79	0.76
精氨酸[2,3)]	1.52	1.58	1.62	1.64
脯氨酸[1)]	1.30	1.32	1.34	1.37
总氨基酸	23.00	23.50	24.60	24.40
疏水氨基酸	9.22	9.36	9.83	9.82
亲水氨基酸	13.80	14.10	14.80	14.60
必需氨基酸	11.70	11.90	12.50	12.40

注:1)疏水氨基酸,2)必需氨基酸,3)亲水氨基酸;ns 表示未检测到;下表同。

表 3 钼对小白菜游离氨基酸组分及含量的影响

mg·kg⁻¹(FW)

氨基酸组分	钼水平 /mg·kg⁻¹			
	0(CK)	0.075	0.150	0.300
天门冬氨酸[3)]	0.012 3	0.014 0	0.012 9	0.022 8
苏氨酸[2,3)]	0.005 2	0.005 6	0.004 1	0.013 8
丝氨酸[3)]	0.016 5	0.011 4	0.009 2	0.009 6
谷氨酸[3)]	0.041 0	0.042 6	0.032 5	0.069 7
甘氨酸[3)]	0.001 0	0.002 1	0.001 5	0.002 6
丙氨酸[1)]	0.004 6	0.004 1	0.003 1	0.005 5
胱氨酸[3)]	0.000 2	0.000 1	0.000 1	0.000 0
缬氨酸[1,2)]	0.001 0	0.000 9	0.000 8	0.001 6
蛋氨酸[1,2)]	ns	ns	ns	ns
异亮氨酸[1,2)]	0.001 2	0.000 8	0.000 9	0.001 3
亮氨酸[1,2)]	0.000 4	ns	0.000 5	ns
酪氨酸[3)]	0.000 3	ns	0.000 4	ns
苯丙氨酸[1,2)]	0.000 6	ns	0.000 9	0.000 1
赖氨酸[2,3)]	0.002 5	0.001 6	0.001 3	0.001 4
组氨酸[2,3)]	0.000 3	0.000 2	0.000 2	0.001 0
精氨酸[2,3)]	0.004 0	0.001 6	0.000 0	0.002 5
脯氨酸[1)]	ns	ns	ns	ns
游离氨基酸	0.091 1	0.085 0	0.068 4	0.131 9
疏水氨基酸	0.007 8	0.005 8	0.006 2	0.008 5
亲水氨基酸	0.083 3	0.079 2	0.062 2	0.123 4
必需氨基酸	0.015 2	0.010 7	0.008 7	0.021 7

中的疏水氨基酸总量、亲水氨基酸总量以及人体必需氨基酸总量占游离氨基酸总量的百分数相对于对照的高低情况各不相同。施钼对游离疏水氨基酸以及人体必需氨基酸的影响较大,*C.V* 分别为 16.6 %和 15.5 %,其次为对游离亲水氨基酸(*C.V* 为 1.39 %)、酪氨酸(*C.V* 为 1.24 %)、亮氨酸(*C.V* 为 1.22 %)以及苯丙氨酸(*C.V* 为 1.19 %)的影响,其余氨基酸组分受施钼水平影响则较小(*C.V* 均低于 1.00 %)。

3 结论与讨论

有研究表明,施钼对于作物的生长发育、产量和品质具有十分重要的作用。缺钼会导致玉米[14]、冬小麦[15]、大豆[16]、小白菜[4]体内叶绿素含量减少,引起冬小麦叶片中叶绿体结构异常,数目减少,基粒发育不良,叶绿素含量下降[17]。施用钼肥能够提高作物体内可溶性糖[3,18]、抗坏血酸[3,18-19]以及钼含量[20-22]。

本试验结果表明,施钼增加了小白菜叶绿素含量,且叶绿素含量随着施钼水平的提高而增加,使叶色更为浓绿;缺钼则导致叶绿素含量降低,叶片颜色变浅,光合作用能力下降,阻碍产量的形成。相关性分析结果表明,叶绿素含量与小白菜产量呈显著正相关(相关系数为 0.959 4*)。同时,施钼提高了小白菜钼含量,改善了小白菜的钼营养状况,促进其生长发育,提高产量。在本试验中,小白菜可溶性糖含量随着施钼水平的增加而增加,说明施钼提高了小白菜光合产物的可溶性糖含量,促进了碳水化合物的代谢。各施钼水平均能提高小白菜抗坏血酸含量,并且在适宜的浓度范围内,施钼水平越高,其含量也越高。相关分析结果表明,抗坏血酸含量与可溶性糖含量也呈极显著的正相关(相关系数为 0.996 6**),其原因可能与抗坏血酸的合成途径有关。因为目前公认的植物体内抗坏血酸的合成途径是将抗坏血酸的生物合成融入碳水化合物的主要代谢过程[23]而实现的。因此,施钼提高小白菜抗坏血酸含量可能与施钼提高可溶性糖含量密切相关。

各施钼水平能够提高大多数氨基酸组分,包括氨基酸总量、疏水氨基酸、亲水氨基酸总量以及人体必需氨基酸总量。高浓度的施钼水平(0.300 mg·kg⁻¹)能够提高小白菜游离氨基酸中的人体必需氨基酸总量,同时也提高了游离疏水氨基酸以及亲水氨基酸的总量。

从安全性来看,蔬菜食用部分硝酸盐含量是蔬

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

菜卫生品质的一个限制性指标。本试验结果表明，各施钼水平均能够显著降低小白菜的硝酸盐含量，且施钼水平越高，降低作用越明显。

本试验以钼最高处理水平 0.300 mg·kg^{-1}效果最好，高于此水平是否效果会更好，将有待于进一步验证。

参考文献

[1] 张宏彦. 蔬菜养分调控与品质[J]. 中国蔬菜, 2005(S1): 23-26.

[2] 朱凤林. 钼、硼对花椰菜产量及品质的影响[J]. 园艺学报, 2005, 32(2): 310-313.

[3] 施木田, 陈如凯. 锌钼营养对苦瓜产量、品质及叶片氮素代谢的影响[J]. 热带作物学报, 2003, 24(4): 57-61.

[4] 郑艺梅, 胡承孝, 郑晶, 华平, 张奎. 钼对小白菜叶绿素和抗坏血酸含量以及硝酸盐累积的影响[J]. 农产品加工:学刊, 2006(3): 7-8, 11.

[5] 黄绍宁, 沈华山, 吴华明. 施肥对菜薹硝酸盐含量的影响[J]. 中国蔬菜, 2001(3): 18-19.

[6] 赵静, 白清云, 帕尼古丽. 钼对降低蔬菜硝酸盐积累的效应研究[J]. 农业环境保护, 2001, 20(4): 238-239.

[7] Kevresan S, Petrovic N, Popovic M, Kandrac J. Nitrogen and protein metabolism in young pea plants as affected by different concentrations of nickel, cadmium, lead and molybdenum[J]. Journal of Plant Nutrition, 2001, 24(10): 1633-1644.

[8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社, 2000: 30-34, 56-58, 86-87, 106-107, 147-148, 363-364.

[9] 陈防, 鲁剑巍. SPAD-502叶绿素计在作物营养快速诊断上的应用初探[J]. 湖北农业科学, 1996(2): 31-34.

[10] 万耀星, 刘雄德, 李正艳. 土壤有效钼及植物全钼的示波极谱测定[J]. 土壤通报, 1988, 19: 43-46.

[11] 李合生. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2000: 123-124, 184-185, 192-194, 195-197, 246-248.

[12] 喻敏. 冬小麦不同基因型的钼效率及其生理基础[D]. 武汉:华中农业大学, 2000.

[13] 胡承孝. 冬小麦钼营养特性及钼、氮营养关系和机理研究[D]. 武汉:华中农业大学, 1999.

[14] Agarwala S C, Sharma C P, Farooq S, Chatterjee C. Effect of molybdenum deficiency on the growth and metabolism of corn plants raised in sand culture[J]. Can J Bot, 1978, 56: 1905-1908.

[15] 胡承孝, 王运华, 谭启玲, 魏文学. 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.

[16] 刘鹏, 杨玉爱. 钼、硼对大豆光合效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(4): 456-461.

[17] 喻敏, 王运华, 胡承孝. 种子钼对冬小麦硝酸还原酶活性、干物质重及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(2): 220-226.

[18] 陈明华, 林光. 配施铜、钼微肥对小白菜品质影响的研究[J]. 福建农业科技, 1998(3): 13-14.

[19] 李军, 张殿军, 李祥东. 硼钼营养对马铃薯鲜薯产量及活性氧代谢的影响[J]. 中国马铃薯, 2002, 16(1): 10-13.

[20] 孙学成. 钼提高冬小麦抗寒力的机理研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2000.

[21] 李书英. 钼磷配施对冬小麦生长发育和抗寒力的影响[D]. 武汉:华中农业大学, 2004.

[22] 甘巧巧. 施钼对冬小麦钼酶、碳代谢相关酶类及细胞壁组分的影响[D]. 武汉:华中农业大学, 2005.

[23] Conklin P L. Recent advance in the role and biosynthesis of ascorbic acid in plants[J]. Plant Cell & Environment, 2001, 24(4): 383-394.

Effects of Molybdenum on Leaf Color, Nutritional Quality and Nitrate Contents of Chinese Cabbage

Nie Zhaojun, Hu Chengxiao, Sun Xuecheng, et al (Microelement Research Center, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

Abstract A pot trial was conducted to investigate effects of molybdenum (Mo) on leaf color, nutritional quality and nitrate contents in Chinese cabbage. The results showed that Mo application could promote the growth of Chinese cabbage, increase its yield, raise the contents of chlorophyll, and could change the leaf color to dark green. Mo application remarkably increased the contents of Mo, ascorbate, soluble sugar and soluble protein in Chinese cabbage. Mo application also raised the contents of both essential and non-essential amino acids needed by human body in Chinese cabbage, thus improved its nutritional quality. Mo application could significantlly reduce the nitrate contents in Chinese cabbage, and also, it would improve the edible safety of Chinese cabbage in certain level. In this trial, Mo level of 0.300 mg·kg^{-1} had the best effect.

Key words Molybdenum, Chinese cabbage, Quality

·书讯·

《英汉园艺学词汇》

《英汉园艺学词汇》是繁体的《英汉园艺学辞典》第三版经修订、改正及试用而成的第四版，包括与园艺学、农学、林学及植物学有关的生理、生化、生态、遗传、育种、繁殖等词汇，也包括植物名称、学名、科属名等，是一本综合性的英、汉名词对译的工具书，可作为园艺学、农学、林学，甚至医学等自然科学的教学、研究及社会有关各界的参考书。邮购价：90元。

邮购地址：北京市海淀区中关村南大街12号《中国蔬菜》编辑部　邮编：100081　电话：010-82109550

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net