

钼营养对烤烟干物质积累、钼素分配 和利用率的影响

武丽¹, 张西仲², 李余湘², 韩忠明², 吴邦元², 陆新莉², 李章海^{3*}

(1.安徽农业大学 农学院, 安徽 合肥 230036; 2.贵州省黔南州烟草公司, 贵州 都匀 558000; 3.中国科技大学 烟草与健康研究中心, 安徽 合肥 230051)

摘要: 研究不同剂量的钼营养对烟株干物质积累的影响、钼素在不同器官中的分配及钼素利用率等。盆栽试验采用 4 个钼剂量水平和 CK (清水) 共 5 个处理, 并在黔南烟草主产区的 9 个地方布置统一方案进行大田试验。分别在不同生育阶段使用 KCNS 比色方法测定钼含量, 并使用 SPSS 进行数据分析。结果表明: ①随生育期的延长, 干物质积累量也在增加, 且钼含量有不同的变化规律。②不同施钼水平烟株的各器官中的钼分配都以叶中最多, 施钼处理的烟叶中钼素含量均高于 CK。③随供钼水平的变化, 各处理被烟株吸收的钼素有效率有所差异增加, 烟株中钼素积累量有所提高。钼素促进了烟株各器官干物质的积累, 提高了烟株中的钼素积累量, 而且适当剂量的钼营养影响着烟株不同器官中的钼素分配率, 一定程度上提高了烟叶中的钼含量及分配比率。

关键词: 钼营养; 干物质; 积累; 分配; 利用率

中图分类号: S572 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2286 (2012) 03-0445-06

Effects of Molybdenum on the Accumulation of Dry Matter, Distribution and Utilization of Molybdenum of Flue-cured Tobacco

WU Li¹, ZHANG Xi-zhong², LI Yu-xiang², HAN Zhong-ming²,
WU Bang-yuan², LU Xin-li², LI Zhang-hai^{3*}

(1.College of Agronomy, Anhui Agriculture University, Hefei 230036, China; 2. Qiannan Tobacco Company, Duyun, 558000, China; 3. Research Centreer of Tobacco and Health, University of Science and Technology of China, Hefei 230052, China)

Abstract: The effects of molybdenum nutrition of different dosages on the accumulation of dry matter, distribution and utilization of molybdenum in different organs of flue-cured tobacco were studied by Pot and field experiments. The pot experiment used 4 Mo dose levels and CK (water), and the field experiment was carried out in the main producing area in Qiannan, in which 9 plotes were used for the the experiment with a was layed out unified scheme. The molybdenum contents in different reproductive stages were determined with KCNS colorimetric method and analysed with SPSS. ①With the prolongation of growing period, the dry matter accumulation increased, and there were different changing rules in molybdenum contents. ② All the tobacco plants applied with different levels of molybdenum had the highest Mo content in leaves, and was higher than that in CK. ③With the increase of molybdenum levels, the accumulation of molybdenum increased. As for molybdenum level changes, Each of the treatment, had difference by tobacco plant uptake of Mo element efficiency. The accumulation of dry matter was promoted and the distribution ratio of molybdenum in tobacco plant was regulated by molybdenum nutrient. To a certain extent, the content of molybdenum and the distribution ratio in the leaves were increased.

收稿日期: 2011-09-12 修回日期: 2012-03-03

基金项目: 贵州省烟草专卖局重点科技项目 (合同号 200914) 和院科研启动基金项目 (2011002)

作者简介: 武丽 (1978—), 女, 讲师, 博士生, 主要从事作物品质与营养研究, E-mail: wulisuc@163.com;

*通讯作者: 李章海, 副教授, E-mail: lzhai@ustc.edu.cn.

Key words: molybdenum nutrition; dry matter; accumulation; distribution; utilization

钼素在高等植物的生物固氮和硝酸还原过程中起着重要的作用^[1-3], 钼素营养至今受到人们极大的关注^[4-7]。茄科作物对钼营养的需求量较少, 被视为对钼不敏感的作物, 因此有关茄科作物的钼营养研究较少。烟草是重要的茄科作物之一, 其栽培的主要目的是采收叶片, 烟叶既是烟株的营养器官, 又是其经济器官, 烟株的生长发育和产量品质的形成, 最终决定于烟草植株干物质的积累, 因此, 烟叶的生产与干物质积累有着密切的关系。大、中量营养元素对烟草生长的研究报告较多, 但是对微量元素钼的不同营养水平在烟草植株中的积累动态、分配及利用率等的探讨甚少。本文采用盆栽和大田试验相结合的方法, 对钼素在烟株器官中的积累动态、分配及利用率等进行了研究, 揭示烟草对钼素的吸收和分配规律, 探寻提高钼素利用率的有效途径, 为科学实施钼肥运筹提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

盆栽试验的供试土壤为黄棕壤, 烟草品种为 K326。供试钼肥为高效钼肥 (含 MoO_3 量为 2.5% 的烟草专用高效钼肥, 合肥华徽生物科技公司)。取风干土样做土壤理化性状分析。主要理化性状为: pH8.1, 有机质 10.6 g/kg, 水解氮 43.6 mg/kg, 速效磷 27.3 mg/kg, 速效钾 243.3 mg/kg, 有效钼 0.08 mg/kg。田间试验点植烟土壤的理化性状见表 1。

表 1 田间试验点基础土壤养分状况

Tab.1 The nutrient status of the field basis soil

试验点 Spot	pH	土壤有效钼含量 /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Content of effective molybdenum	有机质 /($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Organic matter	碱解氮 /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Alkali solution nitrogen	速效磷 /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Rapidly available phosphorus	速效钾 /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Rapidly available potassium
福泉地松 Fuquandisong	7.9	0.03	39.9	145.6	73.2	315.8
都匀坝固 Duyunguba	4.7	0.03	46.2	237.1	48.3	191.3
独山 8 组 Dushan8zu	4.7	0.17	29.7	138.9	22.4	54.2
长顺马路 Changshunmalu	5.1	0.08	12.1	68.2	20.9	103.9
龙里摆省 Longlibaisheng	5.4	0.08	20.2	121.4	10.8	85.3
平塘白龙 Pingtangbailong	5.2	0.08	27.5	158.5	42.6	163.4
瓮安珠藏 Wenanzhuzang	5.4	0.08	27.7	133.3	48.6	131
惠水甲裂 Huishuijialie	6.4	0.03	31	165.1	32.6	154.2
惠水岗度 Huishuigangdu	5.5	0.03	22.5	128.4	16.7	133.9
都匀河阳 Duyunheyang	5.7	0.01	55.1	220.6	31.4	238.8

1.2 试验设计

盆栽试验于 2010 年在中国科技大学烟草与健康研究中心试验站进行。试验设 4 个钼剂量水平和 CK (清水) 5 个处理: CK 为每盆施钼 0 g (本底 0.08 mg/kg 土); T1 为每盆施钼 1.35 mg (0.22 mg/kg 土); T2 为每盆施钼 2.70 mg (0.35 mg/kg 土); T3 为每盆施钼 4.05 mg (0.49 mg/kg 土); T4 为每盆施钼 5.40 mg (0.62 mg/kg 土), 每处理重复 12 次。每盆植烟 1 株, 采用聚乙烯钵, 以株行距 40 cm × 110 cm 摆放。盆内衬塑料薄膜, 每盆装过筛风干土 10 kg, 选取生长健壮的 7 叶 1 心烟苗于 5 月 12 号移栽, 定量施烟草专用复合肥 50 g 每株基施, $m(\text{N}):m(\text{P}_2\text{O}_5):m(\text{K}_2\text{O})=10:15:15$ 的烟草专用复合肥 50 g, 一次性

施入并与土壤充分拌匀。基、追肥比例为 7:3, 追肥于移栽后 20 d 追入, 第一朵中心花开放时打顶并摘除底脚叶。移栽后将盆埋至土中, 加钼处理在团棵期进行。采用滴灌方式, 其它栽培管理按优质烟草栽培技术进行。干物质含量和钼含量分别在处理当天、处理后 20 d、处理后 40 d、处理后 55 d 和处理后 70 d 取样测定。将取样烟株分器官在烘箱内于 105 °C 杀青, 80 °C 烘干、粉碎备用。

田间试验于 2010 年度分别安排在黔南烟草主产区福泉、都匀、独山、长顺、龙里、平塘、瓮安等县(市), 每个县(市) 统一方案布置试验 1~2 个。试验设对照(CK)和施钼(0.135, 0.270, 0.540 mg/kg)三个水平的处理各县(市)的试验田土壤有效钼含量见表 2, 土壤基础有效钼含量为 0.01~0.17 mg/kg。各县(市)的试验田土壤有效钼含量见表 2 试验设对照(CK)和施钼(0.135, 0.270, 0.540 mg/kg)三个水平的处理。其它栽培管理按优质烟的管理进行除试验因素外, 采用统一的栽培管理措施。

表 2 黔南试验点不同施钼量土壤有效钼含量

处理 Treatme nt	福泉 地松 Fuquan disong	都匀 坝固 Duyung uba	独山 8组 Dushan 8zu	惠水 甲裂 Huishuij ialie	长顺 马路 Changsh unmalu	龙里 摆省 Longlib aisheng	平塘 白龙 Pingtang bailong	瓮安 珠藏 Wenanz huzang	都匀 河阳 Duyunh eyang	平均值 Average vlaue
L0	0.03	0.03	0.17	0.03	0.08	0.08	0.07	0.08	0.01	0.06
L1	0.17	0.17	0.31	0.17	0.22	0.22	0.21	0.22	0.15	0.19
L2	0.3	0.3	0.44	0.3	0.35	0.35	0.34	0.35	0.28	0.33
L3	0.57	0.57	0.71	0.57	0.62	0.62	0.61	0.62	0.55	0.6

1.3 测定项目和方法

1.3.1 土壤理化性状和烟叶钼素的测定^[8-9] pH: 采用电位法; 有机质: 采用电热板加热-重铬酸钾容量法; 碱解氮: 采用碱解扩散法; 有效磷: 采用碳酸氢钠浸提, 钼锑抗比色法; 速效钾: 采用乙酸铵浸提, 原子吸收分光光度法; 有效钼: 草酸-草酸铵浸提, KCNS 比色法。

1.3.2 钼素利用率的计算 表观利用率=(烟株吸收钼素总量-空白株吸钼量)/每盆施入钼素量×100%(1)

经济利用率=(烟叶中钼素总量-空白株吸钼量)/每盆施入钼素量×100% (2)

富集系数(BCF)=烤烟体内平均含量/移栽前土壤中钼含量 (3)

1.3.3 数据统计分析 用 Excel 和 SPSS17.0 进行数据整理分析, 文中所有数据均用 3 次重复的平均值(\bar{x})表示。

2 结果与分析

2.1 不同钼营养水平下盆栽烟草各器官干物质积累动态

干物质是光合作用产物的最高形式, 它的积累和分配与经济产量有密切关系^[10], 因而干物质的积累也是烟草优质适产栽培研究的重点。如图 4 所示, 烟株干物质积累随生育期推进而不断增加, 40 d 时增长速率最快, 施钼烟株增长速率均高于对照烟株, T1 在 20 d 后始终处于较高水平, 在 40 d 时的增长率达 49.17%。由图 1、图 2、图 3 看出, 烟株的根、茎、叶各器官的干物质积累随生育期推进而增加, T1 的茎、叶在 40 d 时增幅较大, 分别为 41.97%和 77.26%, 根在 55 d 之前, 增长速率较高, 之后趋于稳定。施钼烟株各器官干物质的积累普遍高于对照烟株, 其中以 T1 增加效应更加明显。浓度过大, 并未有直线增加规律, 尤其是 T4 处理对烟株各器官的作用效果无明显规律。可以看出, 只有适当提高施钼水平才能提高烟株钼素营养, 促进烟株生长发育, 并调节营养分配, 从而促进根、叶营养器官的壮大。从烟株干物质积累规律可以看出, 仅靠土壤中的钼源是不够的, 烟株可能处于缺钼状态, 而且对于不同浓度的钼营养, 其作用效果不同, 干物质积累并未随浓度提高而增加。

2.2 不同钼营养水平下盆栽烟株各器官钼素含量、动态积累及分配规律

2.2.1 不同钼营养水平下盆栽烟株各器官钼素含量 随生育期的延长, 烟株中的钼素含量有不同的变化规律。处理后, 较高的钼营养水平对烟株中钼素含量有明显增长效果, 和 CK 相比, T4 在 55 d 时的增幅高达 303.13%。在 20d 时, CK 和较低的钼素水平(T1、T2) 有不同程度的降低, 以 CK 降幅最大。20 d 后, T2 烟株的钼素含量增加, 而 T1 在 40 d 后, 持续到 70 d 时, 增长速率较快, 此时 T3 和 T4 处理烟株中钼素含量开始趋于平稳。在有效钼水平不高的情况下, 可能因为稀释效应而使烟株钼素含量维持在较低的水平。

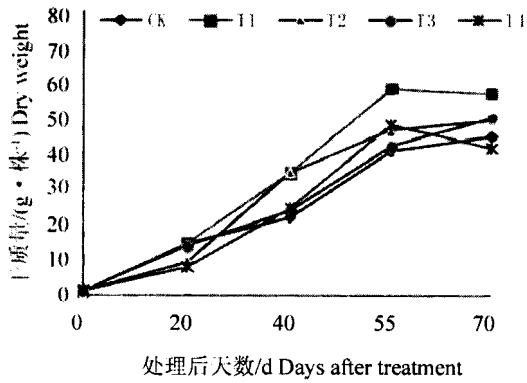


图1 不同剂量钼素对烤烟根系干物质质量的影响
Fig.1 Effects of different doses of Molybdenum on dry matter of root

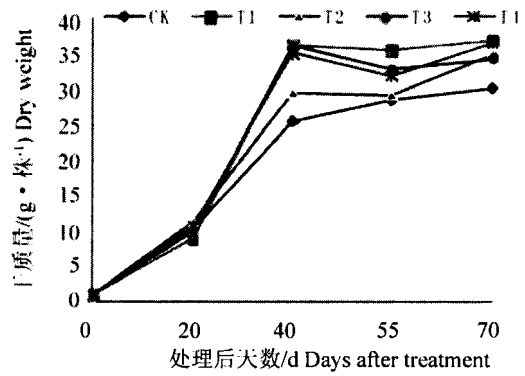


图2 不同剂量钼素对烤烟茎秆干物质质量的影响
Fig.2 Effects of different doses of Molybdenum on dry matter of stalks

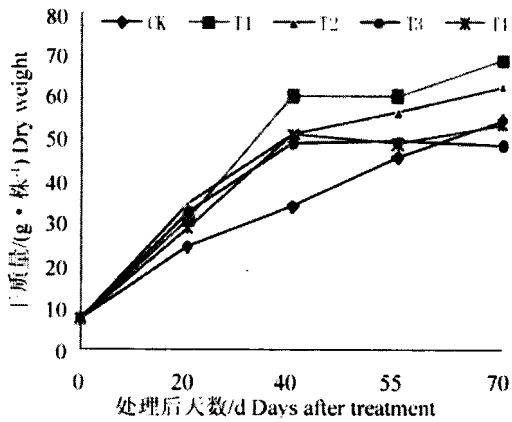


图3 不同剂量钼素对烤烟叶片干物质重量的影响
Fig.3 Effects of different doses of Molybdenum on dry matter of leaves

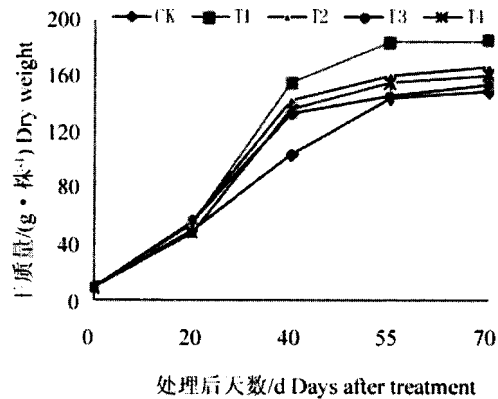


图4 不同剂量钼素对烤烟整株干物质重的影响
Fig.4 Effects of different doses of Molybdenum on dry matter of plants

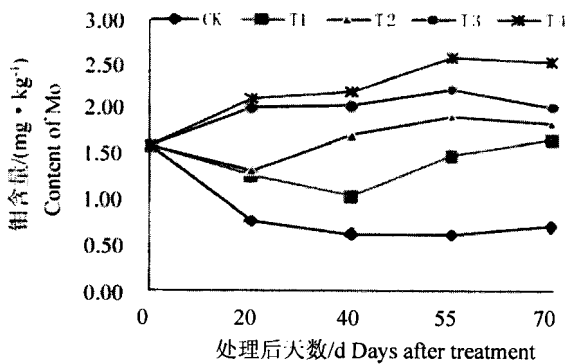


图5 不同剂量钼素对烟株钼含量的影响
Fig.5 Effects of different doses of Molybdenum on the content of Molybdenum of plant

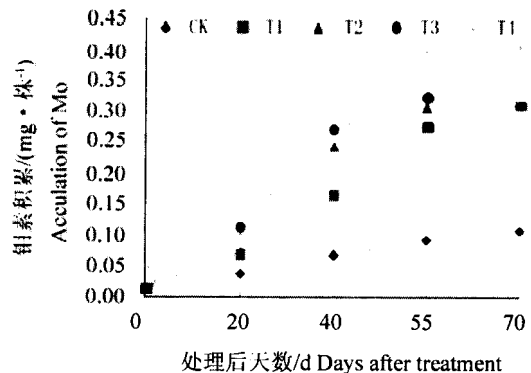


图6 不同剂量钼素对烟株钼素积累的影响
Fig.6 Effects of different doses of Molybdenum on the acculation of Malybdenum of plants

2.2.2 不同钼营养水平下盆栽烟株各器官的动态积累 随生育期的延长,同一处理烟株中的钼素均不断积累。单株钼素积累量随着土壤有效钼含量增加而提高,同一采样时期,随供钼水平的增加,整株的钼积累量也逐渐增加,以T4处理为最高, T4>T3>T2>T1>CK, T2、T3、T4处理在55 d后积累趋于平稳,而T1株体内钼素积累仍处于小幅增长并超过T3,和CK相比,增幅达187.27%,这可能与T1处理较大的干物质积累量有关。土壤中较高的有效钼含量可增加烤烟对钼素的吸收,土壤施钼剂量越大,烤烟吸收也越多。

2.2.3 不同钼营养水平下盆栽烟株各器官钼素分配规律 不同施钼剂量对烤烟体内钼的积累量不同, 通过计算各器官含钼量占整株钼量的比例分析可知, 各器官的钼的分配均以叶中最多, 总的比较, 各器官中钼素分配率大致是叶>根、茎>花芽。T1、T2 的叶中钼素含量分别比 CK 提高了 20.65%和 30.31%, 而其它器官没有明显的分配规律和吸收优势。CK 的花芽中钼素分配比率较各施钼处理的烟株高, 且根、茎器官中钼素分配相当, 而在烟叶中的分配率相对较低。

表3 不同供钼水平在烟株各器官中的钼素分配率

Tab.3 The distribution rate of molybdenum in various organs of different treatment

处理 Treatment	根/%Root	茎/% Stalk	叶/% Leaf	花芽/% Flower bud
CK	17.53	17.24	46.72	18.50
T1	14.93	16.09	56.37	12.60
T2	14.78	13.18	60.88	11.15
T3	17.55	12.85	54.67	14.93
T4	10.96	16.22	60.77	12.05
平均 Average	15.15	15.12	55.88	13.85

2.2.4 不同钼营养水平对盆栽烟草的钼素利用率的影响 钼肥吸收利用率反映了所施钼肥被烟株吸收利用的效率, 和干物质生产能力、钼素流失等密切相关。由表 4 看出, 随施钼量的增多, 钼素积累和吸收量提高, 但被烟株吸收的有效率差别较大。各处理相比, T1 的表观生物利用率和经济利用率均最高, 分别为 9.88%和 6.11%, 随着施钼量的增加, 烟株对钼的表观利用率和经济利用率都有所下降。对于烟草这种叶用作物而言, 叶片中钼素吸收的多少影响着烟叶的品质。通过对烟株中钼素的富集系数比较可以看出, T1 的富集系数最高, 随着土壤供钼水平的提高, 富集系数反而逐渐降低。综合来看, T1(0.135 mg/kg) 的施钼量, 其钼素的表观利用率、经济利用率和富集系数均为最高。

表4 不同供钼水平对盆栽烟株钼素利用率的影响

Tab.4 The effects on efficiency of molybdenum of different levels in potted plants

处理 Treatment	表观利用率/% Apparent recovery	经济利用率/% Economic utilization	富集系数 Bioconcentration factors
CK	-	-	0.094
T1	9.88	6.11	0.097
T2	7.10	4.72	0.076
T3	5.06	2.91	0.058
T4	3.87	2.55	0.046

2.3 不同钼营养水平对大田烟株含钼量和钼素利用率的影响

在黔南烟区的田间试验中(都匀河阳, 表5), 各处理烟叶的含钼量随着施钼水平的提高而提高, 但当土壤钼含量较高(L3)时, 烟叶含钼量增幅变小, 烟叶中含钼量以 L2 增幅最大。不同部位间, 各处理烟叶的含钼量都大致呈现一个规律: 下部叶>中部叶>上部叶。施钼提高了烟叶产量, 在不同有效钼含量的植烟土壤中, 以 L1 的增产效应较大, 增产幅度呈递减变化, L1>L2>L3。将烟叶产量与各个部位烟叶含钼量平均值结合起来, 烟叶吸钼量以 L2 处理最多, L2>L3>L1>L0。对不同处理施钼烟株的经济利用率进行比较, 可以看出, L2 处理的经济利用率最高, 略高于 L1, L3 的经济利用率较低, 仅 12.8%。但和盆栽试验的钼素经济利用率相比(表4), 大田处理烟株的经济利用率均高于盆栽烟株。相同的施钼浓度, 在盆栽和大田的作用效应上有较大的差异。盆栽和大田试验的可比性差, 加之可能因为盆栽烟株因根系生长受限, 发育相对较差, 根毛对营养物质的吸收能力减弱, 同时会受根际温度、湿度、浇灌和雨水淋溶等环境因素影响, 因此, 盆土中根系对土壤有效钼的利用率受到限制。

3 结论与讨论

(1)烟株整株的干物质积累量随生育期的延长而增加, T1 在 20 d 后始终处于较高水平, 在 40 d 时的增长率达 49.17%。T1 的茎、叶器官在 40 d 时增幅较大, 分别为 41.97%和 77.26%。根在 55 d 之前增长速率较高。施钼有利于植株生育中前期营养器官的建成, 促进植株干物质积累, 这与胡承孝^[6]的研究结果相一致。

表5 大田不同供钼水平对不同部位烟叶含钼量和钼素利用率的影响(都匀河阳)

Tab.5 The effects on the content of molybdenum and utilization of different treatments(Heyang,Duyun)

处理 Treatment	施钼量 /(g·hm ⁻²) Content of Mo	产量 /(kg·hm ⁻²) Yield	不同部位烟叶含钼量/(mg·kg ⁻¹) Mo amount of tobacco leaves				烟叶吸钼量 /(g·hm ⁻²) Mo absorption	钼素经济 利用率/% Economic utilization
			上部	中部	下部	平均		
			Upper	Middle	Bottom	Average		
L0	0	2 020.5	0.22	0.23	0.45	0.3	0.606	
L1	20.250	2 055.0	1.97	3.58	3.19	2.91	5.987	26.6
L2	40.500	2 050.0	2.63	6.83	8.04	5.83	11.961	28.0
L3	81.000	2 029.5	2.93	6.22	7.07	5.41	109.725	12.8

(2)随生育期的延长,烟株中的钼素含量有不同的变化规律。T3和T4在处理后就比对照有明显增加, T4在55d时的增幅高达303.13%。处理后20d时,CK和较低的钼素水平(T1、T2)有不同程度的降低。T1处理在40d后,持续到70d时,增长速率较快。

(3)土壤有效钼含量增加,烟株中钼素积累量也随之提高。T4的钼素积累量最高, T4>T3>T2>T1>CK,这种钼营养供给的效应与Marieta^[10]在苜蓿等作物上的研究结果是一致的, T2、T3、T4处理在55d后积累趋于平稳,而T1株体内钼素积累仍处于小幅增长并超过T3。

(4)不同施钼水平烟株的各器官中的钼分配均以叶中最多,施钼处理的烟叶中钼素含量均高于CK, T1、T2的叶中钼素含量分别比CK提高了20.65个百分点和%和30.31个百分点%,其它器官没有明显的分配规律和吸收优势。

(5)随供钼水平的变化,各处理被烟株吸收的钼素有效率有所差异。T1的表现生物利用率、经济利用率和富集系数均最高,分别为9.88%、6.01%和0.097。随着土壤供钼水平的提高,富集系数逐渐降低。

(6)田间试验结果显示,烟株中烟叶含钼量随施钼量的增加而提高,不同部位烟叶的含钼量大致以下部叶>中部叶>上部叶规律表现。同时,受产量等因素的影响,烟叶吸钼量L2>L3>L1>L0。钼素经济利用率以L2、L1最好,大田钼素经济利用率均高于盆栽烟株。

盆栽试验的T1处理在后期钼素积累量有明显增加,可能因为适宜的钼素营养更有利于烟株体内钼素的吸收。施用钼素后,能有效提高改善烟株中的钼素分配,减少在根、茎、花芽中的分配率,促进钼素向叶器官中的转移,说明增加钼素营养能协调烟株体内的钼素分配,而且适当浓度的钼素能较大幅度地提高钼素利用率和富集系数,提高烟叶品质。钼是烟草生长发育过程中必需的微量营养元素,钼营养的丰缺状况影响并调控着烟株的干物质积累以及钼素在各个器官中的分配情况。钼素在植株体内是一种不易移动的微量元素^[11],钼素的缺乏可能会减少后期营养器官尤其是叶中的吸收和分配。相反,在早期形成的根部中吸收偏多,加之干物质积累上的差异,因此表现利用率和经济利用率也会因土壤中有效钼含量的丰缺与否而受到影响。施钼后,各处理的产量均有增加(大田试验),这与大量研究结果一致,钼素能调控作物的不同器官的干物质的积累、合理分配与转化,协调库源关系,是优质高产的重要途径之一^[12-14]。相同的施钼浓度,在盆栽和大田的作用效应上有一定的差异,大田烟株的钼素经济利用率均高于盆栽烟株。这可能因为盆栽烟株因根系生长受限,发育相对较差,根毛对营养物质的吸收能力减弱,加之根际温度、湿度、浇灌和雨水淋溶等环境因素影响,因此,盆土中根系对土壤有效钼的利用率受到限制。

参考文献:

- [1] Marieta Hristozkova, Maria Geneva, Ira Stancheva. Regulation of nitrogen assimilation in foliar fed legume plants at insufficient Molybdenum Supply[J]. Microbiology Monographs, 2011, 18(2):417-431.
- [2] 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.
- [3] 王利红,徐芳森,王运华. 硼钼锌对双低油菜华双4号籽粒发育进程中干物质累积的影响[J]. 中国油料作物学报, 2007, 29(1):49-53.
- [4] Zafar Iqbal Khan, Kafeel Ahmad, et al. Assessment of molybdenum status in soil and forage for ruminant production under semiarid environmental conditions in Sargodha, Pakistan[J]. Biological Trace Element Research, 2010, 8(24):9-15.

(下转第469页)

- [7] 李军,柴向华,曾宝瑄,等.蝴蝶兰组培工厂化生产技术[J].园艺学报,2004,31(3):413-414.
- [8] Belarmino M M, Mii M. Agrobacterium-mediated genetic transformation of a *Phalaenopsis* orchid[J]. Plant Cell Rep, 2000, 19:435-442.
- [9] 楼建华. 温度、光照及栽培基质对蝴蝶兰生长发育的影响[J]. 浙江农业学报, 1995, 7(6):464-467.
- [10] 徐晓薇,林绍生,曾爱平.蝴蝶兰抗冷力鉴定[J].浙江农业科学,2004(5):249-251.
- [11] 刘学庆,王秀峰,朴永吉.蝴蝶兰不同品种耐冷特性的研究[J].园艺学报,2007,34(2):425-430.
- [12] 何钟佩.农作物化学控制实验指导[M].北京:北京农业大学出版社,1993:60-68.
- [13] 王孝宣,李树德,东惠茹,等.番茄品种耐寒性与ABA和可溶性糖含量的关系[J].园艺学报,1998,25(1):56-60.
- [14] 罗正荣.植物激素与抗寒力的关系[J].植物生理学通报,1989(3):1-5.
- [15] 张露,张俊红,温忠辉,等.引种桉树苗期的抗寒性分析[J].江西农业大学学报,2011,33(1):0047-0051.
- [16] 葛辛.高级植物分子生物学[M].北京:科学出版社,2004:123-145.
- [17] 赵春江,康书江,王纪华,等.植物内源激素与不同基因型小麦抗寒性关系的研究[J].华北农学报,2000,15(3):51-54.
- [18] 王忠.植物生理学[M].北京:中国农业出版社,1999:436.
- [19] 潘瑞炽,董恩得.植物生理学[M].北京:高等教育出版社,1995:318-333.
- [20] 林定波,刘祖祺.冷驯化和ABA对柑橘膜稳定性的影响及膜特异性蛋白质的诱导[J].南京农业大学学报,1994,17(1):1-5.
- [21] 刘祖祺,张石诚.植物抗性生理学[M].北京:中国农业出版社,1994:50-66.
- [22] 杨章旗,颜培栋,舒文波.内源激素动态变化与马尾松优良种源抗寒性的关系[J].广西科学,2009,16(1):87-91.
- [23] Luo M, Hill R D, Mohapatra S S. Role of abscisic acid in plant responses to the environment[M]// Luo M, Hill R D, Mohapatra S S. Plant Response to the Environment. Boca Raton: CRC Press, 1993:147-165.
- [24] 吴耀荣,谢旗. ABA与植物胁迫抗性[J].植物学通报,2006,23(5):511-518.
- [25] 章文才.中国柑桔冻害研究[M].北京:农业出版社,1993:51-55.
- [26] 任华中,黄伟,张福壤.低温弱光对温室番茄生理特性的影响[J].中国农业大学学报,2002,7(1):95-101.

(上接第450页)

- [5] 段素梅,黄义德,杨安中,等.钼酸铵拌种和喷施对大豆产量、品质和籽粒钼含量的影响[J].大豆科学,2007,26(2):181-186.
- [6] 胡承孝,王运华,庞静,等.冬小麦不同生育阶段对钼的吸收和积累[J].华中农业大学学报,2001,20(4):350-353.
- [7] 胡承孝,王运华,李宗堂,等.钼、氮配合施用对冬小麦产量、干物质积累的影响[J].华中农业大学学报,1999,18(3):225-229.
- [8] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2005:40-126.
- [9] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].南京:河海大学出版社,2000:55-89.
- [10] Gao Xiaoli, Sun Jianmin, Gao Jinfeng, et al. Accumulation and transportation characteristics of dry matter after anthesis in different mung bean cultivars[J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(9):1715-1721.
- [11] 韩锦峰.烟草栽培生理[M].北京:中国农业出版社,2002:124-125.
- [12] Yan Yingyu, Zhao Chengyi, Sheng Yu, et al. Effects of drip irrigation under mulching on cotton root and shoot biomass and yield[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(4):970-976.
- [13] Bange M P, Milroy S P. Growth and dry matter partitioning of diverse cotton genotypes[J]. Field Crop Research, 2004, 87(11):73-87.
- [14] 李国强,汤亮,张文宇,等.不同株型小麦干物质积累与分配对氮肥响应的动态分析[J].作物学报,2009,35(12):2258-2265.