

doi:10.11937/bfyy.20181927

“碧护”对苹果幼苗生长和养分积累的效应

王 京, 梁 微, 王 磊, 朱丽芳, 马锋旺, 李翠英

(旱区作物逆境生物学国家重点实验室, 陕西省苹果重点实验室, 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以平邑甜茶为试材, 采用水培的方法, 研究了 1/2 Hoagland 营养液(正常养分)、1/5 Hoagland(中等养分)、清水(低养分)3 种不同养分条件下, 植物源生长调节剂“碧护”(0.136%芸苔素·吲哚乙酸·赤霉素)对苹果幼苗生长和养分积累的效应, 以期苹果化肥减施增效技术研究提供一定的依据。结果表明:养分减至对照 1/5 不会影响植株的叶绿素含量。中等养分条件下, 根系构型各项指标与正常养分条件下差异不显著;在低养分条件下, 苹果的叶和根中可溶性蛋白质含量和根系活力下降, 根系平均直径和总体积均显著下降。施加“碧护”可以缓解养分减少对苹果幼苗造成的不利影响, 甚至可以使幼苗生长和体内营养积累达到正常养分条件下的水平。说明“碧护”对低养分条件下苹果幼苗的生长和养分积累具有促进作用。

关键词:苹果;“碧护”;养分胁迫;生长;养分积累

中图分类号:S 661.104⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2019)04-0024-07

苹果作为我国的四大水果之一, 具有很高的栽培价值和食用价值。我国现阶段苹果产业实现了面积与产量双增长、优势区向高海拔地区扩展^[1]。陕西省以其良好的气候条件、土壤环境等

优势成为世界闻名的苹果优生区, 同时也是我国的苹果生产大省。研究表明, 合理的使用肥料可以促进果树生长, 提高果实品质, 从而提高经济价值。而过量施入化肥会使苹果植株生长异常, 果实品质低劣, 容易腐烂, 从而影响经济效益, 同时对环境也会产生不利影响^[2], 造成, 土壤、水资源和大气污染等环境污染。陕西省苹果园合理施肥标准为每 667 m² 施入氮、磷、钾肥分别为 14.00~16.00、14.67~22.67、10.67~16.00 kg^[3], 但通过调查发现, 陕北苹果部分主产县平均每 667 m² 苹果园的氮、磷、钾肥施用量分别为 93.22、56.18、70.15 kg。说明在一定程度上果园存在过

第一作者简介:王京(1993-), 女, 硕士研究生, 研究方向为果树生理生态。E-mail: wj19790524@outlook.com.

责任作者:李翠英(1974-), 女, 四川仁寿人, 博士, 副教授, 现主要从事果树逆境生物学等研究工作。E-mail: lcy1262@nwafu.edu.cn.

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2016YFD0201100/30);杨凌示范区科技计划资助项目(2018NY-11)。

收稿日期:2018-09-25

of strawberry plantlets. Treatment N₂P₂K₂ showed the optimal fertilizer application ratio, its seedling numbers was 79 636 plants per 667 m², seedling numbers increasing rate was 156.36%, the output value and net income were 31 854.40, 31 693.76 RMB per 667 m², increment were 11 482.40, 11 321.76 RMB per 667 m². N fertilizer had the greatest impacts on the number of strawberry seedling, followed with P fertilizer; while K fertilizer showed the poorest impacts. In this test, fertilizer application for the optimal economic benefit was N 13.36 kg per 667 m², P₂O₅ 10.09 kg per 667 m², K₂O 10.55 kg per 667 m².

Keywords: strawberry; plantlets; ‘3414’ fertilizer effect test; yield; economic benefits

量使用化肥的情况。研究表明,过量施用化肥是影响我国苹果质量下降的重要原因之一,尤其是氮肥过量施用^[4]。所以,氮、磷、钾的使用对苹果产业的可持续发展和环境友好至关重要,而探寻化肥减施的有效方法在苹果生产中具有重要的价值和意义。

“碧护”是德国开发的一种植物功能性营养剂,亦称农用植物强壮剂,是从植物中提取的植物源生长调节剂,通用名称为 0.136% 芸苔素·吲哚乙酸·赤霉素^[5]。应用后可提高作物的产量和品质,增强其抗逆性,减少化学农药的使用,提高产品的安全性,减少环境污染^[6]。

该研究以平邑甜茶为试材,采用水培的方式,探究在不同 Hoagland 养分条件下,施加“碧护”植物生长调节剂后苹果幼苗生长、根系结构、植株养分等方面的变化,旨在探明肥料减施条件下施用“碧护”对植株生长和养分积累的影响,以期为苹果生产中减少化肥的施用提供科学依据,为促进苹果产业减肥增效奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试平邑甜茶(*Malus hupehensis* Rehd. var. *pinyiensis* Jiang)由山东农业大学提供。

1.2 试验方法

试验于 2017 年 7 月至 2018 年 1 月在西北农林科技大学科研温室及早区作物逆境生物学国家重点实验室进行。种子于 2017 年 7 月在 4℃ 冰箱中层积处理 40 d 左右,催芽后,选择萌芽的种子播入 50 孔穴盘中(育苗基质:土=1:2)。待幼苗 2 真叶时开始浇 1/2 Hoagland 营养液(pH 6.0,采用浓 H₂SO₄ 调试 pH),每 4 d 浇一次,其间用清水补充水分。当植株生长到 6~8 叶时,选择大小、生长一致的幼苗,移至装有 5 L pH 6.0 的营养液(1/2 Hoagland)的水培盆中进行预培养,每个水培盆中栽植 24 株幼苗,共 18 盆,营养液隔 5 d 换一次。培养条件:光照条件为白天 14 h,黑暗 10 h,昼夜温度范围分别为 22~24、15~18℃。培养期间,用空气压缩泵定时通气(通气 60 min,停气 60 min)。

预培养 10 d 后进行处理。试验设置 3 个养

分水平,分别为 1/2 Hoagland^[7](正常养分,normal fertilizer,NF)、1/5 Hoagland(中等养分,medium fertilizer,MF)、清水(低养分,low fertilizer,LF)。1/2 Hoagland 营养液为课题组建立的苹果幼苗水培体系,其 NPK 养分浓度分别为 3.0、1.5、0.2 mmol·L⁻¹,营养液培养的幼苗生长正常。每个养分水平又分为对照组(CK,不加“碧护”)和处理组(+BH,加“碧护”,原液稀释 15 000 倍)。试验共处理 8 周,每隔 5 d 换 1 次营养液,1 盆作为 1 个重复,共 3 次重复。

1.3 项目测定

处理结束时,每组随机选取植株 21 株,测定株高,并分别测定根、茎、叶的鲜质量和干质量。取根和叶样品,采用 ARNON^[8]改良的方法测定叶中叶绿素含量;采用 TTC 法^[9]测定植株根系活力;采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[8]测定植株叶片和根系的可溶性蛋白质含量。每组随机选取植株 15 株,利用根系扫描仪(EPSON PERFECTION V700 PHOTO, SEIKO EPSON CORP, JAPAN)进行根系扫描,并分析计算幼苗的根系结构各指标。采用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮法^[10]消煮叶片烘干样品,测定叶中氮、磷、钾含量。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2010 软件进行数据统计,采用 SPSS 21.0 统计分析软件进行显著性分析(Duncan 法, $P < 0.05$)。

2 结果与分析

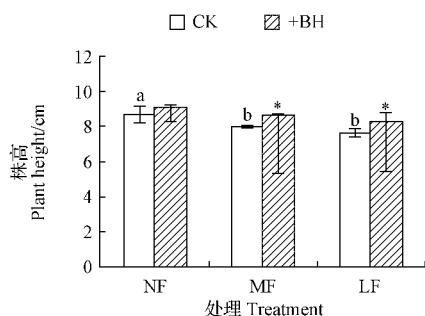
2.1 “碧护”对苹果幼苗生长的影响

2.1.1 株高

由图 1 可知,与正常养分处理相比,中等和低养分条件下,苹果幼苗株高均降低,但差异不显著。施加“碧护”后,3 种养分条件下,与各自对照相比苹果幼苗的株高分别增加了 4.7%、7.8% 和 8.7%。与各自对照相比,正常养分条件下施加“碧护”后幼苗株高差异不显著,而中等养分和低养分条件下施加“碧护”后幼苗株高差异显著。

2.1.2 鲜质量和干质量

由图 2 可知,与正常养分处理相比,中等养分条件下,苹果幼苗根鲜质量和干质量无显著差异,而低养分条件下鲜质量和干质量分别增加了



注:字母表示3种养分条件下CK间显著性差异; *表示同一养分条件下CK与处理间显著性差异。下同。

Note: Letters mean the significant differences among CK and three kinds of nutrient supply; * mean the significant differences between CK and treatment of the same nutrient supply. The same as below.

图1 “碧护”对苹果幼苗株高的影响

Fig. 1 Effects of 'BIHU' on plant height of apple seedlings

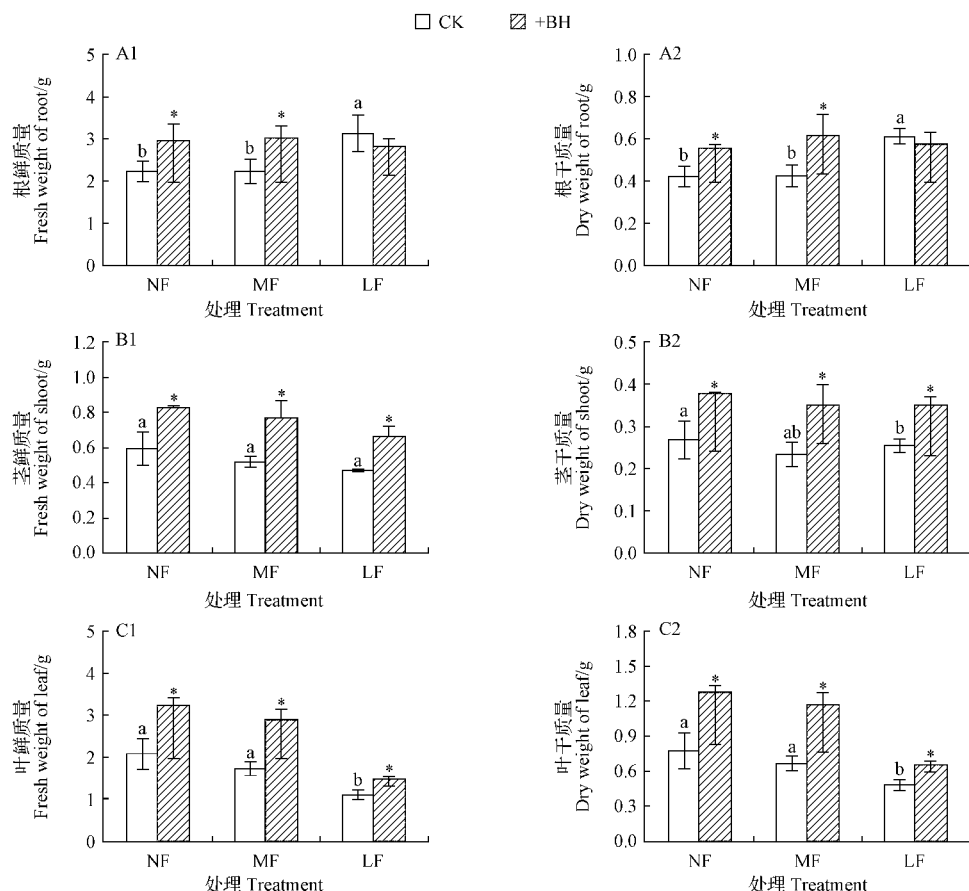


图2 “碧护”对苹果幼苗根茎叶鲜质量和干质量的影响

Fig. 2 Effects of 'BIHU' on fresh weight and dry weight of root, stem and leaf of apple seedlings

41.0%、45.4%。施加“碧护”处理后,正常养分条件下,幼苗根鲜质量和干质量分别增加了32.5%、31.5%,中等养分条件下增加了35.0%、43.9%,而在低养分条件下稍有下降,但差异不显著(图2 A1、A2)。中等和低养分条件下,苹果幼苗的茎和叶干鲜质量与正常养分相比均有所减少,叶片鲜质量分别降低了16.9%、47.4%,干质量减少了14.0%、38.2%。而施加“碧护”后与各自对照相比,苹果幼苗的茎和叶干鲜质量均增加了,并且差异显著。在3种养分条件下,施加“碧护”比不施加的植株茎鲜质量分别增加了39.1%、47.8%和47.6%(图2 B1);茎干质量分别增加了40.9%、50.1%和36.9%(图2 B2);叶鲜质量分别增加了56.1%、68.1%和35.3%(图2 C1);叶干质量分别增加了64.2%、74.8%和37.1%(图2 C2)。总体来看,在施加“碧护”后,与对照相比,苹果幼苗茎叶的干质量和鲜质量均有显著增加,以叶的干质量和鲜质量增加最为明显。

2.2 “碧护”对苹果幼苗叶绿素含量的影响

由图 3A 可知,低养分较正常和中等养分条件处理下的苹果幼苗叶绿素 a 含量分别降低了 61.7%、60.7%,而中等养分与正常养分相比,无显著差异。施加“碧护”后对正常和中等养分条件下苹果植株叶中叶绿素 a 含量影响不大,与对照相比无差异;但是在低养分条件下,施加“碧护”后

苹果植株叶中叶绿素 a 含量比对照增加了 66.1%。图 3B 结果显示,养分轻微减少与正常养分相比,幼苗叶绿素 b 含量无差异,而低养分条件下显著降低了 66.3%。在 3 种养分条件下,施加“碧护”后苹果植株叶中叶绿素 b 含量比各自对照分别增加了 14.1%、8.7%、39.1%,正常和低养分条件下差异显著。

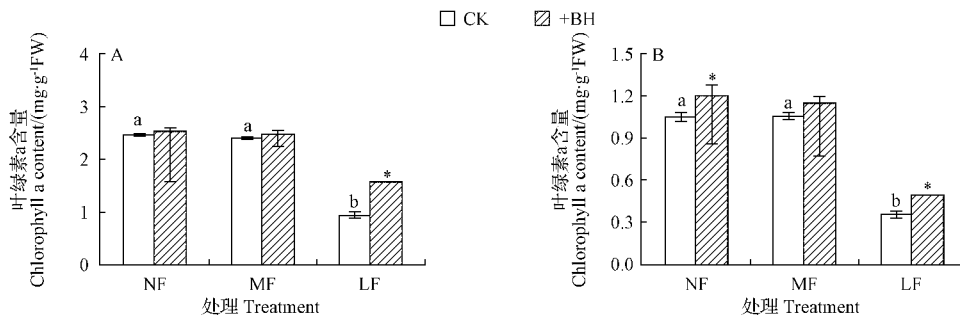


图 3 “碧护”对苹果幼苗叶绿素含量的影响

Fig. 3 Effects of 'BIHU' on chlorophyll content of apple seedlings

2.3 “碧护”对苹果幼苗根系活力的影响

由图 4 可知,不同养分条件下对苹果幼苗根系活力产生不同程度的影响。中等养分条件下幼苗根系活力与正常养分相比增加了 17.2%,而低养分条件下降低了 16.8%。正常和中等养分条件下,施加“碧护”后苹果植株的根系活力比各自对照分别增加了 46.1%和 22.0%,且差异显著。而施加“碧护”对低养分条件下苹果植株的根系活力影响较小。

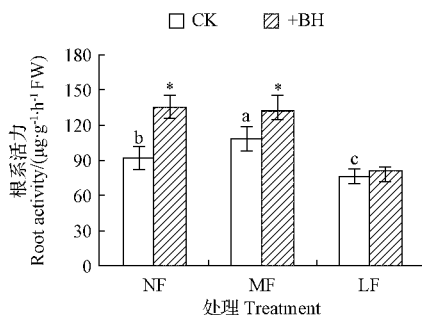


图 4 “碧护”对苹果幼苗根系活力的影响

Fig. 4 Effects of 'BIHU' on root activity of apple seedlings

2.4 “碧护”对苹果幼苗可溶性蛋白质含量的影响

由图 5 可以看出,低养分条件下,苹果幼苗根系和叶片中可溶性蛋白质的含量均显著低于正常养分,而正常和中等养分条件下苹果植株叶中可溶性蛋白质含量没有明显差异。与各自对照相比,在不同养分条件下,施加“碧护”后苹果植株根系和叶中的可溶性蛋白质含量均有所增加,在低养分条件下显著增加,在根系和叶中分别为对照的 1.31、1.08 倍。

2.5 “碧护”对苹果幼苗根系构型的影响

通过对 15 株苹果植株根系扫描和根系构型的分析,由表 1 可知,与正常养分相比,中等养分条件下,幼苗根构型指标除根尖总数外,其余各项指标均降低了,低养分条件下,根直径和根系总体积均显著降低。施加“碧护”后,在正常养分条件下,与对照相比,苹果幼苗根系总长、根系总表面积、根直径、根系总体积、根尖总数、侧根数都无明显差异;在中等养分条件下,苹果根系总长、根系总表面积较对照分别增加了 39.7%和 25.7%,且差异显著;根直径、根系总体积、根尖总数和侧根

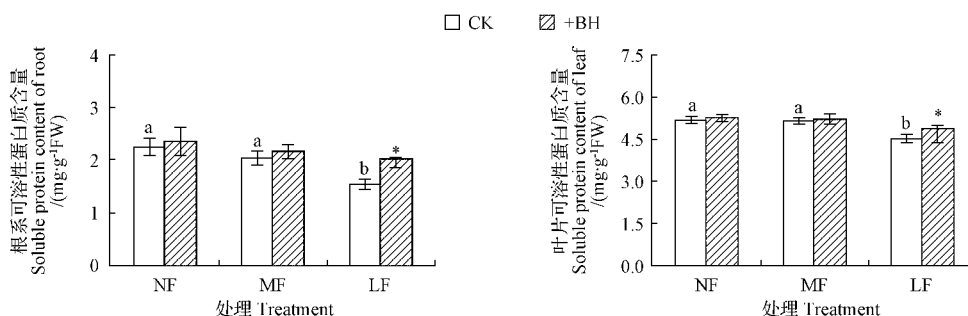


图5 “碧护”对苹果幼苗可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 5 Effects of ‘BIHU’ on the content of soluble protein in apple seedlings

表1 “碧护”对苹果幼苗根系构型的影响

Table 1 Effects of ‘BIHU’ on the root system of apple seedlings

| | 正常养分 NF | | 中等养分 MF | | 低养分 LF | |
|------------------------------------|-------------|------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| | CK | +BH | CK | +BH | CK | +BH |
| 根系总长 Total root length/cm | 567.0±25.5b | 563.9±21.5 | 468.8±44.2b | 654.7±13.8* | 875.2±161.0a | 593.6±62.0* |
| 根系总表面积 Total root surface area/cm² | 142.9±5.9b | 138.3±20.5 | 116.7±15.0b | 146.7±5.8* | 152.0±17.7a | 121.6±16.9* |
| 根直径 Root diameter/mm | 0.78±0.01a | 0.88±0.05 | 0.70±0.05ab | 0.74±0.02 | 0.55±0.55b | 0.67±0.01* |
| 根系总体积 Root volume/cm³ | 2.69±0.09a | 2.90±0.27 | 2.44±0.26ab | 2.65±0.17 | 2.19±0.04b | 1.99±0.40 |
| 根尖总数 Root tips | 388±41b | 355±68 | 391±59b | 440±7 | 493±27a | 327±45* |
| 侧根数 Lateral roots | 2 229±266b | 2 384±555 | 1 961±294b | 2 269±72 | 3 277±594a | 2 001±369* |

数虽然均有所增加,但差异不显著;在低养分条件下,根直径与对照相比增加了21.8%,差异显著;而根系总长、根系总表面积、根系总体积、根尖总数和侧根数与对照相比分别降低了32.2%、20.0%、9.1%、33.7%和38.9%,除了根系总体积外,其余指标差异显著。

2.6 “碧护”对苹果幼苗叶中氮磷钾含量的影响

由图6可知,在养分减少的情况下,苹果幼苗叶中氮磷钾含量均降低了,低养分条件下显著降低,分别下降了62.5%、72.2%、42.4%。施加“碧护”后,对正常养分条件下苹果叶中氮含量的影响较小,与相应对照相比无显著差异;在中等和低养分条件下,与对照相比,叶中氮含量分别增加了7.2%和29.6%,差异显著。施加“碧护”后,在不同养分条件下对苹果叶中磷含量的影响较小,与对照均无显著差异。在3种养分条件下,苹果叶中钾含量与对照相比分别增加了10.8%、9.7%和8.0%,且正常和中等养分条件下差异显著,而在低养分条件下影响较小。

3 讨论与结论

植物生长在养分供应极其有限的环境中,通常会表现出生长速度缓慢,养分在不同的组织间的周转和再吸收效率极低等特性^[11]。该试验中,当养分供应从正常水平(1/2 Hoagland)降至中等水平(1/2 Hoagland)时,植株生物量变化不明显;当养分降低至低水平(清水)时,植株株高和茎、叶生物量均显著降低;而在加入“碧护”后,苹果幼苗株高、鲜质量、干质量明显增高,中等和低养分水平下的幼苗生长指标接近或超过正常养分水平的幼苗。试验发现,低养分(清水)条件下,幼苗根鲜质量和干质量反而比正常和中等养分条件下更高,且根系结构部分指标增加,但其叶鲜质量和干质量却显著低于正常和中等养分下的幼苗,分析原因可能是由于定期更换的清水中含有少量养分,根系从清水中吸收的少量养分优先满足根的生长,但是由于养分极少,因此,向地上部运输的养分受限,导致叶生长显著受抑制。

叶绿素在植物的生长发育过程中起关键性作用。有关研究表明,叶绿素含量与氮磷钾肥料之

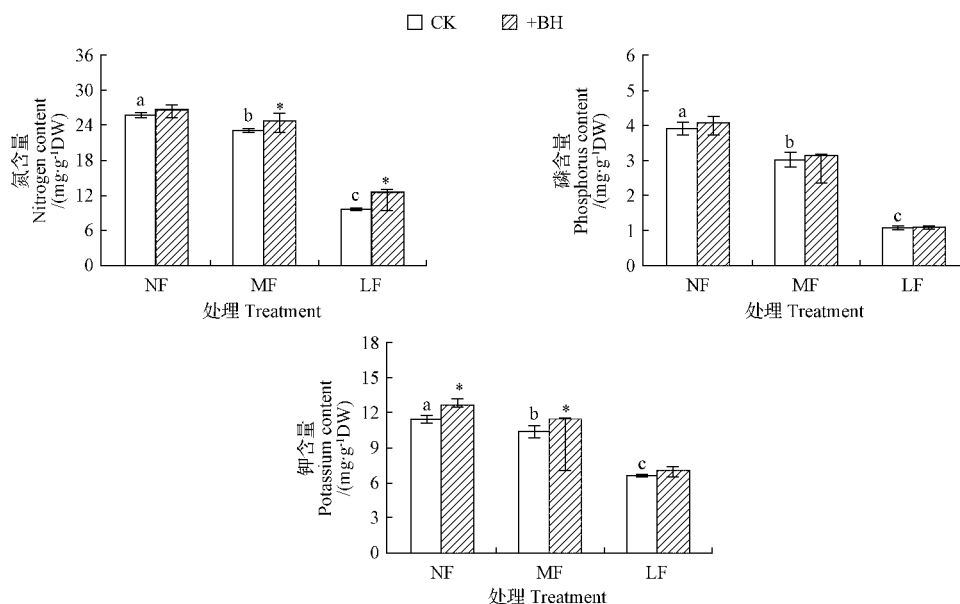


图6 “碧护”对苹果幼苗叶中氮磷钾含量的影响

Fig. 6 Effects of 'BIHU' on contents of nitrogen, phosphorus and potassium in leaves of apple seedlings

间存在密切的相关关系;当肥料低施入量较低的时候,施肥量与叶绿素的含量相关;当施肥量超过一定量时,叶绿素含量反而会随施肥量的增加而降低^[12]。该试验中,低养分条件下施加“碧护”后,苹果幼苗叶绿素 a 和叶绿素 b 含量均显著增加。前人研究表明,苹果叶喷施芸苔素内脂后,叶绿素的含量增加,有利于树体进行光合作用^[13]。“碧护”的主要成分为芸苔素,苹果幼苗通过根系吸收“碧护”后运输至叶,从而增加了叶中叶绿素的含量。可溶性蛋白质含量下降,是功能叶衰老的典型症状^[14]。该试验中,苹果幼苗根系和叶中的可溶性蛋白质含量随养分的减少而降低,在根系中响应较明显。施加“碧护”后,养分水平正常和中等条件下,对苹果幼苗根系和叶中的可溶性蛋白质含量影响较小,但是显著增加了低养分处理下的含量。

植株的根系状况直接影响了植株对矿质元素以及水分的吸收。该研究中轻微的养分减少对苹果幼苗根系活力不仅没有造成影响,反而有所升高;但养分极度缺乏的条件下根系活力有少量的降低。谭勇等^[15]和孙曰波等^[16]对黄芪和玫瑰的研究中发现,氮、磷、钾营养亏缺时黄芪和玫瑰的根系活力均显著下降。施加“碧护”处理的苹果幼苗根系活力与对照相比均增加。根系构型是定量

研究植物根系生长和发育的一个重要手段^[17]。施加“碧护”后,缓解了养分亏缺对苹果根系构型的影响。

通过该试验认为,在养分适量减少的条件下,苹果幼苗生长虽然受到了影响,但总体变化不显著。在一定范围内,养分增加并不一定会促进植株的生长。在正常养分和中等养分条件下,苹果幼苗的叶绿素含量没有显著差异,而在较低的养分条件下,其含量显著下降。这表明养分稍减不会影响植株的叶绿素含量。低养分对苹果的叶和根系都造成了一定的影响,表现为可溶性蛋白质含量和根系活力下降。养分降低后对苹果幼苗的根系造成了不同程度的影响,中等养分条件下,各项根系指标均降低,而在低养分条件下,根系总长、根系总表面积、根尖总数和侧根数均显著下降。然而,施加“碧护”可以一定程度上缓解养分减少对苹果幼苗造成的不利影响,甚至可以使幼苗生长和体内营养积累达到正常养分条件下的水平。由此表明“碧护”对低养分条件下苹果幼苗的生长具有促进作用。

参考文献

- [1] 刘军弟,霍雪喜,韩明玉,等. 中国苹果产业发展现状及趋势分析[J]. 北方园艺, 2012(20): 164-168.

- [2] 白茹,李丙智,张林森,等. 陕西渭北苹果园土壤矿质氮积累与分布状况研究[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(4): 50-53.
- [3] 赵佐平,同延安,刘芬,等. 渭北旱塬苹果园施肥现状分析评估[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(8): 1003-1009.
- [4] 刘汝亮. 苹果园养分资源综合管理技术研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.
- [5] 王险峰. 碧护使用技术进展[J]. 现代化农业, 2009(4): 4-5.
- [6] 魏治国,温源,王永洋,等. 碧护在苹果上应用试验初报[J]. 烟台果树, 2014(2): 8-9.
- [7] 马锋旺,白团辉,李翠英,等. 一种苹果属植物水培系统建立及育苗方法[P]. 2011, ZL 200910254613. 7.
- [8] ARNON D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*[J]. Plant Physiology, 1949(24): 1-15.
- [9] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [10] 张坤玺. 苹果砧木幼苗耐碱性综合评价及其营养元素积累的差异分析[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- [11] CHAPIN F S, AUTUMN K, PUGNAIRE F. Evolution of suites of traits in response to environmental stress[J]. American Naturalist, 1993, 142: 78-92.
- [12] 史沉鱼,李向民,苗玲,等. 不同氮磷钾配比与红富士苹果叶片叶绿素含量的关系研究[J]. 陕西农业科学, 2009, 55(1): 23-26.
- [13] 舒群,胡忠荣. 植物生长调节剂 BR-120 在苹果上的应用[J]. 云南农业科技, 1994(4): 25.
- [14] 许衡,杨和生,束怀瑞. 氮胁迫对平邑甜茶水培苗的生理效应[J]. 果树学报, 2006, 23(6): 787-792.
- [15] 谭勇,梁宗锁,王渭玲,等. 氮、磷、钾营养胁迫对黄芩幼苗根系活力及根系导水率的影响[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(6): 69-72.
- [16] 孙曰波,赵从凯,张玲,等. 氮磷钾营养亏缺对玫瑰幼苗根系构型的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2013, (3): 43-48.
- [17] LI C, LIANG B W, CHANG C, et al. Exogenous melatonin improved potassium content in *Malus* under different stress conditions[J]. Journal of Pineal Research, 2016, 61(2): 218-229.

Effect of ‘BIHU’ on Growth and Nutrient Accumulation of Apple Seedlings

WANG Jing, LIANG Wei, WANG Lei, ZHU Lifang, MA Fengwang, LI Cuiying

(State Key Laboratory of Crop Stress Biology for Arid Areas/Shaanxi Key Laboratory of Apple/College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: *Malus hupehensis* Rehd. var. *pinyiensis* Jiang was used as material to assess the effect of ‘BIHU’ on the growth and nutrient accumulation of apple seedlings under different nutrient conditions. Three nutrient supply levels were used, that were 1/2 Hoagland nutrient solution (normal fertilizer), 1/5 Hoagland (medium fertilizer) and water (low fertilizer). ‘BIHU’ was a kind of growth regulator originated from plants, containing 0.136% of brassinolide, indoleacetic acid and gibberelli acid. In order to provide a basis for the study of apple fertilizer reduction and efficiency enhancement technologies. The results showed that a modicum of reducing of nutrient would not affect chlorophyll content. In addition to that, under medium nutrient condition, the disparity of morphologic parameters of plant root was insignificant compare with normal nutrient condition. Under low nutrient condition, there were significant decline of soluble protein content and root activity in plant root and leaf. Moreover, average parameter and dimension of root system was significantly decreased under low nutrient condition. So that the application of ‘BIHU’ could alleviate the adverse effects of nutrient reduction on apple seedlings, and could even make the seedling growth and nutrient accumulation in the body reach the level under normal nutrient conditions, it suggested that implement of ‘BIHU’ could promote the growth and nutrient accumulation of apple seedlings under low nutrient conditions.

Keywords: apple; ‘BIHU’; nutrient stress; growth; nutrient accumulation