

# 无融合生殖核桃果实矿质营养变化研究

刘亚令<sup>1</sup>, 张鹏飞<sup>2</sup>, 刘群龙<sup>2</sup>, 吴国良<sup>2\*</sup>

(1. 山西农业大学生命科学院, 山西太谷 030801; 2. 山西农业大学园艺学院, 山西太谷 030801)

**摘要** [目的]了解无融合生殖核桃果实的矿质营养水平。[方法]用原子吸收分光光度仪测定不同时期果实中7种矿质元素含量。[结果]在所测矿质元素中,除Cu、Zn元素外,无融合生殖果实中K、Ca、Mg、Fe、Mn诸元素含量均低于对照;除Fe元素外,其他各元素在无融合生殖果实中的含量在年周期中都呈下降趋势,且无融合生殖果实比对照下降的要多。[结论]无融合生殖果实比自然授粉受精果实矿质营养水平低,致使其不能正常生长发育成熟。

**关键词** 无融合生殖; 核桃; 矿质营养

**中图分类号** S662.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)16-07427-03

## Study on Mineral Nutrient Change in Apomictic Walnut Fruit

LIU Ya-ling et al (College of Life Science, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801)

**Abstract** [Objective] The purpose was to know the mineral nutrient level in apomictic walnut fruit. [Method] Seven mineral nutrient contents of walnut fruit were determined during different growing periods by using atomic absorption spectrophotometer. [Result] The contents of K, Ca, Mg, Fe, Mn in apomictic fruits were lower than the control except Cu and Zn. Except Fe, their contents in the apomictic walnuts were decreased gradually in the year cycle, and the decreased contents were more greatly than the control. [Conclusion] The mineral nutrient level in apomictic walnut fruit was lower than natural pollination and fertilization fruits, which resulted in walnut fruit could not develop and mature normally.

**Key words** Apomixis; Walnut; Mineral nutrition

核桃无融合生殖(孤雌生殖)现象的观测研究,国内外均有报道<sup>[1]</sup>,但多限于孤雌生殖结实率的调查。近几年,王安等<sup>[2]</sup>、高绍棠等<sup>[3]</sup>、刘杜玲等<sup>[4]</sup>、张美勇等<sup>[5]</sup>用去雄套袋的方法观察了20多个核桃品种的孤雌生殖现象,发现有一部分品种具有无融合生殖能力,且表现出不同年份间有差异。研究表明<sup>[6-7]</sup>,植物和植物器官的矿质元素含量具有生理和实践的重要性,对果树生长发育和果实品质有极其重要的意义,而无融合生殖果实和自然授粉受精果实矿质营养水平上是否一致还鲜有报道,笔者就此进行了研究。

### 1 材料与方法

**1.1 材料** 试材来源于山西农业大学园艺学院园艺站,为40~50年生太谷绵核桃果实。试验地海拔800 m,年均温9.8℃,极端最高温38.2℃,极端最低温-25.3℃,年降雨量456 mm,无霜期176 d,土壤为砂壤土,灌溉条件良好,管理水平一般。

**1.2 方法** 试验于2003年4~11月在山西农业大学园艺学院果树学重点实验室进行。以太谷绵核桃果实(带总苞)为矿质营养分析材料。从5月15日起,每隔30 d采样一次(9月为果实采收时),分别采无融合生殖(套袋)和对照(不套袋)的果实,3次重复。样品采集后,先用0.1%洗涤剂清洗,再用自来水快速冲洗,最后用无离子水漂洗干净。清洗后的样品用不锈钢剪刀剪碎装入样品袋,置于鼓风干燥箱中,先在105℃下杀酶30 min,然后在70~80℃烘干至恒重。将干样用FZ-102型植物微型粉碎机粉碎。矿质营养分析方法参照全月奥等<sup>[8]</sup>的方法进行,用岛津AA-6200型原子吸收分光光度计[日]测定样品中各元素的含量,K含量测定用火焰光

度计法,Ca、Mg、Cu、Fe、Mn、Zn含量测定用原子吸收法。对所测结果进行生物统计分析。

### 2 结果与分析

**2.1 K元素含量的变化** 试验结果表明(图1),无融合生殖果实中K元素含量在年周期中呈现低-高-低的变化趋势,7月14日达到最高值,为2.23%,9月8日果实采收时含量最低,仅有0.03%;而9月8日自然授粉受精对照K含量为2.01%,差距达60多倍。K在幼果期(5~6月)有降低的趋势,这是由于幼果迅速膨大引起的稀释效应,此时及时补充K将对幼果体积增大、提高核桃产量有良好作用。试验证明<sup>[9]</sup>,K<sup>+</sup>对库的持续期有影响,增加K<sup>+</sup>能降低并延迟ABA高峰的出现,防止果实脱落。该试验中,8月13日后无融合生殖果实中K<sup>+</sup>浓度迅速降低,导致部分无融合生殖的果实在发育过程中脱落,成熟的无融合生殖果实单果重也低于自然对照。

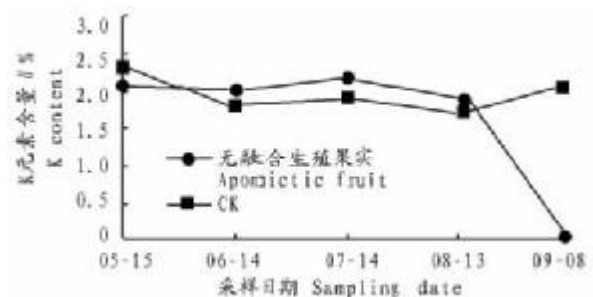


图1 无融合生殖果实K元素含量变化分析

Fig.1 Analysis of the content of K in the apomictic walnut

**2.2 Ca元素含量的变化** 试验结果表明(图2),无融合生殖果实中Ca元素含量低于对照,二者变化趋势相同,初期高后期低,在6月14日、7月14日、9月8日差异达极显著水平。一般认为,果实中Ca的积累主要发生在生长初期<sup>[10]</sup>,后期很难吸收Ca,以后随果实增大,果实中Ca浓度降低。Quinlan发现,果实在生长最初6周内可积累全Ca的

**基金项目** 山西省科技攻关项目(021036);山西农业大学博士科研启动基金项目(412559)。

**作者简介** 刘亚令(1976-),女,山西黎城人,博士,讲师,从事植物生理与种质资源研究。\*通讯作者,博士生导师,教授。

**收稿日期** 2009-03-31

90%<sup>[11]</sup>。笔者的试验也得到了相似的结论,此时果实还没有迅速膨大,细胞体积小、果个小,所以果实中  $\text{Ca}^{2+}$  浓度高,在 5 月 15 日为最高值,其后一直呈下降趋势。

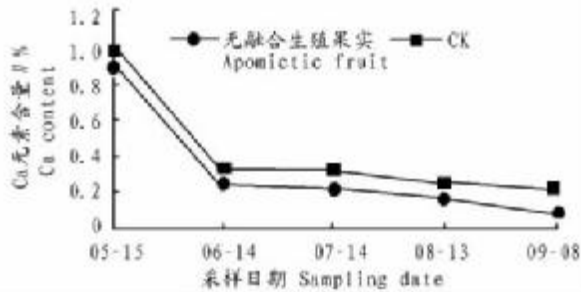


图2 无融合生殖果实 Ca 元素含量变化分析

Fig.2 Analysis of the concent of Ca in the apomictic walnut

2.3 Mg 元素含量的变化 试验结果表明(图3),Mg 元素含量变化趋势与 Ca 元素相似,相关性分析也显示 Ca、Mg 之间呈极显著正相关。方差分析显示,无融合生殖果实 Mg 含量在 7 月 14 日和 9 月 8 日与对照的差异性达到极显著水平。Mg 在韧皮部能够移动,这点与 Ca 不同,它能从老叶运转到生长旺盛的部位<sup>[12]</sup>。8 月 13 日以前 Mg 元素含量降低可能与果实膨大迅速而表现的稀释效应有关,而 8~9 月的急剧下降则可能是由于 Mg 的外运引起的。无融合生殖果实调集养分的能力差,外运较多。

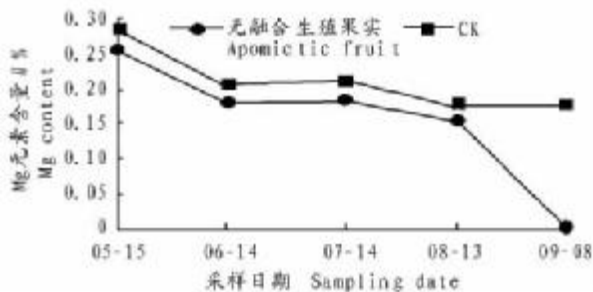


图3 无融合生殖果实 Mg 元素含量变化分析

Fig.3 Analysis of the concent of Mg in the apomictic walnut

2.4 Cu 元素含量的变化 试验结果显示(图4),Cu 元素含量在年周期中无融合生殖果实高于对照,变化趋势较为平缓,呈现高-低-高的趋势。总的说来,幼果期 Cu 元素含量最高,果实膨大期迅速下降,到 6 月中旬果实大小基本稳定时,Cu 元素又开始积累,含量上升,在 7 月 14 日达到一个小的峰值,之后随果核硬化 Cu 元素含量降低。由此可见,当果实生长迅速时,Cu 元素含量降低,而果实生长缓慢时,Cu 元素含量升高,说明年生长周期中果实吸收  $\text{Cu}^{2+}$  的能力较为稳定, $\text{Cu}^{2+}$  浓度变化是由果实生长的速度变化引起的。方差分析表明,除 9 月果实采收时以外,其他各时期都达到显著或极显著水平。

试验中发现,无融合生殖果实中 Cu 元素含量高于对照,且达到极显著水平。无融合生殖果实中,K、Ca、Mg 等元素含量都低于对照,这就导致无融合生殖果实容易发生损伤,造成早期脱落,较高的  $\text{Cu}^{2+}$  可以提高果实损伤修复的能力,从而使果实能够发育成熟。

2.5 Fe 元素含量的变化 试验结果显示(图5),Fe 元素含量在生长初期呈上升趋势,到 8 月 13 日达到最高值,随后下

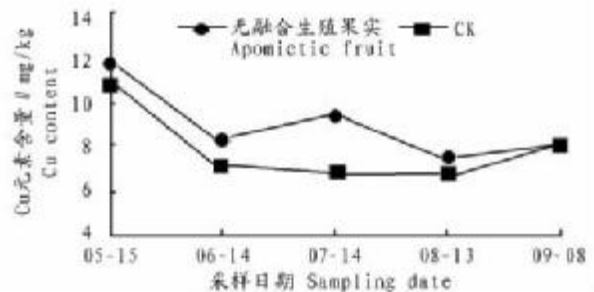


图4 无融合生殖果实 Cu 元素含量变化分析

Fig.4 Analysis of the concent of Cu in the apomictic walnut

降。在幼果迅速膨大期,Fe 元素含量上升迅速,此期是年周期中吸收  $\text{Fe}^{2+}$  的一个重要时期。果核硬化期果实吸收  $\text{Fe}^{2+}$  较少,含量上升缓慢,到 8 月中旬果实中脂肪大量合成时  $\text{Fe}^{2+}$  浓度开始降低,直至采收。说明在整个生长过程中, $\text{Fe}^{2+}$  是源源不断地向果实内输送的,只有到果实成熟时才停止输入。方差分析表明,在年周期中无融合生殖果实和对照果实 Fe 元素含量差异不显著。Fe 是许多重要酶的辅基,并对叶绿体构造有重要影响,果树缺 Fe 易造成“黄化病”。Fe 主要以  $\text{Fe}^{2+}$  或 Fe 的螯合物形态被吸收,但在体内的移动性很小<sup>[13]</sup>。被运输到果实中的  $\text{Fe}^{2+}$  不再参与分配,而是在果实中积累起来。

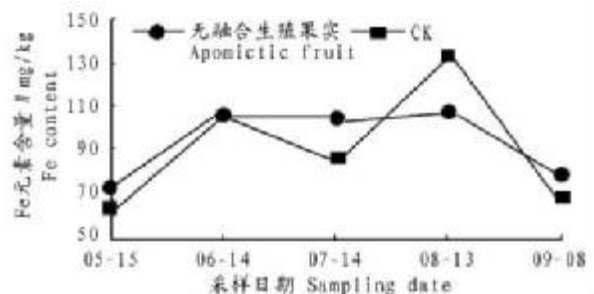


图5 无融合生殖果实 Fe 元素含量变化分析

Fig.5 Analysis of the concent of Fe in the apomictic walnut

2.6 Mn 元素含量的变化 试验结果显示(图6),Mn 元素含量在无融合生殖果实和对照中变化极为一致,幼果期无融合生殖果实中  $\text{Mn}^{2+}$  含量极显著高于对照,幼果迅速膨大期  $\text{Mn}^{2+}$  含量急剧下降,然后变化趋于平缓,对照略高于无融合生殖果实,但差异不显著。 $\text{Mn}^{2+}$  是糖酵解和三羧酸循环中某些酶的活化剂,能提高呼吸速率。初期  $\text{Mn}^{2+}$  含量高,说明幼果呼吸作用旺盛,幼果期呼吸速率显著高于其他时期,可能是由于幼果期细胞分裂且生长迅速,需要更多的能量所致。果实膨大到一定程度开始内含物的积累,细胞分裂停止,而代之以细胞体积的增大,此时呼吸速率开始有所下降,表现出  $\text{Mn}^{2+}$  含量的降低。

2.7 Zn 元素含量的变化 试验结果显示(图7),Zn 元素含量变化趋势与 Mn 相似。年周期中生长初期急剧下降,6 月 14 日后变化趋于平缓。无融合生殖果实中 Zn 含量极显著高于对照。Zn 参与吲哚乙酸 (IAA) 的合成,而 IAA 有调集养分的作用,高含量的 Zn 有利于果实合成较多的 IAA,使“库”的能力有所加强,积累较多的养分,保证细胞的分裂和增大。Zn 元素在核桃无融合生殖过程中可能起重要作用。

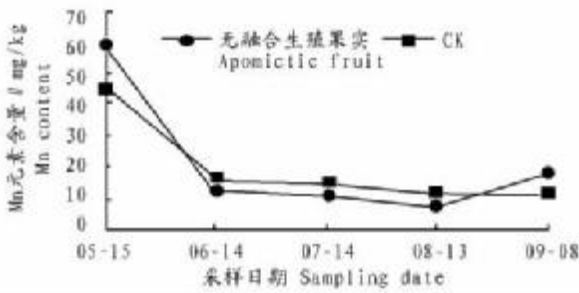


图6 无融合生殖果实 Mn 元素含量变化分析

Fig.2 Analysis of the concent of Mn in the apomictic walnut

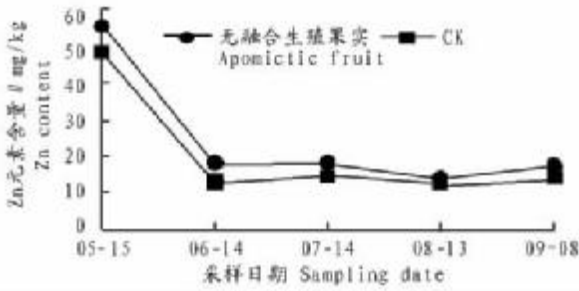


图7 无融合生殖果实 Zn 元素含量变化分析

Fig.7 Analysis of the concent of Zn in the apomictic walnut

3 小结

在所测 7 种矿质元素中,除 Fe 元素外其他各元素在无融合生殖果实中的含量在年周期中都呈下降趋势,而下降的时期略有不同。下降主要是在果实迅速膨大的 5~6 月(稀释效应)和果实成熟的 8~9 月(外运),6~8 月间处于果核硬化期,此时果实生长缓慢,果实中矿质营养含量变化也较平缓。K、Mg 两元素在幼果期下降较少,在生长中期还略有上升,到果实成熟时迅速下降,而对照则下降不多。这说明矿质元素在生长过程中吸收较多,而成熟期外运也较多。在试验中发现,从 8 月底开始到果实成熟的一段时期内,无融合生殖果实有种仁干缩变小导致最后脱落的现象,脱落果实

的总苞、果壳发育完整,而对照未发现此现象,可能与矿质营养大量外流有关。Ca、Mn、Zn 各元素在幼果膨大期有一个迅速下降的过程,6 月份以后变化较为平缓。这种浓度的降低主要是由果实膨大的稀释效应引起的,矿质营养在果实膨大过程中吸收较少。Cu 和 Fe 元素变化趋于平缓,矿质营养可在生长期不断吸收,上升和下降的幅度都不大,但变化趋势正相反,Fe 含量升高时 Cu 含量下降,Cu 含量升高时 Fe 含量下降,相关性分析也表明此二元素间为极显著负相关。

核桃无融合生殖果实中,除 Cu、Zn 元素外,K、Ca、Mg、Fe、Mn 各元素含量均低于对照。试验证明,无融合生殖果实比自然授粉受精果实矿质营养水平低,这也是其不能正常生长发育成熟的原因。

参考文献

[1] 郝荣庭,张毅萍.中国核桃[M].北京:中国林业出版社,1992:179-183.  
 [2] 王国安,买买提·艾力,崔卫国,等.孤雌生殖在核桃品种遗传纯化中的应用[J].新疆农业科学,2003,40(2):90-93.  
 [3] 高绍堂,刘朝斌,刘杜玲,等.核桃无融合生殖研究初报[J].西北林学院学报,1999,14(1):45-47.  
 [4] 刘杜玲,高绍堂,陈耀峰.远缘和失活花粉诱导核桃无融合生殖的研究[J].西北林学院学报,1999,14(4):35-37.  
 [5] 张美勇,徐颖,马凤贤.核桃(*Juglans regia*)的无融合生殖能力[J].果树科学,2000,17(4):314-316.  
 [6] 余叔文,汤章城.植物生理与分子生物学[M].北京:科学出版社,1998.  
 [7] 申建波,张福锁,毛达如.植物矿质营养的生态意义[J].生态农业研究,1997,5(3):22-26.  
 [8] 全月奥,周厚基.果树营养诊断法[M].北京:农业出版社,1982:58-110.  
 [9] 张炜,于振文.麦类作物和水稻的钾素营养生理[J].山东农业大学学报,1994,25(2):255-259.  
 [10] MONSELISE S P, GOREN R. Preharvest growing conditions and postharvest behavior of subtropical and temperate-zone fruits[J]. Hort Sci, 1987, 22:1185.  
 [11] QUINLAN J D. Chemical composition of developing and shed fruits of "Laxton's Fortune" apples[J]. J Hort Sci, 1969, 44:97-106.  
 [12] 汪洪,褚天铎.植物镁素营养的研究进展[J].植物学通报,1999,16(3):245-250.  
 [13] 何新华.植物中的铁素营养[J].植物学通报,1992,9(4):24-28.

(上接第 7426 页)

例明显高于处理④;处理①与③相比,也表现出同样的趋势,在一定程度上说明空间条件作用对草地早熟禾的分蘖产生了影响。通过选择标记高分蘖的植株,并对该植株的其他性状进行测定,从中筛选出分蘖数多、可缩短草坪成坪时间且具有其他性状优良的植株,用于草坪草遗传育种方面的研究。

3 结论

(1)空间条件对草坪草种子的萌发有一定的影响,但对于不同草种、不同品种的影响是不同的。由该试验可以看出,航天处理对巴润种子的萌发有一定的促进作用。同时,试验表明,巴润种子经硼酸处理后再进行航天处理,其空间条件作用更为明显。

(2)航天处理对幼苗生长速度的影响具有不确定性,该试验经过综合分析,从中找出了生长速度快,能迅速成坪的单株,和生长缓慢、矮化的单株,将其作为草坪草遗传育种材料。另外,航天处理的小区,其草坪草植株呈现出较宽的植株高度分布范围,说明空间条件对草地早熟禾植株生长有较明显的促进或抑制作用。

(3)仅从该试验来看,空间条件作用后的高分蘖数植株明显较未经航天处理的植株多,说明空间条件对草地早熟禾巴润在一定程度上起到了促进分蘖的作用,从中可以获得高分蘖的草地早熟禾植株,从而缩短草坪成坪期。

(4)空间条件对草地早熟禾种子萌发及幼苗生长均产生影响,并可诱发植株产生变异,因此空间诱变育种技术在草坪草育种中的应用具有广阔前景。

参考文献

[1] 龚振平,刘自华,刘根齐.高粱空间诱变效应研究[J].农业生物技术科学,2003,19(6):16-19,24.  
 [2] 王俊敏,魏力军,骆荣挺,等.航天技术在水稻诱变育种中的应用研究[J].核农学报,2004,18(4):252-256.  
 [3] 郭亚华,谢立波,王雪,等.辣椒空间诱变育种技术创新及新品种(品系)培育[J].核农学报,2004,18(4):265-268.  
 [4] 洪波,何森,丁兵,等.空间诱变对露地栽培菊矮化性状的影响[J].植物研究,2000,20(2):212-214.  
 [5] 翁德宝,汪海峰.高空气球搭载实验对普通鸡冠花抗氧化作用的诱变效应[J].热带亚热带植物学报,2004,12(4):341-344.  
 [6] 闫文义,孙光祖,张月学,等.春小麦空间诱变效果的研究[J].空间科学学报,1996,16(S1):108-113.