

引文格式: 练华山, 邹盼红, 李欣欣, 等. 2,4-表油菜素内酯对葡萄幼苗氮吸收量和转运量以及土壤氮含量的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2022, 37(1): 170–176. DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).202105048

2,4-表油菜素内酯对葡萄幼苗氮吸收量和转运量以及土壤氮含量的影响*

练华山¹, 邹盼红¹, 李欣欣², 林立金³, 廖明安^{4**}

(1. 成都农业科技职业学院 农业园艺学院, 四川 成都 611130;

2. 成都市锦江区四川师大附属第一学校, 四川 成都 611130;

3. 四川农业大学 果蔬研究所, 四川 成都 611130;

4. 四川农业大学 园艺学院, 四川 成都 611130)

摘要:【目的】研究 2,4-表油菜素内酯 (EBR) 对葡萄幼苗氮吸收和土壤氮含量的影响。【方法】以夏黑葡萄为材料, 通过盆栽试验分析叶面喷施不同质量浓度 (0、0.5、1.0、1.5 和 2.0 mg/L) EBR 对夏黑葡萄幼苗氮吸收量和转运量以及对土壤氮含量的影响。【结果】叶面喷施不同质量浓度的 EBR 可增加夏黑葡萄幼苗的整株氮含量, 提高葡萄幼苗根、茎、叶的氮吸收量、转运量、转运效率和转运贡献率, 且当 EBR 质量浓度为 1.5 mg/L 时效果最佳。喷施不同质量浓度的 EBR 可降低夏黑葡萄幼苗的氮转运量系数和转运系数。喷施不同质量浓度的 EBR 可提高根和茎的氮收获指数, 且 EBR 质量浓度为 1.5 mg/L 时效果较好, 但叶的氮收获指数降低。喷施 EBR 后, 土壤速效氮含量增加, 且在 1.5 mg/L EBR 处理时最高。喷施 EBR 使土壤硝态氮含量增加, 而土壤铵态氮含量减少。【结论】喷施 EBR 能够提高葡萄幼苗的氮转运和吸收, 并以 1.5 mg/L EBR 效果最优, 同时能够使土壤中的氮素形态朝着有利于葡萄幼苗吸收利用的方向变化。

关键词: 2,4-表油菜素内酯; 葡萄幼苗; 氮转运量; 氮吸收量

中图分类号: S663.1

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2022) 01-0170-07

Effect of 2,4-epibrassinolide on the Nitrogen Uptake and Translocation of Grape Seedlings and Nitrogen Content in Soil

LIAN Huashan¹, ZOU Panhong¹, LI Xinxin², LIN Lijin³, LIAO Ming'an⁴

(1. School of Agriculture and Horticulture, Chengdu Agricultural College, Chengdu 611130, China;

2. No.1 School Attached to Sichuan Normal University in Jinjiang District, Chengdu 611130, China;

3. Institute of Pomology and Olericulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China;

4. College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: [Purpose] To study the effect of 2,4-epibrassinolide (EBR) on the nitrogen uptake of grape seedlings and the nitrogen content in the soil. [Methods] Using Summer Black grape as material, the effects of different mass concentrations (0, 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 mg/L) of EBR on the nitro-

收稿日期: 2021-05-24

修回日期: 2021-07-13

网络首发日期: 2021-12-28

*基金项目: 成都农业科技职业学院科技创新平台项目 (cny19-14)。

作者简介: 练华山 (1979—), 男, 四川大竹人, 硕士, 副教授, 主要从事蔬菜等遗传育种及栽培技术研究。E-mail: 49939450@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 廖明安 (1957—), 男, 四川仁寿人, 博士, 教授, 主要从事果树生理生态及栽培研究。E-mail: lman@sicau.edu.cn

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20211227.1002.002.html>



gen uptake and translocation of grape seedlings and nitrogen content in soil were studied by pot experiment. [Results] Foliar spraying of EBR with different mass concentrations could increase the nitrogen content of the whole plant of Summer Black grape seedlings, and increase the nitrogen uptake, nitrogen translocation, transport efficiency and transport contribution rate of the roots, stems and leaves of the grape seedlings, and the best effect was when the mass concentration of EBR was 1.5 mg/L. Spraying different mass concentrations of EBR could reduce the nitrogen translocation amount coefficient and nitrogen translocation coefficient of the Summer Black grape seedlings. Spraying different mass concentrations of EBR improved the nitrogen harvest index of roots and stems, and the effect was better when the EBR mass concentration was 1.5 mg/L; but the leaf nitrogen harvest index decreased. After spraying EBR, the content of soil available nitrogen increased, and it was the highest at 1.5 mg/L EBR treatment. Spraying EBR increased the soil nitrate nitrogen content, while the soil ammonium nitrogen content decreased. [Conclusion] Spraying EBR can improve the nitrogen transport and uptake of grape seedlings, and the best effect is when the mass concentration of EBR is 1.5 mg/L. At the same time, the nitrogen form in soil can change in the direction of beneficial to the uptake and utilization of grape seedlings.

Keywords: 2,4-epibrassinolide; grape seedlings; nitrogen translocation; nitrogen uptake

氮元素作为“生命元素”,对果树的生长发育、物质代谢以及果实产量和品质等有着不可替代的作用^[1]。氮素过多或过少对果树生长均不利影响。缺氮时,果树的光合性能下降^[2],树体衰弱,老叶叶面积小,果实小且易早落或早熟^[3];氮素过量会导致果树体内硝酸盐大量积聚,引起土壤酸化和板结,从而降低化肥利用率^[4],并引起水体富营养化,加剧温室效应等^[5]。在实际生产中,氮肥利用率较低会对环境造成严重污染^[6]。因此,提高作物对氮素的吸收、转运及利用率不仅有利于果树的生长发育,还有利于减少氮肥对生态系统的污染。

油菜素内酯(brassinolide, BR)是一种油菜素甾族化合物(brassinosteroids, BRs),被列为第六大类植物内源激素,是国际上公认的高效、广谱、无毒和无副作用的植物生长调节剂^[7-8]。已有研究表明:BR能够促进植物的生理代谢,抑制膜脂过氧化,通过促进细胞壁松弛帮助细胞修复,同时在细胞分裂、植物茎和根的伸长、器官发育和胁迫响应等方面有重要作用^[9-10]。目前,已鉴定的BRs相关化合物达60余种,其中,2,4-表油菜素内酯(EBR)和2,8-高油菜素内酯(HBR)是活性最强的两类油菜素内酯,广泛应用于BR功能和信号转导的相关研究^[11]。EBR能够用人工合成的方法批量生产,具有良好的应用前景^[12-13]。已有研究

表明:EBR能够修复 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 胁迫对黄瓜幼苗中参与氮代谢的酶结构损伤^[14];促进小麦对氮的吸收和开花后营养器官中氮元素向籽粒的转运^[15]。

葡萄是葡萄科(Vitaceae)葡萄属(*Vitis*)多年生落叶藤本植物,是世界上最古老的植物之一,也是世界第二大水果^[16]。葡萄富含多种矿物质、氨基酸和果酸,营养价值丰富,同时含有的聚合苯酚和白藜芦醇能够保护细胞,防止细胞癌变^[17-18]。葡萄是需氮量较高的果树,氮素是影响其产量的首要因素^[19]。但在葡萄种植过程中存在氮肥施用不科学和利用率低的问题,导致葡萄产量及效益不高、品质下降和病虫害严重等^[20]。前期研究发现:叶面喷施不同质量浓度的EBR可促进夏黑葡萄幼苗叶片生长,其生物量、光合参数以及抗氧化酶活性均有所提高(另文发表)。本研究采用盆栽试验,分析喷施不同质量浓度EBR对葡萄幼苗氮吸收和转运量以及对土壤氮含量的影响,探究葡萄氮吸收及转运的EBR调控效应,以为葡萄幼苗培育中氮肥的高效利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤取自四川农业大学成都校区农田(N30°71', E103°86', 海拔470 m),按鲍士旦^[21]

的方法测定其基本理化性质为: pH 7.71, 有机质含量 15.29 mg/g, 全氮含量 0.85 mg/g, 碱解氮含量 87.99 mg/kg, 全磷含量 11.88 mg/g, 速效磷含量 55.78 mg/kg, 速效钾含量 41.96 mg/kg, 全钾含量 15.38 mg/g。

供试材料为早熟品种夏黑葡萄的当年生扦插苗, 其扦插条是四川省崇州市四川农业大学现代农业研发基地夏黑葡萄园于 2018 年冬季修剪时收集的健壮、长势一致且无病虫害的 1 年生葡萄枝条, 沙藏保存。

1.2 试验设计

试验于 2019 年 2—8 月在四川农业大学成都校区进行。2019 年 2 月, 对夏黑葡萄扦插条进行修剪(带 1 个健壮饱满芽, 长约 7 cm), 后扦插于装有珍珠岩的 50 孔穴盘中, 育苗所用珍珠岩是含水量为 2%~6% 的浮石状灰白色珍珠岩, 置于昼夜温度为 21~23℃ 的人工气候室中。

2019 年 3 月, 选取植株健壮、长势一致且无病虫害的葡萄幼苗 45 株(株高约 15 cm)移栽至塑料盆中(高 15 cm, 直径 18 cm), 每盆 3 株。然后将葡萄幼苗置于温度为 24℃/10℃(昼/夜)、光周期为 12 h/12 h、光强度为 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的人工培养室内。

幼苗移栽缓苗 15 d 后, 分别向葡萄幼苗叶面喷施 0(清水对照)、0.5、1.0、1.5 和 2.0 mg/L 的 EBR 水溶液, 每个处理 5 盆, 每盆 3 株, 重复 3 次。整株均匀喷施, 以叶面湿润且欲滴为宜。喷施时间为 9:00, 每隔 7 d 喷 1 次, 连续喷施 3 次, 每个处理每次共喷施 60 mL, 喷施时注意单独喷施避免不同质量浓度交互影响。盆栽随机摆放于人工培养室内, 每 7 d 交换盆栽位置以减弱边际效应的影响。

在喷施处理前和最后 1 次处理 8 d 后采收鲜样测定植物氮含量及生物量。最后一次处理 8 d 后收获整株幼苗, 根、茎、叶分别用自来水洗净, 再用去离子水冲洗 3 次, 分装, 于 110℃ 杀青 15 min, 80℃ 烘干至恒质量, 备用。土壤自然风干后过 1 mm 筛, 备用。

1.3 指标测定

称取烘干、粉碎并过筛的葡萄幼苗根、茎、叶样品各 0.2 g, 加少量水和浓 H_2SO_4 溶液 5 mL, 摇匀过夜, 采用硫酸—过氧化氢消煮后过滤, 定容至 100 mL^[21]。用凯氏定氮法测定氮含量: 吸取

待测液 5 mL, 加酒石酸钠溶液 2 mL、少量 KOH 溶液和蒸馏水 40 mL, 摇匀后加奈氏试剂 2.5 mL, 静置显色 30 min 后于 420 nm 处比色^[21]。夏黑葡萄氮素吸收及转运的相关指标参考 PAPA KOSTA 等^[22]的方法并改进后进行计算。

某器官单株氮吸收量 (mg) = 某器官生物量 (g) × 某器官氮含量 (mg/g);

植株单株氮总吸收量 (mg) = 根的氮吸收量 (mg) + 茎的氮吸收量 (mg) + 叶的氮吸收量 (mg);

某器官单株氮转运量 (mg) = 某器官试验末期氮吸收量 (mg) - 某器官试验初期氮吸收量 (mg);

某器官单株氮转运效率 = 某器官氮转运量 (mg) / 某器官试验初期氮吸收量 (mg) × 100%;

某器官单株氮转运贡献率 = 某器官氮转运量 (mg) / 某器官氮吸收量 (mg) × 100%;

某器官单株氮收获指数 = 某器官氮吸收量 (mg) / 植株总氮吸收量 (mg) × 100%;

氮转运系数 = 植物地上部分氮含量 (mg/g) / 根系氮含量 (mg/g);

氮转运量系数 = [地上部氮含量 (mg/g) × 地上部分生物量 (g/株)] / [根系氮含量 (mg/g) × 根系生物量 (g/株)]。

土壤速效氮、铵态氮和硝态氮分别采用扩散皿法、KCl 浸提—靛酚蓝比色法和双波长紫外分光光度法测定^[21]。

1.4 数据处理

数据采用 Excel 2010 记录与整理, 采用 SPSS 21.0 进行方差分析 (Duncan 新复极差法进行多重比较, $P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 EBR 对夏黑葡萄幼苗氮含量的影响

由表 1 可知: 随着喷施 EBR 质量浓度的增加, 葡萄幼苗根、茎及整株氮含量呈先增加后减少的趋势, 地上部分和叶的氮含量呈先减少后增加再减少的趋势。根、茎、叶、地上部分及整株氮含量均在 EBR 质量浓度为 1.5 mg/L 时最高, 分别较对照显著增加 52.68%、34.79%、5.65%、9.76% 和 22.84% ($P < 0.05$)。叶氮含量在 EBR 质量浓度为 0.5 和 1.0 mg/L 时均低于对照, 地上部分氮含量仅在 EBR 质量浓度为 0.5 mg/L 时低于对照。

表 1 EBR 对夏黑葡萄幼苗氮含量的影响

Tab. 1 Effects of EBR on the content of nitrogen in Summer Black grape seedlings					mg/g
EBR质量浓度/(mg·L ⁻¹) EBR mass concentration	根 root	茎 stem	叶 leaf	地上部分 aboveground part	整株 whole plant
0.0	3.69±0.03 d	3.66±0.02 e	3.93±0.04 b	3.90±0.04 cd	3.84±0.03 e
0.5	3.99±0.02 c	3.74±0.07 d	3.88±0.05 bc	3.86±0.03 d	3.91±0.02 d
1.0	4.78±0.08 b	4.58±0.05 b	3.82±0.03 c	3.95±0.02 bc	4.23±0.01 b
1.5	5.64±0.04 a	4.94±0.05 a	4.15±0.03 a	4.28±0.02 a	4.72±0.02 a
2.0	4.02±0.04 c	4.08±0.01 c	3.95±0.05 b	3.97±0.04 b	3.98±0.02 c

注: 同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$); 下同。
Note: Datas within a column followed by different lowercase letters indicate the significant difference ($P<0.05$); the same as below.

2.2 EBR 对夏黑葡萄幼苗氮吸收量的影响

由表 2 可知: 随着喷施 EBR 质量浓度的增加, 葡萄幼苗根、茎、叶及整株氮吸收量均呈先增加后减少的趋势, 且均高于对照, 并在 EBR 质量浓度为 1.5 mg/L 时最高, 较对照分别显著增加 132.10%、190.34%、36.57% 和 75.11% ($P<0.05$)。不同质量浓度 (0.5~2.0 mg/L) 的 EBR 使幼苗整株氮吸收量较对照分别显著增加 20.63%、53.45%、75.11% 和 37.33% ($P<0.05$)。

2.3 EBR 对夏黑葡萄幼苗氮转运量的影响

由表 3 可知: 不同质量浓度的 EBR 处理均可增加葡萄幼苗根、茎和叶的氮转运量, 且均在 EBR 质量浓度为 1.5 mg/L 时效果最佳。不同器官的氮转运量存在差异, 氮转运量增量表现为根最高, 叶次之, 茎最低, 与氮吸收量表现一致。与对照相比, 不同质量浓度的 EBR 均可降低葡萄幼苗氮转运量系数, 氮转运量系数的大小排序为: 0 mg/L>2.0 mg/L>0.5 mg/L>1.0 mg/L>1.5 mg/L。

表 2 EBR 对夏黑葡萄幼苗氮吸收量的影响

Tab. 2 Effects of EBR on the nitrogen uptake in Summer Black grape seedlings					mg
EBR质量浓度/(mg·L ⁻¹) EBR mass concentration	根 root	茎 stem	叶 leaf	整株 whole plant	
0.0	2.05±0.01 e	0.51±0.02 e	4.55±0.15 c	7.11±0.13 e	
0.5	3.09±0.04 d	0.72±0.04 d	4.77±0.17 c	8.58±0.14 d	
1.0	4.13±0.06 b	1.33±0.02 b	5.46±0.06 b	10.91±0.13 b	
1.5	4.76±0.03 a	1.47±0.04 a	6.22±0.10 a	12.45±0.11 a	
2.0	3.18±0.05 c	0.91±0.04 c	5.68±0.18 b	9.76±0.22 c	

表 3 EBR 对夏黑葡萄幼苗氮转运量的影响

Tab. 3 Effects of EBR on the nitrogen translocation in Summer Black grape seedlings					
EBR质量浓度/(mg·L ⁻¹) EBR mass concentration	根/mg root	茎/mg stem	叶/mg leaf	氮转运量系数 nitrogen translocation amount coefficient	
0.0	1.31±0.01 e	0.22±0.04 e	2.64±0.05 c	2.47±0.06 a	
0.5	2.34±0.04 d	0.44±0.01 d	2.86±0.17 c	1.78±0.06 c	
1.0	3.39±0.06 b	1.04±0.04 b	3.55±0.24 b	1.64±0.01 d	
1.5	4.02±0.03 a	1.19±0.07 a	4.31±0.27 a	1.62±0.03 d	
2.0	2.43±0.05 c	0.63±0.04 c	3.77±0.09 b	2.08±0.05 b	

2.4 EBR 对夏黑葡萄幼苗氮转运效率和转运系数的影响

由表 4 可知: 喷施 EBR 后, 葡萄幼苗根、茎和叶的氮转运效率均高于对照, 但氮转运系数均低于对照。葡萄幼苗根、茎和叶的氮转运效

率均在 EBR 质量浓度为 1.5 mg/L 时最高, 其中各处理根和茎的氮转运效率排序为: 1.5 mg/L>1.0 mg/L>2.0 mg/L>0.5 mg/L>0 mg/L, 各处理幼苗氮转运系数排序为: 0 mg/L>2.0 mg/L>0.5 mg/L>1.0 mg/L>1.5 mg/L。

表 4 EBR 对夏黑葡萄幼苗氮转运效率和转运系数的影响

Tab. 4 Effects of EBR on the nitrogen transport efficiency and translocation coefficient in Summer Black grape seedlings

EBR 质量浓度/(mg·L ⁻¹) EBR mass concentration	根/% root	茎/% stem	叶/% leaf	氮转运系数 nitrogen translocation coefficient
0.0	175.60±0.00 e	79.39±0.22 d	139.60±0.10 c	1.06±0.00 a
0.5	315.10±0.10 d	153.40±0.10 c	151.40±0.30 bc	0.97±0.01 b
1.0	455.80±0.10 b	367.70±0.40 a	188.10±0.30 abc	0.83±0.02 c
1.5	540.30±0.10 a	420.20±0.59 a	228.30±0.40 a	0.76±0.01 d
2.0	327.20±0.10 c	221.00±0.30 b	199.00±0.20 ab	0.99±0.02 b

2.5 EBR 对夏黑葡萄幼苗氮转运贡献率的影响

由表 5 可知：喷施 EBR 后，葡萄幼苗根、茎和叶的氮转运贡献率均高于对照，且随着 EBR 质量浓度增加均呈先增加后减少的趋势。不同器官的氮转运贡献率之间存在差异，氮转运贡献率增量表现为茎最高，根次之，叶片最低。各处理根和茎氮转运贡献率的排序均为 1.5 mg/L>1.0 mg/L>2.0 mg/L>0.5 mg/L>0 mg/L，而叶氮转运贡献率的排序为 1.5 mg/L>2.0 mg/L>1.0 mg/L>0.5 mg/L>0 mg/L。葡萄幼苗根、茎和叶的氮转运贡献率均在 1.5 mg/L EBR 时最高，较对照分别增加 2.03 倍、4.32 倍和 0.64 倍。

表 5 EBR 对夏黑葡萄幼苗氮转运贡献率的影响

Tab. 5 Effects of EBR on the nitrogen transport contribution rate in Summer Black grape seedlings %

EBR 质量浓度/(mg·L ⁻¹) EBR mass concentration	根 root	茎 stem	叶 leaf
0.0	63.75±0.00 e	43.70±0.07 d	58.13±0.03 d
0.5	75.91±0.00 d	60.49±0.02 c	60.01±0.04 c
1.0	82.01±0.00 b	78.49±0.02 a	65.00±0.04 b
1.5	84.38±0.00 a	80.61±0.02 a	69.27±0.03 a
2.0	76.59±0.00 c	68.72±0.03 b	66.42±0.03 b

2.6 EBR 对夏黑葡萄幼苗氮收获指数的影响

由表 6 可知：喷施 EBR 后，葡萄幼苗根和茎的收获指数均高于对照，但叶的收获指数均低于对照。根收获指数在喷施 EBR 质量浓度为 1.5 mg/L 时最高，1.0 mg/L 时次之，分别较对照显著增加 32.56% 和 31.24% ($P<0.05$)；茎收获指数在喷施 EBR 质量浓度为 1.0 mg/L 时最高，1.5 mg/L 时次之，分别较对照显著增加 70.03% 和 65.55% ($P<0.05$)；叶收获指数在喷施 EBR 质量浓度为 1.5 mg/L 处理时最低，1.0 mg/L 处理时次之，分别较对照显著降低 21.98% 和 21.88% ($P<0.05$)。

表 6 EBR 对夏黑葡萄幼苗氮收获指数的影响

Tab. 6 Effects of EBR on the nitrogen harvest index in Summer Black grape seedling %

EBR 质量浓度/(mg·L ⁻¹) EBR mass concentration	根 root	茎 stem	叶 leaf
0.0	28.84±0.01 d	7.14±0.01 e	64.02±0.01 a
0.5	35.97±0.01 b	8.40±0.01 d	55.63±0.01 c
1.0	37.85±0.00 a	12.14±0.00 a	50.01±0.00 d
1.5	38.23±0.00 a	11.82±0.00 b	49.95±0.01 d
2.0	32.52±0.01 c	9.33±0.00 c	58.15±0.01 b

2.7 EBR 处理对土壤中不同形态氮含量的影响

由表 7 可知：喷施 EBR 处理后，葡萄幼苗土壤速效氮和硝态氮含量较对照均增加，而铵态氮含量则均低于对照。土壤速效氮含量在 1.5 mg/L EBR 时最高，较对照显著增加 8.22% ($P<0.05$)；土壤硝态氮在 2.0 mg/L EBR 时最高，1.5 mg/L EBR 时次之，较对照分别显著增加 42.43% 和 23.00% ($P<0.05$)；土壤铵态氮在 1.0 mg/L EBR 时最低，1.5 mg/L EBR 时次之，分别较对照显著减少 43.05% 和 41.12% ($P<0.05$)。

表 7 EBR 处理对土壤中不同形态氮含量的影响

Tab. 7 Effect of EBR treatment on the soil nitrogen content of different forms mg/g

EBR 质量浓度/(mg·L ⁻¹) EBR mass concentration	速效氮 available nitrogen	铵态氮 ammonium nitrogen	硝态氮 nitrate nitrogen
0.0	44.79±0.94 c	5.93±0.34 a	90.57±0.59 e
0.5	45.03±0.63 c	5.22±0.17 a	99.74±0.61 d
1.0	46.82±0.58 b	3.38±0.55 b	106.80±0.70 c
1.5	48.47±0.82 a	3.49±0.69 b	111.40±0.50 b
2.0	45.13±0.91 c	3.69±0.37 b	129.00±0.90 a

3 讨论

研究表明：植物生长调节剂能够调节植物体内氮的吸收与转运^[23-26]。EBR 作为生长调节剂之一可以促进植物生长和矿质元素吸收^[27]。本研究

中,喷施 EBR 增加了夏黑葡萄幼苗根和茎的氮含量以及根、茎、叶的氮吸收量,其中可能有三方面原因:一是 EBR 促进葡萄幼苗根系的生长发育,增强根对氮的吸收,使其从土壤中吸收更多的氮,并被植物利用,使葡萄幼苗快速生长,促进对氮的吸收和积累^[27];二是 EBR 可能通过提高质膜 H⁺-ATP 酶的活性^[26],使其分泌质子 H⁺改变根际 pH,导致葡萄幼苗选择性吸收氨态氮^[28],根系氨态氮含量的增加对硝态氮的吸收产生抑制作用^[29],从而使土壤硝态氮含量增加而铵态氮含量减少;三是 EBR 可能通过提高谷氨酸合酶和谷氨酰胺合成酶的活性增强氨态氮的同化作用^[30],从而增加葡萄幼苗茎和叶的氮含量。

本研究中,喷施 EBR 后土壤速效氮含量增加,这可能是因为 EBR 促进了土壤无机成分的转化^[31],使土壤速效氮含量增加,改善幼苗根系土壤生物学环境,使土壤环境朝着有利于幼苗生长的方向改变,进而促进幼苗对氮的吸收和积累,使幼苗氮含量增加^[32-33]。但根、茎、叶的氮吸收情况因 EBR 质量浓度不同而呈现不同的变化趋势,可能是因为随着 EBR 质量浓度的变化,葡萄幼苗不同器官对养分的吸收和转运能力产生相应变化。当 EBR 质量浓度超过 1.5 mg/L 时,葡萄幼苗各器官的氮吸收量及转运量均呈下降趋势。这可能是因为根系细胞中 NH₄⁺浓度较高,对细胞产生了毒害作用,从而降低幼苗对氮的吸收^[34]。

氮在植物体内吸收与转运的状况可以从氮转运量、氮转运效率、氮转运贡献率和氮收获指数进行表征,氮转运量是氮吸收、转运与分配的数量反映,而其余指标则从不同角度表明氮吸收和转运与一些生产力指标的对比关系^[35]。喷施不同质量浓度 EBR,葡萄幼苗不同器官的氮吸收与转运也会不同。本研究中,喷施 EBR 后,葡萄幼苗各器官氮转运量均提高,各器官氮转运量与氮吸收量变化表现一致,均表现为随着 EBR 质量浓度增加呈先上升后降低的趋势。就氮转运量和氮吸收量而言,整体均表现为叶>根>茎。这表明 EBR 处理后葡萄幼苗茎仅作为氮贮藏的“临时库”,用于氮的运输通道。在一定范围内 (EBR 质量浓度不高于 1.5 mg/L),随着 EBR 质量浓度的提高,在葡萄幼苗各器官氮转运量均提高的同时,氮转运系数显著降低,根系的收获指数显著

提高,表明适宜质量浓度的 EBR 可促进葡萄幼苗茎、叶和根系的氮转运能力,尤其是根的氮吸收及转运能力,说明 EBR 对葡萄幼苗根的生长发育可以产生积极影响^[36]。

4 结论

喷施 EBR 能够增加夏黑葡萄幼苗的整株氮含量,提高幼苗根、茎、叶的氮转运能力,并且使土壤中速效氮和硝态氮含量提高,而铵态氮含量减少,且当 EBR 质量浓度为 1.5 mg/L 时效果最佳。所以 EBR 可以通过改善根际土壤环境,使土壤中的氮素形态朝着有利于葡萄幼苗吸收利用的方向变化,从而促进夏黑葡萄幼苗对氮的吸收和转运。

[参考文献]

- [1] 李文庆,张民,束怀瑞. 氮素在果树上的生理作用[J]. 山东农业大学学报, 2002, 33(1): 96.
- [2] 杨阳. 氮素形态对葡萄生长发育的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2010.
- [3] 唐小宁. 果树缺素症的诊断与矫治[J]. 河北果树, 2004 (4): 48. DOI: [10.19440/j.cnki.1006-9402.2004.04.046](https://doi.org/10.19440/j.cnki.1006-9402.2004.04.046).
- [4] 张北赢,陈天林,王兵. 长期施用化肥对土壤质量的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(11): 182.
- [5] LIU X J, ZHANG Y, HAN W X, et al. Enhanced nitrogen deposition over China[J]. Nature, 2013, 494(10): 459. DOI: [10.1038/nature11917](https://doi.org/10.1038/nature11917).
- [6] LIU J G, YOU L Z, AMINI M, et al. A high-resolution assessment on global nitrogen flows in cropland[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2010, 107(17): 8035. DOI: [10.1073/pnas.0913658107](https://doi.org/10.1073/pnas.0913658107).
- [7] 杨吉安,张艳,罗小华. 化学调控技术在我国葡萄生产上的应用及研究进展[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(5): 92.
- [8] SASSE J M. Recent progress in brassinosteroid research[J]. Physiologia Plantarum, 1997, 100(3): 696. DOI: [10.1034/j.1399-3054.1997.1000333.x](https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1997.1000333.x).
- [9] MITCHELL J W, MANDAVA N, WORLEY J F, et al. Brassins: a new family of plant hormones from rape pollen[J]. Nature, 1970, 225(5237): 1065. DOI: [10.1038/2251065a0](https://doi.org/10.1038/2251065a0).
- [10] MANDAVA N B. Plant growth-promoting brassinosteroids[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1988, 39(1): 23. DOI: [10.1146/annurev.pp.39.060188.000323](https://doi.org/10.1146/annurev.pp.39.060188.000323).
- [11] 李巧丽. 外源油菜素内酯对黄瓜耐盐性的调控[D]. 兰州: 西北师范大学, 2020.
- [12] 林恬逸,周认,柴明良. 油菜素甾醇对沟叶结缕草长期培养愈伤组织生长和再生的影响[J]. 核农学报, 2020, 35(1): 83.

- [13] TAO Y, YU Q X, ZHOU Y, et al. Application of 2,4-epibrassinolide decreases the susceptibility to cucumber mosaic virus in zucchini (*Cucurbita pepo* L.)[J]. *Scientia Horticulturae*, 2015, 195: 116. DOI: [10.1016/j.scienta.2015.09.005](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.005).
- [14] YUAN L Y, YUAN Y H, DU J, et al. Effects of 2,4-epibrassinolide on nitrogen metabolism in cucumber seedlings under $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ stress[J]. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2012, 61: 29. DOI: [10.1016/j.plaphy.2012.09.004](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.09.004).
- [15] 李勇, 王红光, 李瑞奇, 等. 表油菜素内酯对冬小麦产量及氮素吸收、积累和分配的影响[J]. *麦类作物学报*, 2015, 35(2): 239. DOI: [10.7606/j.issn.1009-1041.2015.02.13](https://doi.org/10.7606/j.issn.1009-1041.2015.02.13).
- [16] 陈绍莉, 刘金昌. 关于葡萄砧木资源的研究进展[J]. *辽宁农业科学*, 2006(4): 30. DOI: [10.3969/j.issn.1002-1728.2006.04.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-1728.2006.04.009).
- [17] 陈珂. 多种果形葡萄品种果实品质分析与比较[D]. 南京: 南京农业大学, 2018.
- [18] 王霄倩, 王恒振, 刘丽娜, 等. 葡萄皮渣的营养价值及综合利用[J]. *中国农学通报*, 2017, 33(27): 147. DOI: [10.11924/j.issn.1000-6850.casb16080042](https://doi.org/10.11924/j.issn.1000-6850.casb16080042).
- [19] 史祥宾. 巨峰葡萄需氮规律及不同砧木的氮素吸收利用特征[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.
- [20] 张勇, 刘志刚. 吐鲁番无核白葡萄“2+X”氮肥总量控制肥效研究[J]. *安徽农业科学*, 2016, 44(3): 160. DOI: [10.13989/j.cnki.0517-6611.2016.03.058](https://doi.org/10.13989/j.cnki.0517-6611.2016.03.058).
- [21] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [22] PAPAKOSAT D K, GAGIANAS A A. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling[J]. *Agronomy Journal*, 1991, 83(5): 864. DOI: [10.2134/agronj1991.00021962008300050018x](https://doi.org/10.2134/agronj1991.00021962008300050018x).
- [23] QIAO Y J, YIN L N, WANG B M, et al. Melatonin promotes plant growth by increasing nitrogen uptake and assimilation under nitrogen deficient condition in winter wheat[J]. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2019, 139: 342. DOI: [10.1016/j.plaphy.2019.03.037](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.03.037).
- [24] 白龙强, 刘玉梅, 慕英, 等. 赤霉素对根区亚低温下黄瓜幼苗氮代谢与吸收的影响[J]. *园艺学报*, 2018, 45(10): 1917. DOI: [10.16420/j.issn.0513-353x.2017-0863](https://doi.org/10.16420/j.issn.0513-353x.2017-0863).
- [25] 于奇. 外源褪黑素对干旱胁迫下大豆氮素积累的调控效应[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2020.
- [26] XUE H D, ZHANG Y Z, XIAO G H. Neo-gibberellin signaling: guiding the next generation of the green revolution[J]. *Trends in Plant Science*, 2020, 25: 520. DOI: [10.1016/j.tplants.2020.04.001](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.04.001).
- [27] 宋以玲. 外源一氧化氮与油菜素内酯调控花生铁营养的效应及其机理研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2016.
- [28] 孙敏红. 不同氮素形态对枳橙幼苗氮素吸收、转运及分子机理研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2017.
- [29] 禹婷. 果树硝态氮和铵态氮营养研究综述[J]. *安徽农学通报*, 2008, 14(21): 144. DOI: [10.16377/j.cnki.issn1007-7731.2008.21.066](https://doi.org/10.16377/j.cnki.issn1007-7731.2008.21.066).
- [30] WAIN A S, TAHIR I, AHMAD S S, et al. Efficacy of 2,4-epibrassinolide in improving the nitrogen metabolism and antioxidant system in chickpea cultivars under cadmium and/or NaCl stress[J]. *Scientia Horticulturae*, 2017, 225: 48. DOI: [10.1016/j.scienta.2017.06.063](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.063).
- [31] 吴孙娟, 车慧勇. 秸秆还田与施氮对水稻根系分泌物及氮素利用的影响[J]. *江西农业*, 2016(8): 20. DOI: [10.11686/cyxb20140217](https://doi.org/10.11686/cyxb20140217).
- [32] 陈昱, 张福建, 吴超群, 等. 外源物质对连作豇豆生长发育及其根际土壤理化性质的影响[J]. *江西农业大学学报*, 2017, 39(4): 655. DOI: [10.13836/j.jjau.2017085](https://doi.org/10.13836/j.jjau.2017085).
- [33] 付学琴, 刘璐珥, 黄文新. 不同生长期东乡野生稻根际土壤微生物数量及土壤酶活性研究[J]. *江西农业大学学报*, 2014, 36(6): 1191. DOI: [10.13836/j.jjau.2014190](https://doi.org/10.13836/j.jjau.2014190).
- [34] 马雪峰, 高旻, 程治军. 植物氮素吸收与利用的分子机制研究进展[J]. *作物杂志*, 2018, 29(4): 32. DOI: [10.16035/j.issn.1001-7283.2013.04.004](https://doi.org/10.16035/j.issn.1001-7283.2013.04.004).
- [35] 那守海, 郭盛磊, 阎秀峰. 氮、磷处理对落叶松幼苗氮素积累和转运的影响[J]. *东北林业大学学报*, 2007, 35(12): 1. DOI: [10.3969/j.issn.1000-5382.2007.12.001](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-5382.2007.12.001).
- [36] 兰雪, 王玮, 张少英. 油菜素内酯对植物根发育调控机制研究进展[J]. *分子植物育种*, 2020, 18(4): 138. DOI: [10.13271/j.mpb.018.001162](https://doi.org/10.13271/j.mpb.018.001162).

责任编辑: 何馨成