

文章编号:1000-8551(2020)11-2587-08

氨基酸配合硼喷施对油麦菜硼营养及生长、品质的影响

梁志雄 彭智平 涂玉婷 吴雪娜 杨林香 林志军 黄继川*

(广东省农业科学院农业资源与环境研究所/广东省养分资源循环利用与耕地保育重点实验室/
农业农村部南方植物营养与肥料重点实验室,广东 广州 510640)

摘要:为探究有机营养类物质氨基酸与硼酸配合喷施对油麦菜生长的应用效果,本研究采用盆栽试验,设置单独喷施1%硼酸处理,以及谷氨酸、丙氨酸和天冬氨酸3种氨基酸各设3个喷施浓度(5、10、20 mmol·L⁻¹)与1%硼酸配合喷施处理,并以喷施清水为对照(CK),共11个处理,收获后测定植株的生长指标和硼含量。结果表明,单独喷施硼酸对油麦菜生物量无明显影响,低浓度氨基酸与硼配合喷施均能显著提高油麦菜生物量,其中丙氨酸-硼喷施处理油麦菜生物量较CK平均增加了9.4%。与CK相比,3种氨基酸与硼配合喷施均能明显提高油麦菜叶片总蛋白含量,同时降低硝酸盐积累,从而改善品质。与单独喷施硼酸相比,适宜浓度氨基酸与硼配合喷施均可显著提高油麦菜氮、钾积累量,另外谷氨酸-硼和天冬氨酸-硼喷施对油麦菜磷积累量也有明显促进作用。与单独喷施硼酸相比,氨基酸与硼配合喷施均可显著提高油麦菜地上部硼含量,其中丙氨酸-硼喷施处理油麦菜地上部硼含量平均增幅为41.0%;此外,丙氨酸-硼喷施对油麦菜地下部硼含量也有明显提升作用,平均增幅为15.6%;喷施丙氨酸浓度与油麦菜地上部和地下部硼含量均呈显著正相关关系。综合比较不同氨基酸与硼酸配合喷施对油麦菜的影响,可考虑将丙氨酸作为增效剂与硼肥配合施用,提高硼肥的应用效应。本研究为开发新型硼肥提供了理论依据。

关键词:氨基酸;硼酸;生长;品质;硼含量

DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2020.11.2587

硼是维持作物正常生长所必需的微量元素,对作物根系生长、光合产物的合成与运转、生育器官的发育等方面均有广泛影响^[1-3]。在植物体内,硼主要以难溶性大分子化合物的形式存在,且大部分被固定在细胞壁中,移动性较差,因此植物体内的硼难以通过有效方式运输到新生部位,植物在整个生长期内都必须从外界吸收硼来满足自身代谢需求^[4]。硼缺乏会导致植物生长减缓,光合产物合成减少,生育器官发育受抑制,严重影响作物产量和品质;而过量施硼又会增加农业生产成本,且易导致土壤硼残留累积,对后茬作物造成生理毒害^[5-6]。目前生产上常见补充硼肥的方法有土壤施用和叶面喷施,其中土施硼肥的有效性受土壤

理化性质尤其是土壤pH值影响较大^[7],而叶面喷施由于不受土壤条件制约,可有针对性地作用于缺硼器官。相较土壤基施,叶面喷施硼肥是迅速缓解作物缺硼症状的有效手段,但是由于硼在植物体内主要通过木质部进行运输,叶面喷施硼肥一般难以通过韧皮部将硼转运至植物根中。如果在缺硼的土壤中仅采用叶面喷施硼肥的方式,极有可能加剧根的缺硼症状,导致根系不能正常吸收其他元素^[8-9]。因此探寻科学合理的施硼方法和手段,对缺硼作物的正常生长和发育意义重大。

前人研究发现,某些小分子有机物如氨基酸、糖醇等不仅能直接被作物吸收利用,而且具有螯合(络合)

收稿日期:2020-03-04 接受日期:2020-04-15

基金项目:十三五国家重点研发计划课题(2016YFD0200402),广东省科技计划(2017A020208024),广东省农业科技创新及推广项目(2019KJ102),广东省农业科学院学科团队建设项目(201632TD)

作者简介:梁志雄,男,主要从事植物营养与土壤肥料研究。E-mail: liangzhixiongwin@qq.com

*通讯作者:黄继川,男,副研究员,主要从事植物营养与土壤肥料研究。E-mail: huangkuang_2002@aliyun.com

中、微量元素的功能,常作为主剂或助剂添加到肥料中螯合(络合)中、微量元素,从而提高中、微量元素的有效性^[10-11]。沈欣等^[12]研究发现,甘氨酸、谷氨酸、苏氨酸与硫酸锌混合喷施能显著提升锌肥的应用效果,与单施硫酸锌相比,3种混合喷施处理植株的锌吸收量平均提高了48.2%,锌利用率平均提高了14.6%。此外,丁双双等^[13]研究发现,糖醇和氨基酸与硝酸钙混合喷施不仅能增加小白菜钙吸收量,而且对小白菜生物量和常规养分吸收量的增加同样具有明显的促进作用。虽然目前关于小分子有机物与中、微量元素混合配施已有较多研究报道,但鲜见有关小分子有机物与硼配合施用对作物生长影响的研究。因此,为探究氨基酸等小分子有机物与硼配合喷施的应用效果,本研究选用谷氨酸、丙氨酸和天冬氨酸作为配施氨基酸,以油麦菜为试验材料,通过盆栽试验,探究3种氨基酸与硼配合喷施对油麦菜生长发育和硼营养的影响,以期初步明确有机营养类物质氨基酸与硼配合喷施对油麦菜生长和硼营养的应用效果,为新型叶面有机营养液的研发以及科学施用硼肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试验地概况

试验于2019年在广东省农业科学院农业资源与环境研究所网室进行。供试油麦菜品种为板针香油麦,由广东省农业科学院蔬菜研究所提供。供试土壤为椰糠基质土,含有机质70.6%,碱解氮352.5 mg·kg⁻¹,有效磷44.1 mg·kg⁻¹,有效钾1528.4 mg·kg⁻¹,有效硼0.23 mg·kg⁻¹,pH值5.2。

1.2 试验设计

采用盆栽试验,共设置11个处理,包括单独喷施1%硼酸,谷氨酸、丙氨酸和天冬氨酸各设3个喷施浓度(5、10、20 mmol·L⁻¹)与1%硼酸混合喷施,并以只喷施清水为对照(CK)。每个处理3盆,每盆定植油麦菜4棵。每盆装椰糠土5 kg,共施20 mL液体肥料(含N 200 g·L⁻¹、P₂O₅ 100 g·L⁻¹、K₂O 200 g·L⁻¹),于菜苗移栽成活后分4次稀释100倍施用,每次施肥时间间隔10 d。试剂喷施伴随第2、第3、第4次施肥进行,共喷施3次,每个处理每次均匀喷施100 mL处理液。

1.3 测定项目与方法

收获时测定地上部鲜重即为油麦菜生物量。鲜重测定结束后每个处理取长势均匀的植株6棵,洗净擦干,一半只取可食用部分切碎混匀研磨,用于可溶性糖含量、蛋白质含量、硝酸盐含量等品质指标测定。其

中,可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法;蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝G-250法;硝酸盐含量测定采用紫外差减法^[14]。另一半将地上部和地下部分开烘干制样,地上部烘干样测定氮、磷、钾养分含量和硼含量,地下部烘干样只测定硼含量。其中氮、磷、钾含量采用浓硫酸-过氧化氢消煮法测定;硼含量采用姜黄素比色法测定^[15]。

1.4 数据分析

采用SPSS 22.0和Microsoft Excel 2017进行试验数据统计与分析,使用Graph Pad Prism 8作图。

2 结果与分析

2.1 不同浓度氨基酸溶液与硼配合喷施对油麦菜生物量的影响

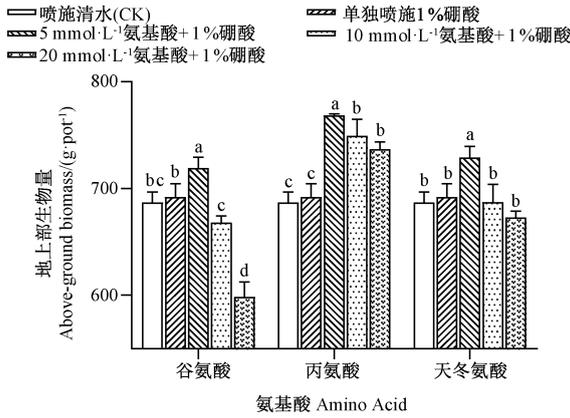
由图1可知,与CK相比,单独喷施1%硼酸使油麦菜生物量有一定增长,但二者差异不显著。氨基酸溶液与硼配合喷施,随着同种配施氨基酸喷施浓度提高,油麦菜生物量均不断下降。

5 mmol·L⁻¹谷氨酸-硼喷施处理油麦菜生物量分别较CK和单独喷施1%硼酸处理增长了4.8%和4.0%,随着配施谷氨酸浓度的提高,油麦菜生物量大幅度降低,其中20 mmol·L⁻¹谷氨酸-硼喷施处理油麦菜生物量显著低于单独喷施1%硼酸处理和CK,降幅分别为13.5%和12.9%。3种浓度丙氨酸-硼喷施处理油麦菜生物量均显著高于CK和单独喷施1%硼酸处理,随着喷施液中丙氨酸浓度提高,增产作用逐渐递减,与CK相比,5、10和20 mmol·L⁻¹丙氨酸-硼喷施处理油麦菜生物量平均增加了9.4%;与单独喷施1%硼酸处理相比,丙氨酸-硼喷施处理油麦菜生物量平均增加了8.6%。5 mmol·L⁻¹天冬氨酸-硼喷施处理油麦菜生物量分别较CK和单独喷施1%硼酸处理显著增加了6.2%和5.3%;随着配施天冬氨酸浓度的提高,油麦菜生物量均较5 mmol·L⁻¹天冬氨酸-硼喷施处理显著降低,但与CK以及单独喷施1%硼酸处理无显著差异。

综合来看,单独喷施1%硼酸溶液对油麦菜生物量无显著影响;在试验设置的浓度范围内,低浓度氨基酸溶液与硼配合喷施均可显著提高油麦菜生物量,其中丙氨酸-硼配合喷施对油麦菜增产作用最为明显。

2.2 不同浓度氨基酸溶液与硼配合喷施对油麦菜品质的影响

由表1可知,与CK比较,单独喷施1%硼酸处理对油麦菜叶片总蛋白含量无明显影响,二者蛋白质含量处于同一水平。而氨基酸与硼配合喷施均能显著提



注:不同小写字母表示同种氨基酸不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference among treatments of the same amino acid at 0.05 level. The same as following.

图 1 不同处理对油麦菜生物量的影响

Fig.1 Effects of different treatments on biomass of *Lactuca sativa* L.

高油麦菜总蛋白质含量,但不同氨基酸与硼配施作用效果存在一定差异。与 CK 相比,不同浓度谷氨酸-硼、丙氨酸-硼、天冬氨酸-硼喷施处理油麦菜总蛋白含量分别平均增加了 15.3%、21.4%、24.1%。

与 CK 相比,单独喷施 1% 硼酸对油麦菜硝酸盐含量无显著影响,但是在合适浓度条件下,3 种氨基酸和硼配合喷施均能显著降低油麦菜硝酸盐含量,尤以天冬氨酸-硼喷施处理降低硝酸盐含量综合效果最明显。5、10、20 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 天冬氨酸-硼喷施处理油麦菜硝酸盐含量分别较 CK 降低了 23.3%、23.6% 和 23.8%。

喷施一定浓度氨基酸-硼混合液和单独喷施 1% 硼酸处理均较 CK 显著提高了油麦菜叶片的可溶性糖含量,其中单独喷施 1% 硼酸后油麦菜可溶性糖含量较 CK 提高了 11.9%;不同氨基酸-硼配合喷施处理中,谷氨酸-硼喷施处理对油麦菜可溶性糖含量的提升效果整体最优,可溶性糖含量较 CK 平均增加了 34.6%。

表 1 不同处理对油麦菜品质的影响

Table 1 Effects of different treatments on quality of *Lactuca sativa* L.

处理 Treatments	氨基酸浓度 Amino acid concentration $/(\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})$	硼酸浓度 Boric acid concentration/%	总蛋白含量 Total protein content $/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW})$	硝酸盐 Nitrate content $/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{FW})$	可溶性糖含量 Soluble sugar content $/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW})$
CK	0	0	9.25c	1 166.52a	1.09d
谷氨酸-硼 Glutamic acid and boric acid	0	1	9.25c	1 157.48a	1.22c
	5	1	11.05a	1 136.34a	1.22c
	10	1	10.00b	964.04b	1.63a
	20	1	10.94a	1 139.36a	1.55b
CK	0	0	9.25d	1 166.52a	1.09d
丙氨酸-硼 Alanine acid and boric acid	0	1	9.25d	1 157.48a	1.22c
	5	1	11.99a	904.58b	1.49a
	10	1	11.06b	849.66b	1.20c
	20	1	10.64c	1 071.87a	1.36b
CK	0	0	9.25c	1 166.52a	1.09b
天冬氨酸-硼 Aspartic acid and boric acid	0	1	9.25c	1 157.48a	1.22a
	5	1	11.14b	894.51b	1.08b
	10	1	11.92a	891.62b	1.08b
	20	1	11.37b	888.46b	1.23a

注:不同小写字母表示同种氨基酸不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference among treatments of the same amino acid at 0.05 level. The same as following.

2.3 不同浓度氨基酸溶液与硼配合喷施对油麦菜养分积累量的影响

植株的氮、磷、钾积累量能够反映试验油麦菜的营

养水平,也是油麦菜产量和品质构建的重要因素。由表 2 可知,单独喷施 1% 硼酸处理油麦菜的氮、磷、钾积累量均与 CK 无显著差异,表明本试验中硼的单独喷

施对油麦菜氮、磷、钾养分利用与积累并无明显影响。与单独喷施 1% 硼酸处理相比,不同种类氨基酸-硼配合喷施均能显著提高油麦菜氮积累量,不同浓度谷氨酸-硼、丙氨酸-硼和天冬氨酸-硼喷施处理油麦菜氮积累量平均增幅分别为 9.8%、14.8%、13.7%。不同种类氨基酸-硼配合喷施处理中,5 mmol·L⁻¹谷氨酸-硼和天冬氨酸-硼以及 10 mmol·L⁻¹丙氨酸-硼喷施处理油麦菜氮积累量分别显著高于同种氨基酸其他浓度与硼配合喷施处理,表明在试验设置的浓度范围内,较低浓度的氨基酸与硼配合喷施更有利于油麦菜对氮的

吸收和积累。与单独喷施 1% 硼酸处理相比,不同浓度谷氨酸-硼和天冬氨酸-硼喷施处理均能显著提高油麦菜磷积累量,平均分别增加 16.7% 和 22.2%,但不同浓度丙氨酸-硼喷施处理对油麦菜磷积累量无显著影响。与氮积累量变化规律相似,低浓度谷氨酸-硼和天冬氨酸-硼喷施均能显著提高油麦菜钾积累量,其中 5 mmol·L⁻¹谷氨酸-硼、丙氨酸-硼和天冬氨酸-硼喷施处理油麦菜钾积累量分别较单独喷施 1% 硼酸处理增加了 10.6%、11.1% 和 15.2%。

表 2 不同处理对油麦菜氮、磷、钾积累量的影响

Table 2 Effects of different treatments on N, P, K accumulation of *Lactuca sativa* L.

处理 Treatments	氨基酸浓度 Amino acid concentration /(mmol·L ⁻¹)	硼酸浓度 Boric acid concentration /%	氮积累量 Nitrogen accumulation /(g·pot ⁻¹)	磷积累量 Phosphorus accumulation /(g·pot ⁻¹)	钾积累量 Potassium accumulation /(g·pot ⁻¹)
CK	0	0	1.19c	0.25b	3.02b
谷氨酸-硼 Glutamic acid and boric acid	0	1	1.19c	0.24b	2.97b
	5	1	1.35a	0.28a	3.34a
	10	1	1.27b	0.28a	3.06b
	20	1	1.30b	0.28a	3.09b
CK	0	0	1.19c	0.25a	3.02c
丙氨酸-硼 Alanine acid and boric acid	0	1	1.19c	0.24a	2.97c
	5	1	1.33b	0.24a	3.30a
	10	1	1.45a	0.25a	3.42a
	20	1	1.32b	0.25a	3.14b
CK	0	0	1.19c	0.25b	3.02c
天冬氨酸-硼 Aspartic acid and boric acid	0	1	1.19c	0.24b	2.97c
	5	1	1.45a	0.30a	3.48a
	10	1	1.31b	0.29a	3.39a
	20	1	1.30b	0.29a	3.18b

2.4 不同浓度氨基酸溶液与硼配合喷施对油麦菜地上部和地下部硼含量的影响

由图 2 可知,单独喷施 1% 硼酸处理油麦菜地上部硼含量约为 49.5 mg·kg⁻¹,较 CK 地上部硼含量增加了 24.2%,差异达到显著水平;单独喷施 1% 硼酸处理油麦菜地下部硼含量较 CK 增加 3.4%,但差异不显著。由此可见,外源叶面增施的硼肥主要被作物地上部分吸收和利用。

在合适的浓度条件下,氨基酸与硼配合喷施均能较 CK 显著提高油麦菜地上部硼含量,其增效作用整体强于单独喷施硼。3 种配施氨基酸中,丙氨酸对硼利用的增效作用最优,与单独喷施 1% 硼酸处理比较,

5、10、和 20 mmol·L⁻¹丙氨酸-硼喷施处理油麦菜植株地上部硼含量分别增加了 20.9%、38.6% 和 63.5%。

此外,3 种配施氨基酸中,唯有丙氨酸与硼配合喷施能较 CK 显著提高油麦菜地下部硼含量。谷氨酸和天冬氨酸与硼配施均对油麦菜地下部硼含量无明显影响。随着配施丙氨酸浓度的提高,油麦菜地下部硼含量逐渐增加,与单独喷施 1% 硼酸处理相比,5、10、和 20 mmol·L⁻¹ 丙氨酸-硼喷施处理油麦菜植株地下部硼含量分别增加了 9.1%、15.3% 和 22.3%。

2.5 氨基酸-硼喷施液中氨基酸浓度与油麦菜生物量和养分吸收的相关性

配施氨基酸浓度与油麦菜生物量和养分吸收之间

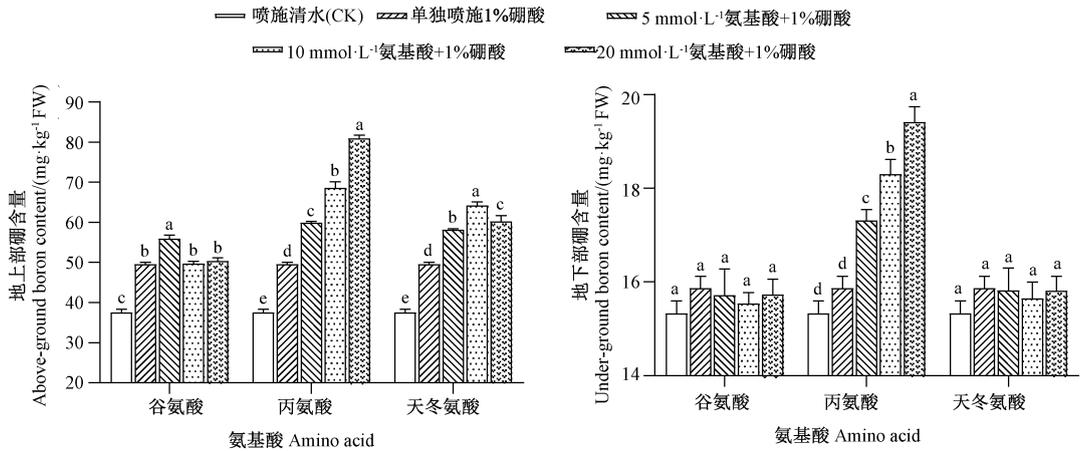


图2 不同处理对油麦菜地上部和地下部硼含量的影响

Fig.2 Effect of different treatments on aboveground and underground boron content of *Lactuca sativa* L

的相关性分析如表3所示,谷氨酸配施浓度与油麦菜的生物量呈极显著三次曲线相关($y = 692 + 17.815x^3 - 2.918x^2 + 0.09x$),与油麦菜磷积累量的相关性也达到显著三次曲线相关水平($y = 0.243 + 0.011x^3 - 0.001x^2$),表明在一定浓度范围内,谷氨酸的配施浓度对油麦菜的生长和磷的吸收积累有良好的促进作用,根据试验结果(图1、表2),在试验所设置浓度范围

内,谷氨酸的适宜配施浓度应为 $5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。丙氨酸的配施浓度与油麦菜地上部硼含量($y = -32.358 + 0.635x$)和地下部硼含量($y = -58.907 + 3.677x$)均呈线性极显著正相关关系,说明在试验设置浓度范围内,提高配施丙氨酸浓度能有效提高试验油麦菜地上部和地下部硼含量。

表3 氨基酸配施浓度与油麦菜生物量和养分吸收之间的相关性(r 值)Table 3 The correlations between the spraying densities of amino acid and the biomass and nutrient uptakes of *Lactuca sativa* L. (r value)

氨基酸 Amino acid	生物量 Biomass	氮积累量 Nitrogen accumulation	磷积累量 Phosphorus accumulation	钾积累量 Potassium accumulation	地上部硼含量 Above-ground boron content	地下部硼含量 Under-ground boron content
谷氨酸 Glutamic acid	-0.876**	0.402	0.669*	0.022	-0.179	-0.145
丙氨酸 Alanine acid	0.331	0.458	0.098	0.247	0.990**	0.975**
天冬氨酸 Aspartic acid	-0.531	0.133	0.561	0.177	0.601	-0.084

注: * 和 ** 分别表示相关性在 0.05 和 0.01 水平达到显著和极显著。

Note: * and ** indicate the correlation was significant and extremely significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

3 讨论

叶面喷施硼肥不仅能快速缓解作物的缺硼症状,对作物的产量建成和品质提升也具有重要影响。吴海勇等^[16]研究表明,叶面喷施硼肥能提早水稻生育期,促进水稻分蘖,增加有效穗数,最终提高水稻产量。陈玲玲等^[17]指出硼的施用效果主要表现为增加苜蓿花粉数量、花粉活力以及种子产量组成成分,提高结实率和结荚率,从而达到增产效果。本试验中,单独喷施 1% 硼酸对油麦菜地上部生物量和养分积累量无明显影响,这与前人的研究结果存在一定差异。考虑到本

试验中油麦菜属于叶菜类作物,产量主要依赖于植株的营养生长,从前人研究结果来看^[16-18],硼肥主要从作物生殖生长方面影响作物的产量,因此硼的主要增产效应在本试验油麦菜生长过程中可能并未得到充分体现。另外,本试验中叶面单独喷施 1% 硼酸喷施能显著提高油麦菜地上部含硼量,这与前人研究结果相似^[5,19],但对油麦菜地下部的硼含量无明显影响,说明被油麦菜叶面所吸收的硼主要保留在植株的地上部分。

本研究中,适宜浓度的谷氨酸、丙氨酸和天冬氨酸与 1% 硼酸配合喷施在增加油麦菜生物量以及氮、磷、钾积累量,改善油麦菜品质等方面均显著优于单独喷

施硼酸。一方面是因为氨基酸分子本身含有碳、氮元素,是一种性质优良的植物营养剂,能显著促进植物生长以及根系发育,进而促进作物对土壤中氮、磷、钾的吸收^[11,13]。另一方面,配施氨基酸能为植物体内代谢过程提供能量,调控植物体内生理生化过程,减少硝酸盐积累,提高总蛋白和可溶性糖含量,从而明显改善作物品质^[20-22]。随着配施氨基酸浓度的提高,油麦菜生物量以及品质均出现不同程度的下降,推测配施浓度过高的氨基酸容易伤害植株叶片,对叶面生长产生抑制作用。另外,前人无菌培养试验指出,培养液中低浓度氨基酸更有利于植物吸收^[23]。

与单独喷施 1% 硼酸相比,3 种氨基酸与硼配合喷施均能显著提高油麦菜地上部硼含量,呈现出良好的增效作用。这主要是因为,氨基酸溶液本身具备较好的渗透、吸附性,当溶液喷施至叶片表面时,能迅速在叶面上扩散,从而增加叶面的吸收范围;另外,氨基酸溶液具有良好的保湿性,有助于延长养分的吸收时间^[12]。前人研究发现,氨基酸能有效螯合 Cu、Zn、Fe 和 Ca 等元素,使养分元素以氨基酸螯合态的形式存在并转移至植物体内^[11-13]。闫磊等^[24]研究发现,丙三醇能与硼发生络合作用,在水培溶液中添加丙三醇和硼能显著提高油菜地上部硼含量。因此,氨基酸和硼配合喷施除了能在物理层面上提高硼的有效性,可能还存在某种化学作用对硼的吸收和转运产生影响。3 种配施氨基酸中,丙氨酸与硼配合喷施不仅能增加油麦菜地上部硼含量(硼含量平均增幅 41.0%),对油麦菜地下部硼含量也有显著提高作用(硼含量平均增幅 15.6%),并且喷施丙氨酸的浓度与油麦菜地上部和地下部硼含量均呈极显著正相关关系。丙氨酸与硼配合喷施能显著提高油麦菜地下部硼含量,说明部分喷施液中的硼被油麦菜叶面吸收后,可能通过韧皮部转运至植株根系。关于硼在韧皮部中运输方式,前人研究指出硼(B)能与一些特定可溶性有机物如甘露醇、山梨醇(L)等形成 BL₂ 复合物,进而通过韧皮部转运至植株的其他部位^[25-27];Lehto 等^[28]利用同位素标记试验指出植物体内硼可与部分营养物质结合通过韧皮部从植株地上部运输至地下部。区别于酸性氨基酸谷氨酸和天冬氨酸,丙氨酸作为分子量较小的非极性氨基酸,有可能与硼形成某种复合物,从而在植株韧皮部的碱性环境中具有一定移动能力,但其具体运输机理还有待进一步研究。

虽然 3 种供试氨基酸与硼配合喷施均可以在一定浓度范围内促进油麦菜生长,提高其品质及体内硼含量,但作用效果因氨基酸的种类、使用浓度有所区别,

这与前人的研究结果一致^[12-13]。考虑到不同氨基酸分子虽然结构相似,但不同种类氨基酸的物理、化学性质以及在植物新陈代谢中的作用存在一定差异。因此,应根据生产目的系统分析不同氨基酸对作物生长和生理的影响,以明确适宜采用的氨基酸种类和浓度。

4 结论

适宜浓度的谷氨酸、丙氨酸和天冬氨酸与 1% 硼酸配合喷施均能不同程度改善油麦菜的品质,提高油麦菜的生物量和氮、磷、钾积累量,地上部硼含量较单独喷施硼酸也得以提高。其中丙氨酸和硼配合喷施在促进油麦菜生长发育,提高油麦菜生物量方面表现更为突出,显著提高了油麦菜地上部和地下部硼含量,可作为增效剂添加到硼肥中施用。

参考文献:

- [1] 徐芳森,王运华.我国作物硼营养与硼肥施用的研究进展[J].植物营养与肥料学报,2017,23(6):1556-1564
- [2] Meng C F, Jiang P K, Zheng J C, Zhou G M, Xu Q F. Effects of soil and foliar application of boron on nutrient uptake, growth, and yields of red bayberry[J]. International Journal of Fruit Science, 2014, 14(3): 235-252
- [3] Hosseini S M, Amini Z. Yield and yield components of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars affected by boric acid rates and methods of application[J]. Journal of Plant Nutrition, 2019(1): 1-8
- [4] 徐炜南.硼对番茄生长及果实风味品质的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2017
- [5] 郝学明,郝建雨,黎莉莎,董一凡,张铭,姜欣雨,李可欣,宋柏权.缺硼胁迫对甜菜植株硼素形态的影响[J].中国糖料,2019,41(3):45-48
- [6] Brdar J M. Boron toxicity and deficiency in agricultural plants[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2020, 21(4): 1424-1443
- [7] 马欣,韩宝吉,张丽梅,石磊.两种硼肥对油-棉轮作中作物产量和品质的影响及其后效[J].中国土壤与肥料,2019(2):139-144
- [8] 刘桂东.纽荷兰脐橙缺硼的砧木效应及叶片结构变化与代谢响应研究[D].武汉:华中农业大学,2014
- [9] Mei L, Li Q H, Wang H, Sheng O, Peng S A. Boron deficiency affects root vessel anatomy and mineral nutrient allocation of *Poncirus trifoliata* (L.) Raf [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2016, 38(4): 86-93
- [10] 王斐,姜淑苓,欧春青,毋永龙,王海波,李连文,马力.施用氨基酸硼肥对梨体内硼含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2014,20(6):1577-1582
- [11] 于会丽,林治安,李燕婷,袁亮,赵秉强.喷施小分子有机物对小油菜生长发育和养分吸收的影响[J].植物营养与肥料学报,

- 2014, 20(6): 1560-1568
- [12] 沈欣, 李燕婷, 袁亮, 赵秉强, 林治安. 氨基酸与锌配合喷施提高小白菜生物量、品质及锌利用效率[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(1): 181-188
- [13] 丁双双, 李燕婷, 袁亮, 赵秉强, 林治安. 糖醇和氨基酸对小白菜钙营养及生长、品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(3): 744-751
- [14] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006
- [15] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [16] 吴海勇, 李明德, 谷雨, 刘琼峰, 宋安发, 宋斌. 硼肥不同施用方法及用量对水稻生长的影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(7): 5-8
- [17] 陈玲玲, 张阳阳, 毛培胜, 梁庆伟, 乌仁图雅, 王胜男, 陈琪. 不同施硼方法对紫花苜蓿种子产量与质量的影响[J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(8): 43-49
- [18] 刘磊超, 姜存仓, 刘桂东, 董肖昌. 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
- [19] 张敏敏, 徐祥玉, 张映杰, 张宗锦, 闫芳芳, 袁家富, 曾庆宾, 杨军伟. 攀枝花烟区土壤有效硼含量及其硼肥适宜用量研究[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(16): 293-296
- [20] 曹小闯, 吴良欢, 陈贤友, 韩科峰. 氨基酸部分替代硝态氮对小白菜产量、品质及根际分泌物的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(3): 699-705
- [21] Tegeder M. Transporters for amino acids in plant cells: some functions and many unknowns [J]. Current Opinion in Plant Biology, 2012, 15(3): 315-321
- [22] 于俊红, 彭智平, 黄继川, 杨少海, 徐培智. 三种氨基酸对菜心产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(4): 1044-1050
- [23] 贾娟. 施用菌剂和氨基酸对蔬菜产量、品质及土壤生物化学性质的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2018
- [24] 闫磊, 姜存仓, 董肖昌, 吴秀, Muhammad R, 卢晓佩. 多元醇络合硼对油菜苗期生长及生理特性的影响[J]. 华中农业大学学报, 2017, 36(2): 38-44
- [25] 耿明建, 吴礼树, 刘武定. 植物硼的长距离运输[J]. 华中农业大学学报, 2002(5): 487-493
- [26] Takano J, Miwa K, Fujiwara T. Boron transport mechanisms: Collaboration of channels and transporters [J]. Trends in Plant Science, 2008, 13(8): 451-457
- [27] Souza J, Fraton M M, Moraes L A, Moreira A. Boron and amino acid foliar application on wheat-soybean Intercropping in a non-tillage system [J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2018, 49(13): 1638-1649
- [28] Lehto T, Kallio E, Aphalo P J. Boron mobility in two coniferous species[J]. Annals of Botany, 2000, 86(3): 547-550

Effects of Combined Foliar Application of Amino Acids With Boric Acid on Boron Nutrition, Growth and Quality of *Lactuca sativa* L

LIANG Zhixiong PENG Zhiping TU Yuting WU Xuena YANG Linxiang LIN Zhijun HUANG Jichuan*

(Institute of Agricultural Resources and Environment, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/Guangdong Key Laboratory of Nutrient Cycling and Farmland Conservation/Key Laboratory of Plant Nutrition and Fertilizer in South Region, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangzhou, Guangdong 510640)

Abstract: In order to explore the effects of combined foliar application of amino acids with boric acid on *Lactuca sativa* L, a pot experiment was conducted using *Lactuca sativa* L as material. Glutamic acid, alanine and aspartic acid were chosen and foliar sprayed in 3 concentrations (5, 10, 20 mmol·L⁻¹) mixed with 1% boric acid, 11 treatments in total, including spraying 1% boric acid alone and water sprayed as controls. We measured the growth indicators, quality indicators and boron content after the harvest. The results show that: Spraying boric acid alone had no significant effect on the biomass of *Lactuca sativa* L while all the three kinds of low concentration amino acid spraying together with boric acid could significantly increase the yield, among them, mixed spraying of alanine and boric acid increased the biomass of *Lactuca sativa* L by 9.4% in average. Compared with the control, the combined spraying of amino acids with boric acid could significantly increase the total protein content of *Lactuca sativa* L leaves, while reducing nitrate accumulation, thereby improving the quality; Compared with spraying boric acid alone, appropriate concentration of amino acids spraying together with boric acid could significantly increase the accumulation of nitrogen and potassium of *Lactuca sativa* L, besides, spraying glutamic acid and aspartic acid respectively mixed with boric acid could also significantly increased the accumulation of phosphorus in *Lactuca sativa* L; Compared with spraying boric acid alone, the combined spraying of amino acids with boric acid effectively increased the above ground boron content of *Lactuca sativa* L, among them, mixed spraying of alanine and boric acid not only increased the aboveground boron content of *Lactuca sativa* L by 41.0%, but also increased the underground boron content of *Lactuca sativa* L by 15.6%. Besides, no matter the aboveground part or underground part of *Lactuca sativa* L, there was a significant positive linear relationship between the concentration of sprayed alanine and the boron content. The application effect of alanine and boron mixed spraying was better than the other two amino acids, so alanine acid can be considered adding to boron fertilizer as a synergist. This study provides a theoretical basis for developing new type boron fertilizer.

Keywords: amino acid, boric acid, growth, quality, boron content