

红树莓果实成熟期叶片早衰与矿质元素含量的关系

刘海鹏¹, 郭芳¹, 李保国¹, 张雪梅¹, 齐国辉¹, 李迎超²

(1. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000; 2. 中国林业科学院, 北京 100089)

摘 要:以双季红树莓‘海尔特兹’为试材,采取田间随机取样法,对比研究了不同时期叶片中主要矿质元素的含量变化,以探索红树莓果实成熟期影响叶片早衰的因素,制定相应的调控措施。结果表明:果实成熟初期、盛期和末期,正常和早衰植株上部叶片的全N含量分别为22.85、21.74、20.47 mg·g⁻¹和21.43、19.26、17.35 mg·g⁻¹,差异显著;正常和早衰植株中部叶片在果实成熟初期、盛期,全氮(N)含量分别为24.50、23.32 mg·g⁻¹和20.71、19.12 mg·g⁻¹,差异显著。果实成熟初期、盛期和末期,正常和早衰植株上部叶片全磷(P)含量分别为1.20、1.13、1.13 mg·g⁻¹和1.05、1.01、0.96 mg·g⁻¹,差异显著。果实成熟初期和盛期,正常和早衰植株上部叶片全镁(Mg)含量分别为9.38、10.01 mg·g⁻¹和8.26、7.90 mg·g⁻¹,差异显著;正常和早衰植株中部叶片果实成熟盛期、末期,全Mg含量分别为10.02、11.54 mg·g⁻¹和8.20、8.91 mg·g⁻¹,差异显著;正常和早衰植株下部叶片在果实成熟初期和盛期,全Mg含量分别为10.41、11.06 mg·g⁻¹和9.11、9.30 mg·g⁻¹,差异显著。果实成熟初期和盛期,正常和早衰植株上部叶片全铁(Fe)含量分别为558.41、1198.22 μg·g⁻¹和314.94、454.09 μg·g⁻¹,差异显著;正常和早衰下部叶片在果实成熟初期、盛期和末期,全Fe含量分别为1343.82、1561.57、2011.20 μg·g⁻¹和909.03、1139.30、1559.66 μg·g⁻¹,差异极显著。

关键词:红树莓;早衰;植物营养;矿质元素

中图分类号:S 663.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)24-0005-05

红树莓(*Rubus idaeus* L.)属蔷薇科(Rosaceae)悬钩子属(*Rubus* spp.)多年生落叶灌木,俗称托盘、山莓果、悬钩子,中草药称其为覆盆子^[1]。红树莓是风靡当今世界的第三代保健水果中的佼佼者,营养丰富,含有树莓酮、水杨酸、花青素、鞣花酸^[2-3],深受人们喜爱。红树莓双季莓品种‘海尔特兹’表现优良,在华北地区迅速推广,但在结果期部分植株上出现叶片早衰的现象,严重影响果实产量和品质。对于红树莓叶片早衰发生

的原因,鲜见前人报道。为此,2015年在河北省南和县河北至高点农业科技有限公司的生产基地,对红树莓叶片早衰与叶片矿质元素含量的关系进行了初步探讨。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地为河北至高点农业科技有限公司树莓示范基地。该地位于河北省邢台市东侧近郊的南和县贾宋镇南师村,距市区10 km,属于太行山山前平原和冀南冲积平原交接地带,地势平坦,海拔33~50 m,年平均气温12~14℃,无霜期196 d。年平均降水量为530 mm。土壤质地为沙壤土,pH 7.5。

1.2 试验材料

供试材料为2015年4月5日栽植的双季红树莓‘海

第一作者简介:刘海鹏(1991-),男,河北邯郸人,硕士研究生,研究方向为经济林栽培生理。E-mail:214619800@qq.com.

责任作者:李保国(1958-),男,河北武邑人,博士,教授,博士生导师,现主要从事经济林栽培生理等研究工作。E-mail:lbq888@163.com.

基金项目:河北省十二五科技支撑资助项目(16226806D)。

收稿日期:2016-07-21

increased nutrient accumulation and yield increased by 29.65% compared with the irrigation cycle of 4 days, at the same time, the contents of total acid and tannin decreased, and the content of total phenols was higher. The law of soil water movement was obvious under different irrigation cycle, the lateral infiltration area was mainly concentrated in the 20—50 cm of activity range by root zone.

Keywords: eastern foot of Helan Mountain; wine grape; drip irrigation; irrigation cycle; moisture

尔特兹'根蘖苗,株距为 0.5 m,行距为 2 m。

1.3 试验方法

于 2015 年 9 月(果实成熟期)选择长势正常和发病的红树莓各 15 个株丛,5 个株丛为 1 个重复,共 3 次重复,把红树莓自上而下整个着生叶片的区域,平均分成 3 份,分别为上部、中部和下部,从果实成熟初期开始,每隔 15 d 采集 1 次叶片,共采 3 次,每次每株丛选 1 株,上部、中部、和下部各采 1 片叶,5 个株丛相同部位的叶片制成混合样,样品重复测定 2 次。采下的叶片用保温箱带回室内,先用自来水冲洗干净叶片表面,再用洗涤剂清洗,然后用自来水冲洗残留的洗涤剂,最后用蒸馏水冲洗 2 遍,于 105 ℃ 恒温杀青 20 min 后 80 ℃ 烘至恒重,用不锈钢粉碎机粉碎,过 0.5 mm 的筛子,放于信封中置干燥器内于阴凉干燥处保存。

1.4 项目测定

全氮、全磷含量的测定采用硫酸-高氯酸消煮后,全氮含量用半微量凯氏定氮法测定,全磷含量用钼锑抗比色法^[4]测定;叶片钾、钙、镁、铁、锰、铜、锌含量采用硝酸-高氯酸消煮后,用电感耦合等离子光谱发生仪测定^[5]。数据进行 *t* 检验。

2 结果与分析

2.1 '海尔特兹'早衰和正常株叶片中大量元素的含量变化

2.1.1 不同时期正常和早衰'海尔特兹'叶片全氮含量 由图 1 可知,正常和早衰植株上部叶片在果实成熟初期、盛期和末期,全氮含量分别为 22.85、21.74、20.47 mg · g⁻¹ 和 21.43、19.26、17.35 mg · g⁻¹,正常植株上部叶片全氮含量都显著高于早衰上部叶片;正常和早衰中部叶片在果实成熟初期、盛期,全氮含量分别为 24.50、23.32 mg · g⁻¹ 和 20.71、19.12 mg · g⁻¹,正常中部叶片全氮含量显著高于早衰中部叶片,正常和早衰中部叶片在果实成熟末期全氮含量无差异;正常和早衰下部叶片在果实成熟初期和盛期全氮含量无差异,在果实成熟末期正常和早衰下部叶片全氮含量分别为

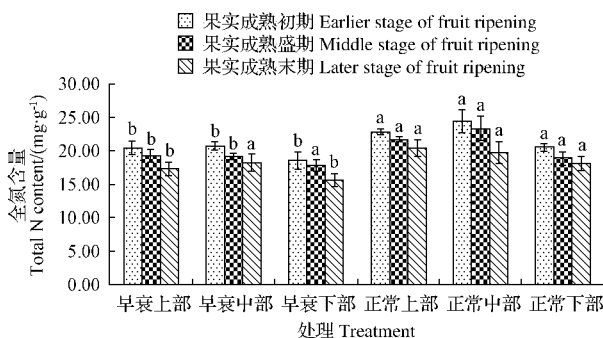


图 1 '海尔特兹'早衰和正常株叶片的全氮含量

Fig. 1 The total N content of normal and presenility of 'Heritage'

18.11 mg · g⁻¹ 和 15.62 mg · g⁻¹,正常植株下部叶片显著高于早衰植株下部叶片。

2.1.2 不同时期正常和早衰'海尔特兹'叶片全磷含量

由图 2 可知,正常和早衰上部叶片全磷含量在果实成熟初期、盛期、末期分别为 1.20、1.13、1.13 mg · g⁻¹ 和 1.05、1.01、0.96 mg · g⁻¹,正常上部叶片全磷含量显著高于早衰上部叶片;正常和早衰中部叶片在果实成熟初期、盛期和末期无显著差异;正常和早衰下部叶片全磷含量在果实成熟初期和盛期无显著差异,果实成熟末期正常下部叶片和早衰下部叶片全磷含量分别为 0.91 mg · g⁻¹ 和 0.78 mg · g⁻¹,差异显著。

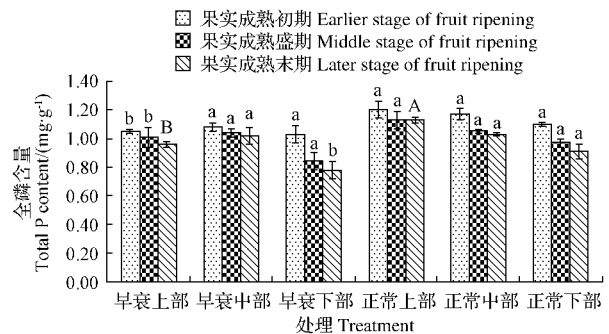


图 2 '海尔特兹'早衰和正常株叶片的全磷含量

Fig. 2 The total P content of normal and presenility of 'Heritage'

2.1.3 不同时期正常和早衰'海尔特兹'叶片全钾含量

由图 3 可知,正常和早衰叶片上部、中部叶片在果实成熟初期、盛期、末期全钾含量无显著差异。正常和早衰下部叶片在果实成熟初期无显著差异,在果实成熟盛期全钾含量分别为 7.01 mg · g⁻¹ 和 5.02 mg · g⁻¹,正常显著显著高于早衰叶片,在果实成熟末期正常和早衰下部叶片全钾含量分别为 5.64 mg · g⁻¹ 和 4.18 mg · g⁻¹,差异极显著。

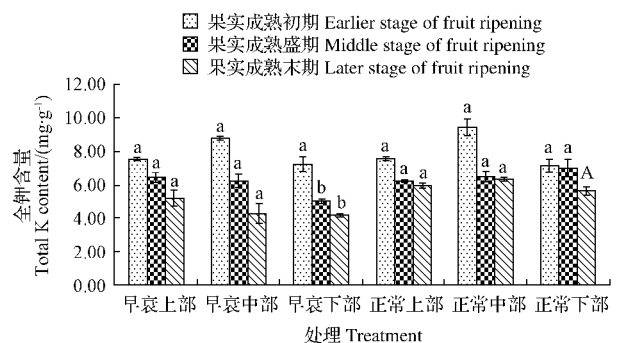


图 3 '海尔特兹'早衰和正常株叶片的全钾含量

Fig. 3 The total K content of normal and presenility of 'Heritage'

2.1.4 不同时期正常和早衰'海尔特兹'叶片全钙含量

由图 4 可知,正常和早衰上部叶片全钙含量在果实成熟初期分别为 14.23 mg · g⁻¹ 和 18.40 mg · g⁻¹,早衰叶

片极显著高于正常叶片,正常和早衰上部叶片全钙含量在果实成熟盛期和末期分别为 15.35 、 $14.81 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 18.64 、 $19.30 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,早衰叶片显著高于正常叶片;正常和早衰中部叶片全钙含量在果实成熟初期、盛期和末期分别为 18.34 、 18.56 、 $18.66 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 20.66 、 22.45 、 $22.15 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,早衰叶片显著高于正常叶片;正常和早衰植株下部叶片全钙含量在果实成熟初期无显著差异,在果实成熟盛期和末期全钙含量分别为 22.65 、 $25.04 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 27.29 、 $28.28 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,早衰叶片显著高于正常叶片。

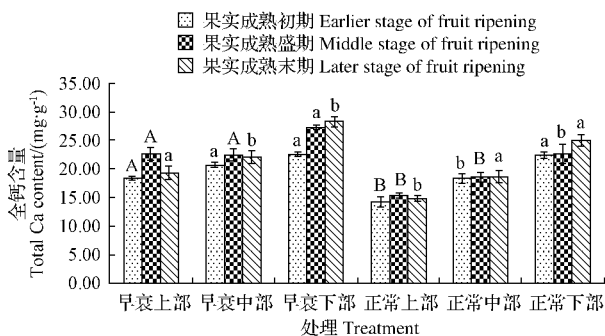


图4 ‘海尔特兹’早衰和正常株叶片的全钙含量

Fig. 4 The total Ca content of normal and presenility of ‘Heritage’

2.1.5 不同时期正常和早衰‘海尔特兹’叶片全镁含量

由图5可知,正常和早衰植株上部叶片在果实成熟初期、果实成熟盛期,全镁含量分别为 9.38 、 $10.01 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 8.26 、 $7.90 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,正常上部叶片全镁含量显著高于早衰上部叶片,正常和早衰植株上部叶片全镁含量在果实成熟末期无差异;正常和早衰植株中部叶片全镁含量在果实成熟初期无差异,在果实成熟盛期、果实成熟末期全镁含量分别为 10.02 、 $11.54 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 8.20 、 $8.91 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,正常中部叶片全镁含量显著高于早衰中部叶片;正常和早衰植株下部叶片全镁含量在果实成熟初期分别为 $10.41 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $9.11 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,正常下部叶片极显著高于早衰下部叶片,在果实成熟盛期全镁含

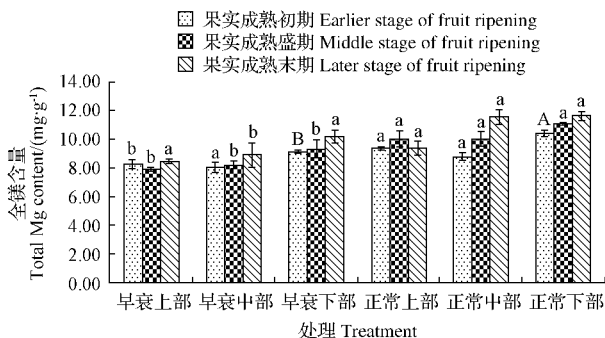


图5 ‘海尔特兹’早衰和正常株叶片的全镁含量

Fig. 5 The total Mg content of normal and presenility of ‘Heritage’

量分别为 $11.06 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $9.30 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,正常下部叶片显著高于早衰下部叶片,正常下部叶片和早衰下部叶片在果实成熟末期无差异。

2.2 ‘海尔特兹’早衰和正常株叶片中微量元素的含量变化

2.2.1 不同时期正常和早衰‘海尔特兹’叶片全铁含量

由图6可知,正常和早衰植株上部叶片在果实成熟初期和盛期,全铁含量分别为 558.41 、 $1198.22 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 314.94 、 $454.09 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,正常植株上部叶片全铁含量都显著高于早衰上部叶片,正常和早衰植株上部叶片全铁含量在果实成熟末期无差异;正常和早衰植株中部叶片在果实成熟初期全铁含量分别为 $576.87 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $257.03 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,正常植株中部叶片全铁含量显著高于早衰中部叶片,正常和早衰植株中部叶片在果实成熟盛期全铁含量分别为 $1003.22 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $350.87 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,正常植株中部叶片极显著高于早衰中部叶片,正常和早衰植株中部叶片在果实成熟末期全铁含量分别为 $1203.02 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $849.87 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,正常植株中部叶片全铁含量显著高于早衰中部叶片;正常和早衰下部叶片在果实成熟初期、果实成熟盛期、果实成熟末期全铁含量分别为 1343.82 、 1561.57 、 $2011.20 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 909.03 、 1139.30 、 $1559.66 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,正常植株下部叶片全铁含量极显著高于早衰植株下部叶片。

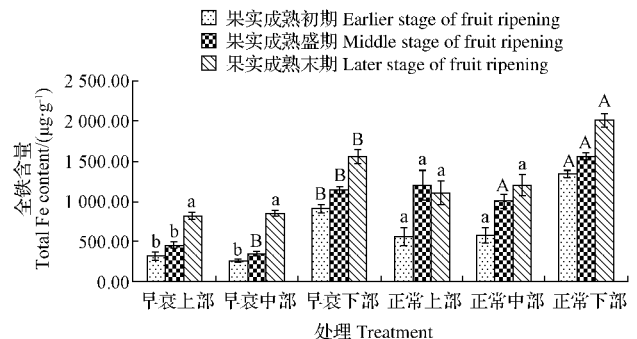


图6 ‘海尔特兹’早衰和正常株叶片的全铁含量

Fig. 6 The total Fe content of normal and presenility of ‘Heritage’

2.2.2 不同时期正常和早衰‘海尔特兹’叶片全锰含量

由图7可知,正常和早衰上部叶片在果实成熟初期、盛期全锰含量分别为 52.12 、 $54.47 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 64.75 、 $66.19 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,早衰植株上部叶片全锰显著高于正常植株上部叶片,正常和早衰上部叶片在果实成熟末期全锰含量无显著差异。正常中部和早衰中部叶片在果实成熟初期、盛期和末期,全锰无显著差异。正常和早衰下部叶片在果实成熟初期、盛期和末期全锰含量分别为 67.80 、 73.85 、 $76.81 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 77.29 、 84.60 、 $87.03 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,早衰植株下部叶片全锰显著高于正常植株下部叶片。

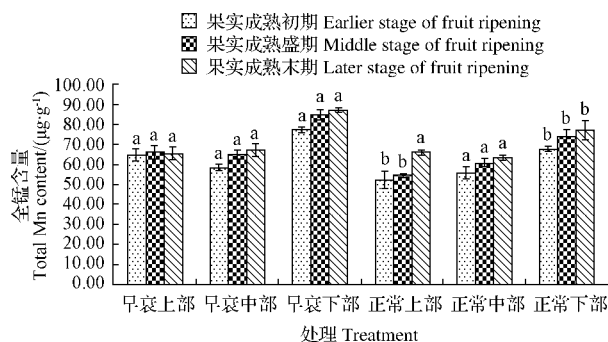


图7 ‘海尔特兹’早衰和正常株叶片的全锰含量

Fig. 7 The total Mn content of normal and presenility of ‘Heritage’

2.2.3 不同时期正常和早衰‘海尔特兹’叶片全铜含量 由图8可知,正常和早衰上部叶片在果实成熟初期、果实成熟盛期全铜含量分别为 14.98 、 $13.51 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 12.27 、 $12.36 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,正常植株全铜含量极显著大于早衰植株,正常和早衰上部叶片在果实成熟末期全铜含量无显著差异。正常和早衰中部、下部叶片在果实成熟初期、果实成熟盛期、果实成熟末期全铜含量无显著差异。

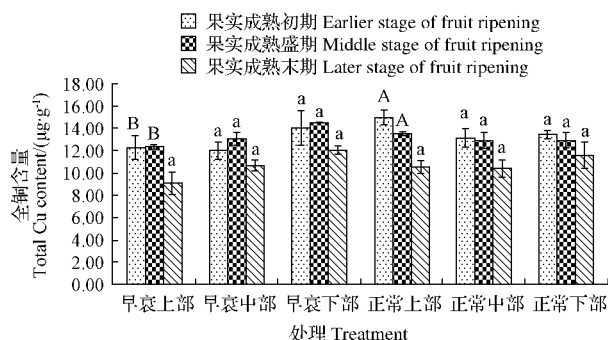


图8 ‘海尔特兹’早衰和正常株叶片的全铜含量

Fig. 8 The total Cu content of normal and presenility of ‘Heritage’

2.2.4 不同时期正常和早衰‘海尔特兹’叶片全锌含量 由图9可知,正常和早衰上部、中部叶片在果实成熟初期、盛期、末期全锌含量无显著差异;正常和早衰下部叶片在果实成熟初期无显著差异,正常和早衰下部叶片在果实成熟盛期、末期,全锌含量分别为 28.44 、 $36.25 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 23.76 、 $30.38 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,正常下部叶片全锌含量显著高于早衰下部叶片。

3 结论与讨论

研究发现,果实成熟初期、盛期和末期,正常植株上部叶片的全N含量显著高于早衰上部叶片;果实成熟初期、盛期,正常植株中部叶片全N含量显著高于早衰中部叶片。果实成熟初期、盛期和末期,正常植株上部叶片全P含量显著高于早衰上部叶片。果实成熟初期和盛期,正常植株上部叶片全Mg含量显著高于早衰上部

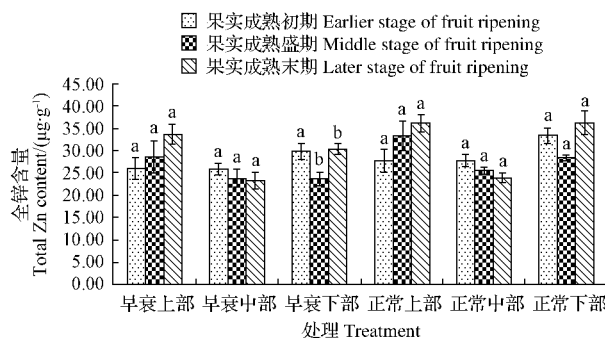


图9 ‘海尔特兹’早衰和正常株叶片的全锌含量

Fig. 9 The total Zn content of normal and presenility of ‘Heritage’

叶片;果实成熟盛期、末期正常植株中部叶片全Mg含量显著高于早衰中部叶片;果实成熟初期和盛期正常植株下部叶片全Mg含量显著高于早衰下部叶片。果实成熟初期和盛期,正常植株上部叶片全Fe含量显著高于早衰上部叶片;果实成熟初期、盛期和末期,正常下部叶片全Fe含量极显著高于早衰下部叶片。红树莓结果期需要大量的营养物质,而矿质元素是影响果实发育的一个重要因素。叶片常用于评价树体营养状况的器官之一^[6],其营养状况与其衰老关系密切^[7]。N是蛋白质、核酸的重要组成成分,被称为生命元素,P参与核酸、磷脂和某些辅酶的组成,促进光合作用,在糖类代谢、蛋白质代谢^[8-10]、细胞分裂和组织分化发育,特别对开花结实具有重要作用^[11]。Mg是叶绿素合成所必需的成分^[12-13],是光合、呼吸过程中各种酶的活化剂,缺镁时叶绿素不能合成,叶脉绿而叶脉间发黄,严重时叶片坏死。缺铁导致叶片脉间失绿,最早出现在幼嫩叶片,然后向老叶发展,严重缺铁时,枝条中下部叶片枯焦坏死,最后叶片脱落^[14]。

张立新等^[15]、张生杰等^[16]研究认为,合适的氮素供应能提高叶片中保护酶的活性,从而延缓植物衰老,而缺氮导致树体早衰。冷锁虎等^[17]对油菜的研究认为,在油菜生长的后期,叶片中大部分的N、P运输到植物的其它部位。Mg可以提高叶绿素含量,提高植物的光合能力,延缓衰老,缺镁增加细胞膜的透性,增加MDA含量,导致植物衰老^[18-19]。有研究认为Mn过量可抑制Fe和Mg等元素的吸收及活性,并可破坏叶绿体结构导致叶绿素合成下降及光合速率降低^[20],该研究中早衰植株叶片中Mn的含量要显著高于正常植株叶片,早衰植株叶片中Fe和Mg元素的相对较少的原因可能由于Mn含量过多导致。红树莓进入果实成熟期后,果实养分需求较大,叶片中矿质元素向果实运输,早衰植株叶片中由于N、P、Mg、Fe的缺乏,影响叶片的正常生理功能,导致提前早衰,而正常植株叶片中N、P、Mg、Fe的含量相对较高,能够维持叶片正常的代谢功能。该研究认为,通过

比较正常和早衰植株不同时期、不同部位、不同元素的含量,红树莓叶片早衰由缺 N、P、Mg、Fe 引起,为减缓植株衰老,应在果实成熟初期补施 N、P、Mg、Fe 肥。

参考文献

- [1] 张清华,王彦辉,郭浩. 树莓栽培实用技术[M]. 北京:中国林业出版社,2013:4.
- [2] 赵文琦,曲长福,王翠华,等. 树莓的营养保健价值与市场前景浅析[J]. 北方园艺,2007(6):114-115.
- [3] 刘建华,张志军,李淑芳. 树莓中功效成分的开发浅论[J]. 食品科学,2004,25(10):371.
- [4] 中华人民共和国林业部技术司. 中国林业标准汇编:营造林卷,GB7888-87,森林植物与森林枯枝落叶层全氮、全磷、全钾、全钠、全钙、全镁的测定(硫酸-高氯酸消煮法)[S]. 北京:中国标准出版社,1998.
- [5] 中华人民共和国林业部技术司. 中国林业标准汇编:营造林卷,GB7887-87,森林植物与森林枯枝落叶层全硅全铁全铝全钙全镁全钠全磷全硫全锰全铜全锌的测定(硝酸-高氯酸消煮法)[S]. 北京:中国标准出版社,1998.
- [6] 李港丽,苏润宇,沈隽. 几种落叶果树叶内矿质元素含量标准值的研究[J]. 园艺学报,1987,14(2):80-89.
- [7] 郭士伟,赵学强,夏士健,等. 超级杂交稻生育后期叶片和根系的衰老营养生理研究[J]. 华北农学报,2014(3):115-121.
- [8] 王沙生,高荣孚,吴冠明. 植物生理学[M]. 2 版. 北京:中国林业出版社,1991:212-215.
- [9] 陆景陵. 植物营养学[M]. 2 版. 北京:中国农业大学出版社,2003:35-48.
- [10] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 4 版. 北京:高等教育出版社,2001:29-30.
- [11] 阴黎明,王力华,刘波. 文冠果叶片养分元素含量的动态变化及再吸收特性[J]. 植物研究,2009,29(6):685-691.
- [12] 久保辉一郎,荒井康夫. 化学肥料(日)[M]. 东京:日本化学会,1977:126-127.
- [13] HUBER S C, MAURY W. Effects of magnesium on intact chloroplasts[J]. Plant Physiology, 1980, 65:350-354.
- [14] 徐万泰,郭伟红,秦飞,等. 木本植物缺铁性黄化病研究进展[J]. 江苏林业科技,2011(4):39-43.
- [15] 张立新,李生秀. 氮,钾,甜菜碱对水分胁迫下夏玉米叶片膜脂过氧化和保护酶活性的影响[J]. 作物学报,2007,33(3):482-490.
- [16] 张生杰,黄元炯,任庆成,等. 氮素对不同品种烤烟叶片衰老、光合特性及产量和品质的影响[J]. 应用生态学报,2010(3):668-674.
- [17] 冷锁虎,单玉华,李德权. 油菜叶片衰老与 NPK 含量变化[J]. 中国油料作物学报,2001(1):39-41.
- [18] 谢小玉,刘海涛,程志伟. 镁对温室黄瓜光合特性的影响[J]. 中国蔬菜,2009(6):36-40.
- [19] 王芳,刘鹏,史峰,等. 镁对大豆叶片抗氧化代谢的影响[J]. 中国油料作物学报,2006,28(1):32-38.
- [20] 许文博,邵新庆,王宇通,等. 锰对植物的生理作用及锰中毒的研究进展[J]. 草原与草坪,2011(3):5-14.

Relationship of Presenility Pathogenesis and Mineral Elements Contents of Red Raspberry Leaves in Fruit Ripening Stage

LIU Haipeng¹, GUO Fang¹, LI Baoguo¹, ZHANG Xuemei¹, QI Guohui¹, LI Yingchao²

(1. College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000; 2. Chinese Academy of Forestry, Beijing 100089)

Abstract: In order to study the presenility pathogenesis of red raspberry leaves in fruit ripening stage, and develop appropriate control measures, took the method of random sampling method in the field, comparatively studied the different period of main mineral elements content in the leaves. The results showed that in earlier stage, middle stage and later stage of fruit ripening, total N content of normal and presenility of the upper leaves, were 22.85, 21.74, 20.47 mg · g⁻¹ and 21.43, 19.26, 17.35 mg · g⁻¹ respectively, significant difference. Earlier stage, middle stage of fruit ripening, total N content of normal and presenility of the middle leaves, were 24.50, 23.32 mg · g⁻¹ and 20.71, 19.12 mg · g⁻¹ respectively, significant difference. Earlier stage, middle stage and later stage of fruit ripening, total P content of normal and presenility of the upper leaves, were 1.20, 1.13, 1.13 mg · g⁻¹ and 1.05, 1.01, 0.96 mg · g⁻¹, respectively, significant difference. Earlier stage, middle stage of fruit ripening, total Mg content of normal and presenility of the upper leaves, were 9.38, 10.01 mg · g⁻¹ and 8.26, 7.90 mg · g⁻¹ respectively, significant difference. Middle stage and later stage of fruit ripening, total Mg content of normal and presenility of the middle leaves, were 10.02, 11.54 mg · g⁻¹ and 8.20, 8.91 mg · g⁻¹, respectively, significant difference. Earlier stage, middle stage of fruit ripening, total Mg content of normal and presenility of the down leaves, were 10.41, 11.06 mg · g⁻¹ and 9.11, 9.30 mg · g⁻¹ respectively, significant difference. Earlier stage, middle stage of fruit ripening, total Fe content of normal and presenility of the upper leaves, were 558.41, 1 198.22 μg · g⁻¹ and 314.94, 454.09 μg · g⁻¹ respectively, significant difference. Earlier stage, middle stage and later stage of fruit ripening, total Fe content of normal and presenility of the down leaves, were 1 343.82, 1 561.57, 2 011.20 μg · g⁻¹ and 909.03, 1 139.30, 1 559.66 μg · g⁻¹, respectively, extremely significant difference.

Keywords: red raspberry; presenility; plant nutrition; mineral element