

不同微量元素叶面肥对草莓育苗生长的影响^①

张舒玄^{1,2}, 聂欣^{1,2}, 杜鹃³, 赵荷娟⁴, 王琳⁴, 王东升⁵,
胡锋^{1,2}, 李辉信^{1,2}, 焦加国^{1,2*}

(1 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 2 江苏省有机固体废弃物资源化协同创新中心, 南京 210095;
3 南京市农业委员会, 南京 210019; 4 南京市农业科学研究所, 南京 210046; 5 南京市蔬菜科学研究所, 南京 210042)

摘要: 将硼、钼和铁等微量元素复配成单一或复合叶面微肥, 应用于草莓育苗, 通过分析草莓生长情况, 以确定硼、钼和铁肥的最佳施用量。结果表明: 单施硼、钼、铁肥及配施叶面肥均能不同程度促进草莓繁殖数、母株的株高、净光合速率以及母株和子苗的叶面积、SPAD 值和地上部和地下部的生物量。其中硼、钼对繁殖数、叶面积的促进效果较为明显, 铁对叶绿素和光合作用的促进效果最为明显; 总体来看, 随着铁浓度的增加, 其对母株叶面积、SPAD 值、母株地上部和地下部生物量以及子苗的叶面积的促进作用更加明显, 但高浓度的硼、钼促进作用则减弱, 甚至对繁殖数产生抑制作用; 不同微量元素的配施处理中, 以硼和钼配施微肥效果最好, 显著提高了草莓母株和子苗的地上部和地下部生物量。由此, 本试验中 0.2% 硼肥、0.2% 钼肥及各浓度的铁肥以及硼、钼配施为草莓育苗微肥的最佳施用方式。

关键词: 蚯蚓粪; 硼肥; 钼肥; 铁肥; 育苗基质; 草莓

中图分类号: S143.7 **文献标识码:** A

基质作为工厂化育苗体系的重要组成部分, 是幼苗所需水分、养分、温度等的介质, 有支撑、营养作物的基本功能^[1]。应用基质的种类较多, 来源广泛, 理化性质也不同, 目前, 在世界范围内农、林、花卉业生产所需的育苗基质中, 以泥炭为原料的基质产品始终占主导地位^[2]。而泥炭资源具有不可再生性, 开采后的微区域环境会遭到破坏^[3-4]。因此, 需要筛选取材方便、质优价廉的基质^[5]。草莓基质育苗现阶段存在许多问题, 如基质所含营养成分不足, 导致作物长势弱、叶色黄、植株矮小、苗不够壮等, 因而育苗期间的追肥就成为一项很重要的调控措施。除根系外, 植物的茎叶也可以吸收各种营养成分, 且吸收效果比根系更好。草莓植株叶片表面的气孔是营养进入叶片的有效通道, 它可以加速营养物质的渗入, 所以可以采用叶面喷施增加营养输入。

微量元素是维持生命有机体正常生长所必需的营养物质, 微量元素在生物体内的含量虽然很低, 但具有很大的生物学潜能, 在一定的条件下可发挥其生物学功能并产生明显的生物学效应。对于植物来说,

它们对植物生长发育的作用与大量元素同等重要。特别是人们公认的必需微量元素, 其通过结构和调节性机制, 参与酶、激素和维生素等活性物质的构成和活化, 维持正常的生命活动^[6]。据报道, 硼与钼具有明显的互作效应^[7]。叶面喷施硼肥是矫正作物缺硼的措施之一。施用硼肥不仅可以增加油菜子产量, 还能起到改善油菜品质的作用^[8-9]; 付其如和何纪荣^[10]研究表明, 适量施硼能促进葡萄萌芽、新梢伸长, 增加叶片干物质积累和运输, 提早果实成熟, 提高果实品质; 硼素对烟苗生长及豇豆幼苗等作物的生长以及营养元素吸收有促进作用^[11-14]。铁是植物生长所必需的微量元素之一, 参与植物光合作用和呼吸作用的电子传递, 叶绿素合成^[15-16]。铁缺乏势必影响草莓的正常生长发育, 研究铁和其他微量元素配合施用, 有着积极的实际意义。

草莓 (*Fragaria ananassa* Duchesne) 是蔷薇科 (Rosaceae) 草莓属多年生宿根草本植物, 其果实营养丰富, 美味可口, 尤其富含 Vc 和多种矿物质, 具有极高的营养价值^[17]。本研究基于本课题筛选的适合

基金项目: 农业部引进国际先进农业科学技术计划项目(2015-Z42)和南京市生态循环农业项目资助。

* 通讯作者(jiaguojiao@njau.edu.cn)

作者简介: 张舒玄(1990—), 女, 江苏南京人, 硕士研究生, 主要从事有机废弃物的生物处理及基质化利用研究。E-mail: 2013103021@njau.edu.cn

草莓生长的最佳蚯蚓粪物料配比基质(泥炭:蚯蚓堆肥:蛭石:珍珠岩=2:2:1:1)^[18],研究在草莓叶片单施和混施不同浓度的叶面微肥草莓育苗的生长情况,为指导草莓育苗的生产应用提供依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

奶牛粪蚯蚓堆肥:奶牛粪蚯蚓堆肥由南京博农生物科技有限公司提供。

草莓:供试品种为红颜。

微肥:硼肥、钼肥和铁肥分别使用分析纯硼砂(十水四硼酸钠)、分析纯钼酸铵和分析纯七水合硫酸亚铁。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 本试验在江苏丘陵地区南京农业科学研究所内的温室大棚内进行,选用架式育苗栽培方式。试验设置 14 个处理(表 1),采用泥炭:蚯蚓堆肥:蛭石:珍珠岩=2:2:1:1 作为育苗基质(表 2)。

处理 ~ 单施硼,浓度分别为 0.1%、0.2% 和

0.4%;处理 ~ 单施钼,浓度分别为 0.1%、0.2% 和 0.4%;处理 ~ 单施铁,浓度分别为 0.15%、0.3% 和 0.6%;处理 ~ 配施,分别为硼钼、硼铁、钼铁和硼钼铁中间浓度的组合。每个处理 3 个重复,共 42 个小区。小区长为 1 m,宽为 0.25 m,槽深 15 cm。每个小区共 6 株苗,分成两排,每排 3 株,株距 30 cm,行(排)距 15 cm。分别于 2015 年 6 月 10 日、6 月 17 日和 6 月 24 日喷施上述微肥溶液于母本苗和子苗各 1 次,每个小区用量为 150 ml。

表 1 各处理的施肥方式
Table 1 Fertilization treatments

处理代号	处理描述	处理代号	处理描述
CK	不施任何微肥		0.15%铁
	0.1%硼		0.3%铁
	0.2%硼		0.6%铁
	0.4%硼		0.2%硼+0.2%钼
	0.1%钼		0.2%硼+0.3%铁
	0.2%钼		0.2%钼+0.3%铁
	0.4%钼		0.2%硼+0.2%钼 +0.3%铁

表 2 育苗基质材料的理化性质
Table 2 Physical and chemical properties of substrate materials

基质材料	体积质量 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	pH	EC (mS/cm)	有机质 (g/kg)	N (g/kg)	P ₂ O ₅ (g/kg)	K ₂ O (g/kg)
蚯蚓堆肥	0.75	69.20	6.85	1.13	385.6	13.4	23.4	21.2
泥炭	0.26	63.08	5.39	0.11	448.9	7.0	2.7	9.0
蛭石	0.39	74.42	7.03	-	-	-	-	-
珍珠岩	0.11	76.17	8.44	-	-	-	-	-

草莓基质育苗的田间管理: 浇水:采用滴灌浇水,母株定植 1 周内每天浇水两次,1 周后每天浇水 1 次,保持基质含水量在 15%~30%; 施肥:在育苗前,将水溶性缓释肥镁奥绿 GM20-20-20(N:P:K 为 20%:20%:20%)溶解后通过滴管施入基质内,施肥量为 8~10 g/株;在育苗周期的前 3 个月,采用滴灌施肥,每 15~20 天施肥 1 次,施用量为 75~105 kg/hm²,共施肥 5 次; 病虫害防治:苗期病虫害主要有炭疽病、蚜虫、粉虱。用 20% 吡虫啉可溶性粉剂或 3% 啉虫脲乳油防治粉虱,用 70% 甲基托布津可湿性粉剂防治炭疽病,用 12.5% 烯唑醇可湿性粉剂防治白粉病,用 10% 阿维菌·哒螨灵乳油防治红蜘蛛,并在小区内插双面胶粘板捕捉飞虫、白粉蝶等。

1.2.2 测定指标与方法 育苗基质基本理化性质:

养分含量、体积质量、pH、EC 值、孔隙状况等采用常规方法测定^[19]。

草莓植株样品采集时间和方法:分别在所有子苗假植前进行采样,每个小区随机抽样 3 株母株进行测定。在育苗结束时(2015 年 7 月 3 日)测定总繁殖苗数,在育苗和假植结束时分别测定母株和子苗生物量。

草莓植株生长指标:母株株高以基质表面到生长点的高度为准;母株和子苗叶面积采用叶宽度与叶面积回归法^[20]测定。

草莓植株生理指标:母株和子苗叶片相对叶绿素含量(SPAD 值)采用 SPAD502 叶绿素含量测定仪测定,测定母株和子苗心叶向外第 2 片展平的三出复叶的中间叶片;母株和子苗净光合速率采用净光合速率仪器 GFS-3000 测定。

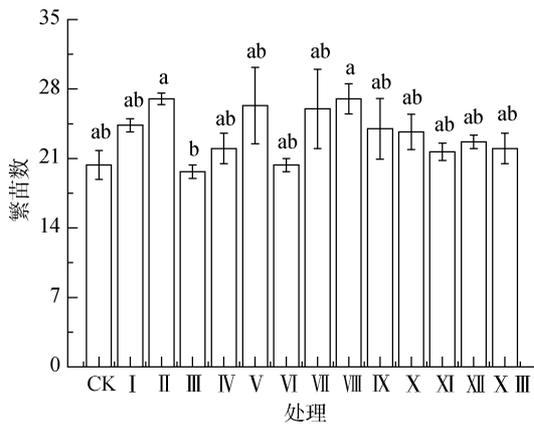
1.3 数据统计分析

采用 SPSS 19.0 软件进行数据分析和 Origin 8 进行制图。处理间的显著差异采用单因素方差分析评价，平均值多重比较采用最小显著极差法(LSD)。

2 结果与分析

2.1 不同微肥对草莓母株生长的影响

2.1.1 对草莓母株繁殖数的影响 由图 1 可以看出，单独喷施各种浓度硼肥、钼肥、铁肥及 3 种微量元素配施(除处理 和处理 外)均不同程度提高了繁殖数。随着硼、钼和铁喷施浓度的依次升高，繁殖数均呈现出先升高再降低的趋势，其中处理 、处理 和处理 的繁殖数较 CK 处理分别增加了 32.8%、29.5%和 32.8%。不同微量元素配施处理间的繁殖数无显著差异，但总体上均高于 CK 处理，平均增幅为 16.0%。



(图中误差线为标准差，不同小写字母不同表示不同处理间差异在 $P < 0.05$ 水平显著，下同)

图 1 不同微肥处理对草莓繁殖数的影响

Fig. 1 Effects of different trace element fertilizers on germination numbers of strawberry seedlings

2.1.2 对草莓母株株高和叶面积的影响 由图 2 可以看出，除 处理外，各微肥处理均不同程度地提高了草莓植株的株高。各微肥单施处理中，随着喷施浓度的依次升高，株高呈现出先升高再降低的趋势。处理 较处理 和处理 显著提高了草莓母株的株高，分别增加了 6.6% 和 11.0%；处理 和处理 株高显著高于处理 。喷施铁肥能够提高草莓植株的株高，但处理 、处理 和处理 之间的差异并不显著。

由图 3 可以看出，各微肥处理均促进了草莓叶面积增加。从硼肥来看，处理 和处理 较 CK 显著促进了草莓母株叶面积增长。喷施不同浓度的钼肥，随着浓度的依次增加，呈现出先升高再降低的趋势，但较 CK 差异并不显著。各浓度的铁肥对草莓母株叶面

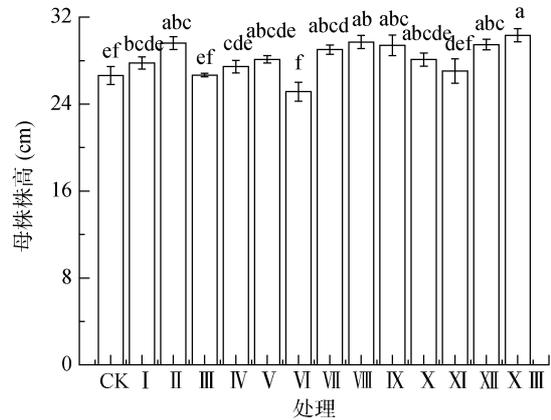


图 2 不同微肥处理对草莓母株株高的影响

Fig. 2 Effects of different trace element fertilizers on plant height of maternal strawberry seedlings

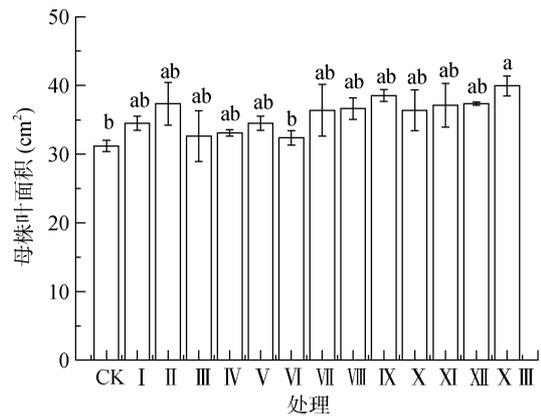


图 3 不同微肥处理对草莓母株叶面积的影响

Fig. 3 Effects of different trace element fertilizers on leaf areas of maternal strawberry seedlings

积的生长促进作用明显。不同配施处理也不同程度地促进了草莓母株叶面积的生长。

2.1.3 对草莓母株 SPAD 值和光合速率的影响 由图 4 可以看出，喷施不同微肥可以不同程度地提高草莓母株叶片的叶绿素含量。处理 较处理 和处理

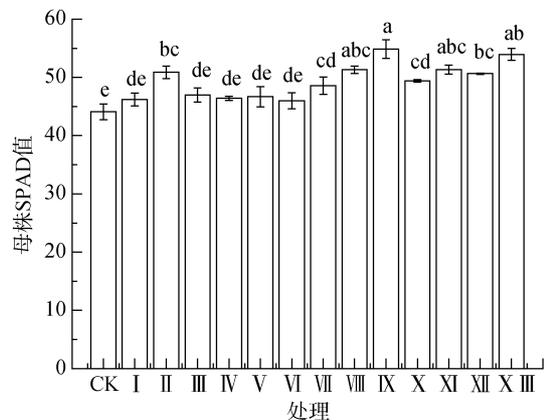


图 4 不同微肥处理对草莓母株 SPAD 值的影响

Fig. 4 Effects of different trace element fertilizers on SPADs of maternal strawberry seedlings

显著提高了母株叶片的叶绿素含量,而钼肥对草莓母株叶片的叶绿素含量的影响差异不大。随着喷施浓度的依次升高,呈现出升高的趋势。

由图 5 可以看出,除了处理 外,各处理均不同程度地提高了草莓叶片净光合速率,促进草莓植株有机物的积累。其中,处理、处理、处理和处理效果最明显,分别较 CK 处理提高了 20.7%、32.4%、23.6%和 22.0%。

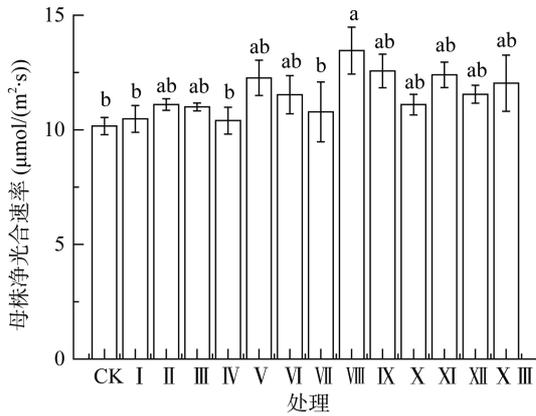


图 5 不同微肥处理对草莓母株叶片净光合速率的影响
Fig. 5 Effects of different trace element fertilizers on net photosynthetic rates of maternal strawberry seedlings

2.1.4 对草莓母株地上部和地下部生物量的影响 有报道指出,铁肥能促进植物地下部的生长,有利于草莓母株生物量的累积。缺铁草莓植株的根系生长弱^[21]。由图 6 可以看出,各微肥处理均不同程度地提高了草莓母株地上部和地下部的增长。单施硼肥和钼肥时,随着喷施浓度的提高草莓母株生物量呈现先上升后下降的趋势,喷施 0.2% 的硼肥和 0.2% 的钼肥,草莓地上部生物量分别较 CK 处理提高了 53.0% 和 42.3%,随着铁肥浓度的增加,草莓母株地上部和地

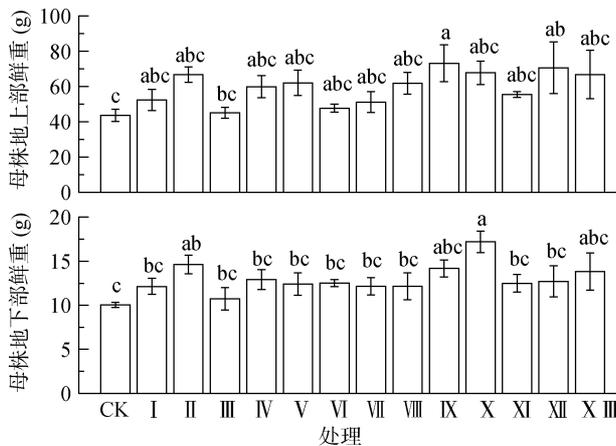


图 6 不同微肥处理对草莓母株生物量的影响
Fig. 6 Effects of different trace element fertilizers on biomass of maternal strawberry seedlings

下部生物量出现增加的趋势。不同配施处理也促进了草莓地上部和地下部的生长。喷施 0.6% 浓度的铁肥,草莓母株地下部生物量较 CK 增加最大,较 CK 增加了 41.39%。综合分析,植株叶面喷施微肥能够有效促进草莓地上部和地下部的生长,有利于草莓母株生物量的累积。

2.2 不同微肥对草莓子苗生长的影响

2.2.1 对草莓子苗叶面积的影响 由图 7 可以看出,各微肥处理均促进了草莓子苗的叶面积增加,但无显著性差异。随着硼、钼喷施浓度的依次升高,繁殖苗数均呈现出先升高再降低的趋势,随着铁浓度的升高,草莓子苗的叶面积不断增加。各配施处理均显著提高了草莓子苗的叶面积。

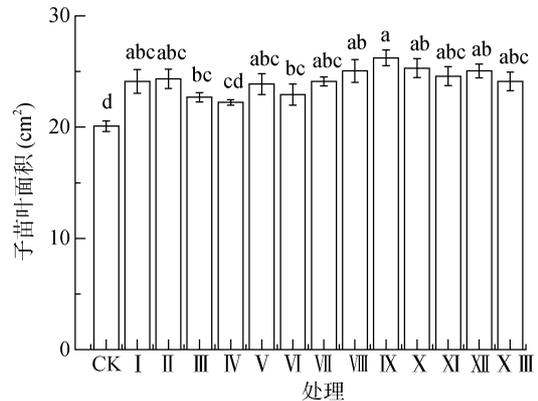


图 7 不同微肥处理对草莓子苗叶面积的影响
Fig. 7 Effects of different trace element fertilizers on leaf areas of child strawberry seedlings

2.2.2 对草莓子苗叶绿素含量的影响 由图 8 可以看出,在育苗时期喷施不同微肥对草莓子苗叶片的叶绿素含量有不同程度的提高,但差异不显著。从喷施硼肥和钼肥来看,0.2% 浓度较 0.1% 和 0.4% 浓度显著提高了草莓子苗叶片的叶绿素含量。喷施铁肥

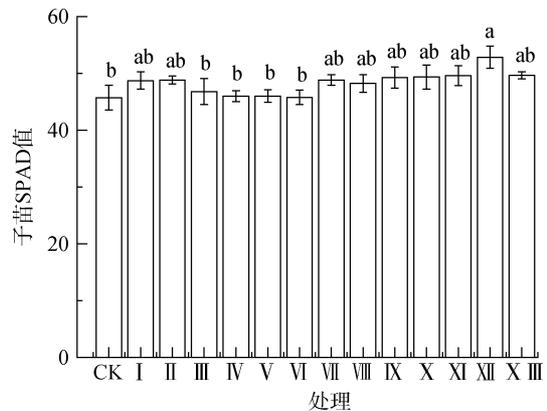


图 8 不同微肥处理对草莓子苗 SPAD 值的影响
Fig. 8 Effects of different trace element fertilizers on SPADs of child strawberry seedlings

不同程度地提高了子苗叶片的叶绿素含量。从配施的方式来看,微肥配施均提高了草莓子苗叶片的叶绿素含量。

2.2.3 对草莓子苗地上部和地下部生物量的影响 由图 9 可以看出,在育苗阶段,喷施不同程度的微肥能够显著提高子苗的地上部和地下部生物量。单施处理中,随着浓度的提高,草莓子苗地上部生物量和地下部生物量都出现先上升后下降的趋势。配施处理中,硼、钼配施较其他处理地上部鲜重高,但无显著性差异。地下部生物量也有相似的结论,这说明硼、钼具有互作效应,其他配施处理较 CK 也都显著提高了草莓子苗地上部和地下部生物量。

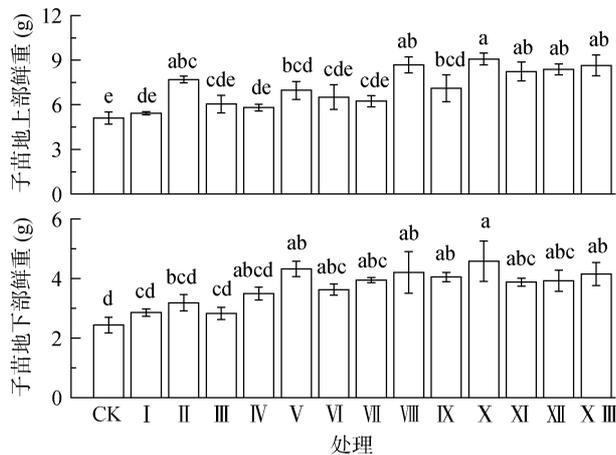


图 9 不同微肥处理对草莓子苗生物量的影响

Fig. 9 Effects of different trace element fertilizers on biomass of child strawberry seedlings

3 讨论

本实验结果表明,单施硼、钼、铁肥及配施叶面肥均能不同程度促进草莓繁殖数、母株的株高、净光合速率以及母株和子苗的叶面积、SPAD 值和地上部和地下部的生物量。其中硼、钼对繁殖数、叶面积效果较为明显,铁对叶绿素和光合作用的促进效果最为明显,可促进母本苗叶绿素和净光合速率分别提高 4.3% ~ 24.4% 和 2.3% ~ 32.4%; 总体来看,随着铁浓度的增加,对母株叶面积、SPAD 值、母株地上部和地下部生物量以及子苗的叶面积的促进作用更加明显,但高浓度的硼、钼促进作用则减弱,甚至对繁殖数等个别指标产生抑制作用;不同微量元素的配施处理中,以硼和钼配施微肥效果最好,显著提高了草莓母株和子苗的地上部和地下部生物量,分别较 CK 处理提高了 55.4% 和 71.4%, 及 77.8% 和 88.1%。

在母株和子苗的所有生理生态指标中,以母本苗和子苗的地上部和地下部生物量增加效果最为明显,

母本苗的地上部和地下部生物量分别平均提高了 37.6%(3.4% ~ 67.7%)和 30.4%(6.9% ~ 71.4%), 子苗的地上部和地下部生物量分别平均提高了 42.9%(6.47% ~ 77.79%)和 54.9%(16.0% ~ 88.1%)。

本试验只是选取硼、钼和铁 3 种元素喷施草莓母株,对母株产量和生长以及子苗的质量进行了研究,而没有对更多种微量元素进行研究,同时也没有开展草莓的不同品种及微量元素的施肥方式对草莓育苗和生长影响的研究,这些方面将在今后加强。

已经有大量文献结果表明,配施微肥对植物生长有促进作用,配施微肥较单施微肥的促进作用更为明显,刘贵河等^[22]研究表明硼和锌配施可以显著提高苜蓿粗蛋白质含量;杜应琼等^[23]报道硼、钼配合施用可显著提高花生叶片的叶绿素含量和光合强度,提高植株的干物质积累量,促使其花期提前。微肥配施不仅对植物有促进效果,也会产生一定的抑制作用。郭家文等^[24]研究表明,硼、钼、锌配施对甘蔗农艺性状的影响中,配施处理的成茎率、茎径和茎长均未高于全部单施处理,甚至低于某些单施处理;王克武等^[25]研究表明硼、钼、锌配施较单施处理对紫花苜蓿的平均株高和枝条数的影响并无显著差异。在本试验中,3 种元素配施较其他单施处理对繁殖数、母株生物量、子苗叶面积等指标并无显著促进作用,有可能是因为 3 种元素配施时,溶液的浓度过高,影响了元素作用的有效性;也可能是因为,铁肥施用后,加快了植物的光合作用,硼元素则促进和加快了草莓植株内碳水化合物的运输和代谢,光合作用和碳水化合物的运输和代谢过程都需要有水的参与,从而产生了竞争作用,因而 3 种元素叶面肥配施时,没有单施硼肥或硼钼配施时的效果显著,这有待进一步的研究论证。

硼是植物体各营养器官建造所必需的元素,对植物的各种组织和器官的形成和发育起着重要的作用。有研究表明,花期喷硼可以显著提高苹果树的花朵座果率^[26],而缺硼使细胞分裂素合成受阻,乙烯、脱落酸含量升高^[27-28]。Arnon 和 Stout^[29]发现番茄上存在着缺钼症状,因此也证明钼是植物生长所必需的微量营养元素。硼、钼营养具有明显的互作效应,硼与钼其中一个元素的存在会促进另一个元素的作用或缓冲另一个元素缺乏所造成的负面效应^[30]。硼在植物开花结实和幼果发育中扮演着极其重要的作用。硼能促进花芽发育、花粉萌发和花粉管的伸长,影响着植物水分、养分、钙质的吸收和植物的光合作用^[31]。有研究发现,适宜的硼、钼配施可提高 SOD、POD、

CAT 等细胞保护酶的活性,降低 MDA 含量与自动氧化速率,抑制膜脂过氧化作用^[32]。

铁对作物呼吸、光合和氮代谢等方面的氧化还原过程都起着重要作用^[33],还能影响作物产量^[34]。植物体内占总铁 90% 以上存在于叶绿体中^[33],铁的供应水平和绿色植物叶绿素含量之间常常有良好的相关性,充分供给植物铁素营养,叶绿素含量则高。James^[35]提出铁对叶绿体结构组成的影响比对叶绿素合成影响更重要,因为叶绿体结构形成是叶绿素合成的先决条件,同时,铁是许多重要氧化酶的成分之一,还是非血红素酶的组成成分,另外硝酸还原酶和亚硝酸还原酶中也都含有铁。可见铁对呼吸、光合和氮代谢等方面的氧化还原过程都起着重要作用。

4 结论

在草莓叶片施用硼、钼、铁 3 种微量元素叶面肥,能够显著提高草莓的育苗数量和质量。本试验中 0.2% 硼肥、0.2% 钼肥及各浓度的铁肥以及硼、钼配施为草莓育苗微肥的最佳施用量和最佳施用方式。

参考文献:

- [1] 刘帅成,何洪城,曾琴. 国内外育苗基质研究进展[J]. 北方园艺, 2014(15): 63
- [2] 晋建勇,孟宪民,刘静. 欧洲园艺泥炭的开发与环境问题[J]. 腐植酸, 2006(6): 17-21
- [3] Robertson R A. Peat, horticulture and environment[J]. Biodiversity and Conservation, 1993, 2(5): 541-547
- [4] Carlile W R. The effects of the environment lobby on the selection and use of growing media[C]//International Symposium on Growing Media and Hydroponics 481. 1997: 587-596
- [5] 王红新,郭绍义,胡锋,等. 整合剂对铅锌尾矿改良基质上蓖麻幼苗生长和铅锌积累的影响[J]. 土壤学报, 2012, 49(3): 491-498
- [6] 郭荣发,陈爱珠. 砖红壤施用中量、微量元素对甘蔗产量与糖分的效应[J]. 土壤, 2004, 36(3): 323-326
- [7] 李军,李祥东,张殿军. 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
- [8] 马欣,石桃雄,武际,等. 不同硼肥对油菜产量和品质的影响及其在油稻轮作中的后效[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(3): 761-766
- [9] 徐俊祥,唐永良,徐永福. 红壤施用石灰和硼对油菜的增产效应及钙硼平衡[J]. 土壤学报, 1994, 31(1): 109-112
- [10] 付其如,何纪荣. 微量元素硼对葡萄生长发育的影响[J]. 四川师范学院学报: 自然科学版, 1995, 16(4): 294-298
- [11] 何念祖,李素华,麻显清. 钾硼对油菜吸收硼钾和生长的影响[J]. 土壤, 1988, 20(2): 5
- [12] 陈颐. 光照与硼锰对烟苗生长及生理生化特性的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013
- [13] 刘伟. 硼肥包膜对豇豆幼苗生理生化特性影响的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2009
- [14] Thomine S, Lanquar V. Iron transport and signaling in plants[M]//Transporters and pumps in plant signaling. Springer Berlin Heidelberg, 2011: 99-131
- [15] Hell R, Stephan U W. Iron uptake, trafficking and homeostasis in plants[J]. Planta, 2003, 216(4): 541-551
- [16] 吴妤,禹文雅,李奕松. 缺铁胁迫对草莓幼苗光合特性及细胞器铁含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(4): 918-925
- [17] 邹荣松,刘克锋,王红利,等. 不同微生物有机肥对草莓生长影响的研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(8): 196-198
- [18] 张舒玄,常江杰,李辉信,等. 奶牛粪蚯蚓堆肥的基质配方及对草莓育苗的影响[J]. 土壤, 2016, 48(1): 59-64
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 30-165
- [20] 乔宝营,黄海帆,张信栓,等. 草莓叶面积简易测定方法[J]. 果树学报, 2004, 21(6): 621-623
- [21] 王玉珍. 草莓几种缺素症及其防治措施[J]. 现代园艺, 2009(10): 62-62
- [22] 刘贵河,韩建国,王堃. 硼、钼、锌与大量元素配施对紫花苜蓿草产量和品质的影响[J]. 草地学报, 2004, 12(4): 268-272
- [23] 杜应琼,廖新荣,何江华,等. 施用硼钼对花生生长发育和产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(2): 229-233
- [24] 郭家文,张跃彬,刘少春,等. 硼钼锌单施及配施对甘蔗产量和品质的影响[J]. 西南农业学报, 2009, 22(3): 716-720
- [25] 王克武,陈清,李晓林. 施用硼, 锌, 钼肥对紫花苜蓿生长及品质的影响[J]. 土壤肥料, 2003(3): 24-28
- [26] 王春燕. 硼对苹果植株碳氮利用分配的影响[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2012
- [27] 刘磊超,姜存仓,刘桂东,等. 硼在植物体内的生理效应及其对几种重要代谢产物影响的研究进展[J]. 中国农学通报, 2014, 30(6): 268-272
- [28] 吴秀文,姜存仓,郝艳淑,等. 根系对硼钼胁迫的生理反应及其代谢机制的研究进展[J]. 中国农学通报, 2014, 30(24): 27-31
- [29] Arnon D I, Stout P R. Molybdenum as an essential element for higher plants[J]. Plant Physiology, 1939, 14(3): 599
- [30] 刘鹏,杨玉爱. 硼钼胁迫对大豆叶片硝酸还原酶与硝态氮的影响[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2000, 26(2): 151-154
- [31] Marschner H, Rimmington G. Mineral nutrition of higher plants[J]. Plant Cell Environ, 1988, (11): 147-148
- [32] 杨暹,陈晓燕. 硼钼营养对青花菜花球产量及活性氧代谢的影响[J]. 园艺学报, 2000, 27(2): 112-116
- [33] Smith B N. Iron in higher plants: Storage and metabolic role[J]. Journal of Plant Nutrition, 1984, 7(1/2/3/4/5): 759-766
- [34] Price C A. Iron compounds and plant nutrition[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1968, 19(1): 239-248
- [35] James D W. General summary of the second international symposium on iron nutrition and interactions in plants[J]. Journal of Plant Nutrition, 1984, 7: 859-864

Effects of Different Trace Element Fertilizers on Strawberry Seedling Growth

ZHANG Shuxuan^{1,2}, NIE Xin^{1,2}, DU Juan³, ZHAO Hejuan⁴, WANG Lin⁴,
WANG Dongsheng⁵, HU Feng^{1,2}, LI Huixin^{1,2}, JIAO Jiaguo^{1,2*}

(1 College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2 Jiangsu Collaborative Innovation Center for Solid Organic Waste Resource Utilization, Nanjing 210095, China; 3 Nanjing Agriculture Committee, Nanjing 210019, China; 4 Nanjing Institute of Agricultural Sciences, Nanjing 210046, China; 5 Nanjing Institute of Vegetable Science, Nanjing 210042, China)

Abstract: In this study, the boron (B), molybdenum (Mo), and iron (Fe) were compounded into single and compound foliar fertilizers, and applied to strawberry seedling growth, then the optimum application amounts of B, Mo and Fe fertilizers for the growth of strawberry were determined. The results showed that the single application of B, Mo, Fe, and compound foliar fertilizers could promote the number of strawberry breeding seedlings, maternal plant height, the net photosynthetic rate, leaf area, SPAD value, aboveground and underground biomass of maternal and child seedling in different degrees. The positive effects of B and Mo on propagation of seedling number and leaf areas, and the positive effects of Fe on chlorophyll and photosynthesis were obvious. Overall, with the increase of Fe concentration, the promoting effects on the maternal plant leaf area, SPAD value, maternal plant aboveground and belowground biomass and leaf area of the seedlings were more obvious. By contrast, the promoting effect of high concentration of B and Mo was weakened, and even inhibited the number of breeding seedlings. In different trace element fertilizers, B and Mo had the best effect, significantly improving the strawberry maternal and child seedling shoot and root biomass. In summary, the treatment of 0.2% B fertilizer, 0.2% Mo fertilizer, all of the concentration of Fe fertilizer, and B and Mo compound fertilizers were optimal for strawberry seedlings.

Key words: Vermicompost; B fertilizer; Mo fertilizer; Fe fertilizer; Seedling substrate; Strawberry