

# 板栗结果枝叶片矿质营养特征研究

李广会, 郭素娟, 熊欢, 吕文君

(北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

**摘要:**以板栗“3113”为试材,研究了不同物候期结果枝叶片主要矿质元素含量的动态变化及相关性,以期为板栗的营养诊断和施肥提供依据。结果表明:不同物候期,结果枝叶片 N、P、K 含量随物候期均呈下降趋势,Ca、Fe、Mn 含量随物候期均呈上升趋势;B 含量在开花授粉期较低,之后随物候期上升,Cu 含量变化则呈相反趋势;Mg 含量几乎不随物候期变化;不同物候期叶片主要矿质元素含量变化存在一定的相关性,其中 N 与 P、Fe 与 Mn 含量变化呈显著正相关;N、P 和 K 与 Ca、K 与 Mg、Cu 与 Fe、Mn 含量变化均呈显著负相关;其它矿质元素间相关性均不显著;开花授粉期和果实膨大期是板栗需肥较多的时期,建议在 5 月下旬追施 Ca、B 复合肥,在 6 月上旬追施 N、P、K、Cu 复合肥,在 8 月下旬分别追施 N、P、K 复合肥和 Fe、Mn,但施肥时需注意元素间的拮抗作用;幼果期叶片主要矿质元素含量变化较缓慢,为营养诊断时期。

**关键词:**板栗;物候期;矿质元素;拮抗作用;营养诊断

**中图分类号:**S 664.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)20-0008-05

叶片是植物进行光合作用、合成光合产物的主要器官,同化物的运输与分配直接关系到作物产量的高低和品质的好坏。叶片同化物的分配特点主要有优先供应生长中心、就近运输等,在果实发育期间,果实作为生长中心,也是矿质元素和光合产物的分配中心,因此,果实与距离其最近健康叶片间存在较强的库-源关系<sup>[1]</sup>,这个部位叶片中矿质元素含量的变化特征在一定程度上表征了果实对矿质营养的需求状况。叶片中矿质营养直接或间接影响光合作用,生产中合理施肥的增产作用主要是通过调节植物的光合作用来实现的,因此,研究这个部位叶片矿质元素含量在不同物候期的变化特征,对于指导作物合理施肥具有重要的实践意义。

板栗(*Castanea mollissima* B.L.)原产我国,是我国利用最早、具有较高经济价值的名优特农产品之一,以抗病能力强、果实含糖高、糯性强和涩皮易剥离等特点深受国内外消费者喜爱,因此板栗生产现已成为山区农民收入的主要来源。河北省迁西县是我国著名的“板栗

之乡”,是燕山板栗的核心产区,该县主要以山地为主,“围山转”立体工程造林模式是该地区营造板栗林的主要方式。板栗“3113”(*Castanea mollissima* “3113”)丰产性能及结果能力较好,是迁西县广泛栽培的品种之一<sup>[2]</sup>。但由于管理粗放,重栽轻培,丰产栽培技术不配套,板栗应有的生产潜力没有得到充分发挥,其中盲目施肥、树体营养失调是制约板栗产量提高和品质改善的主要因素。曹均等<sup>[3]</sup>通过定期取样研究了怀柔地区板栗营养枝和结果枝叶片矿质元素含量的差异,发现不同时期 2 种类型枝条上叶片矿质元素含量差异不显著;刘广平<sup>[4]</sup>、郑瑞杰等<sup>[5]</sup>研究了辽宁地区板栗营养枝叶片氮、磷、钾含量的年周期变化,发现从展叶到果实成熟叶片氮、磷、钾含量呈降低趋势。限制板栗生产的因素很多,矿质营养元素不足或不平衡是重要因素之一。近年来对板栗矿质营养的研究主要集中在营养枝上,对于不同物候期板栗结果枝叶片矿质元素含量动态变化的研究相对较少,而且生产上板栗施肥时期的确定主要依据板栗物候期,因此试验通过研究不同物候期板栗结果枝叶片矿质元素含量的变化,旨在为板栗“3113”营养调控与施肥提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地点位于河北省东北部的迁西县,燕山南麓,东经 118°6′~118°37′,北纬 39°57′~40°27′,属于东部季风暖温带半湿润地区,年均气温为 10.1℃,年均降雨量为 800 mm 左右,日照充足,为栗树栽培和生产提供了优越

**第一作者简介:**李广会(1985-),男,山东单县人,硕士,现主要从事经济林(果树)栽培和利用理论与技术研究工作。E-mail: liguanghui2006033@163.com.

**责任作者:**郭素娟(1965-),女,博士,教授,现主要从事经济林(果树)栽培和利用理论与技术工作。E-mail: gwangzs@263.net.

**基金项目:**“985”森林培育科技创新平台开放基金资助项目(000-1108004);国家林业公益性行业科研专项重大资助项目(201204401);国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAD18B02)。

**收稿日期:**2012-07-27

条件。试验地为“围山转”山地梯田,成土母质为片麻岩,栗园土壤类型为沙壤土,pH 6.44,有机质 2.89 g/kg,

0~40 cm 土壤速效养分含量见表 1,土壤肥力属于中等水平<sup>[6]</sup>。

表 1

供试果园土壤有效养分含量

Table 1 Contents of available nutrition of experimental soil								mg/kg
碱解氮 Avail. N	速效磷 Avail. P	速效钾 Avail. K	水溶性钙 Avail. Ca	水溶性镁 Avail. Ca	有效铁 Avail. Fe	有效铜 Avail. Cu	有效锰 Avail. Mn	有效硼 Avail. B
53.482	24.638	246.747	116.136	760.803	290.713	1.513	144.590	0.934

## 1.2 试验材料

以嫁接 6 a 板栗“3133”为试材,株行距 2 m×3 m。

## 1.3 试验方法

根据资料查询和实地调查,板栗“3113”物候期<sup>[7]</sup>的时间划分见表 2,随机选择长势一致的健壮板栗树,分别

表 2

板栗“3113”物候期

Table 2 Phenophase of chestnut ‘3113’							月.日
展叶期 Leafing period	授粉期 Pollination period	坐果期 Fruit period	幼果期 Young fruit period	膨大期 Expanding period	成熟期 Mature period		
5.20~5.29	5.30~6.14	6.15~7.09	7.10~8.14	8.15~9.16	9.17~9.22		

## 1.4 项目测定

叶片在实验室按照自来水、0.1%洗涤剂、自来水、去离子水(3遍)顺序清洗后,用烘箱于 105℃ 下杀青 30 min,80℃ 下烘干至恒重,粉碎过筛,混匀后密闭于样品袋中待测。

叶片 N、P、K 的联合测定:称取样品 0.2 g(准确至 0.001 g),采用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮至清亮后,取消煮液测定叶片 N、P、K 含量,全 N 采用凯氏定氮法,全 P 采用钼锑抗比色法,全 K 采用 AAS 法<sup>[8]</sup>。每个时期样品消煮时做 3 次重复,测定结果取其平均值。

叶片 Ca、Mg、Fe、Cu、Mn、B 的联合测定:称取样品 0.5 g(准确至 0.001 g)于 100 mL 消煮管中,加浓 HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub> 混合酸(8:2)10 mL,放置过夜,然后用消煮炉慢慢升温加热至 140~180℃,使黄棕色烟慢慢挥发,再适当提高温度(<250℃)继续消化,至大量白烟冒出为止,冷却后过滤、定容<sup>[9]</sup>。全 Ca、Mg、Fe、Cu、Mn 均采用 AAS 法,全 B 采用甲亚胺法<sup>[8]</sup>。

## 1.5 数据分析

应用 Excel 2007、SPSS 18.0 对数据进行统计分析,采用 Origin 8.5 软件绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同物候期板栗结果枝叶片 N、P、K 含量的动态变化

由图 1 可知,板栗结果枝叶片 N、P、K 含量随生长发育进程的推进总体上均呈下降趋势,其中 N、P 含量的变化趋势较为相似。3 种矿质元素含量的最大值均出现在展叶期,此时树体叶幕已基本建成,结果枝中下部叶片发育成熟并能进行光合作用,叶片营养状况较好。进入开花授粉期,叶片 N、P、K 含量降低,雌、雄花发育成为该时期的营养供应中心,消耗树体大量 N、P、K 营养

于展叶期到果实成熟期采集结果枝上着生雌花或栗蓬节位的叶片,树冠外围东、南、西、北各取 1 片,每次 20 株,每次多点混合共取 80 片,采样时间均在上午 9:00~10:00,采后立即置于冰盒中及时送回实验室进行处理。

元素。进入坐果期,叶片 N、P 含量继续下降,K 含量有轻微升高趋势。幼果期果实营养物质积累少,营养生长与生殖生长的矛盾得到缓和,叶片营养状况得到一定的恢复,该时期树体对 N、P、K 元素的需求与坐果期相反,表现为叶片 N、P 含量升高,但 K 含量下降。当果实发育进入膨大期,干物质的积累主要集中在果实成熟前 1 个月,光合产物大量由叶片转运到果实<sup>[10]</sup>,导致叶片 N、P、K 含量迅速降低,尤其是 N,降幅很大。试验表明,在开花授粉期和果实膨大期,板栗对 N、P、K 营养的需求较高;坐果期仍需大量 N、P 元素,但对 K 的需求较少,幼果期养分需求状况则与坐果期相反。

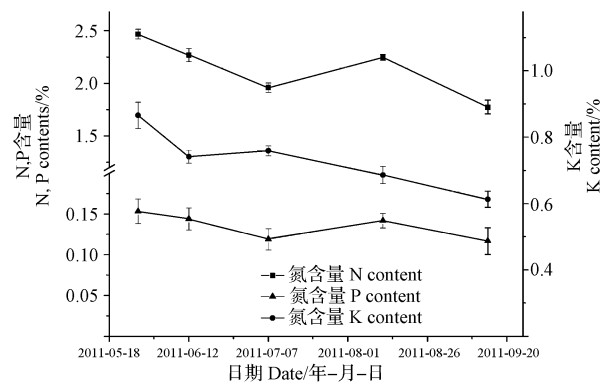


图 1 不同物候期板栗结果枝叶片 N、P、K 含量的动态变化

Fig. 1 Dynamic changes of N, P, K contents in leaves with phenological period

### 2.2 不同物候期板栗结果枝叶片 Ca、Mg 含量的动态变化

由图 2 可知,不同物候期板栗结果枝叶片 Ca 含量总体上呈上升趋势,从展叶期到坐果期,叶片 Ca 含量升高,说明这段时间叶片对 Ca 的需求不断增加。果实发育进入幼果期,叶片 Ca 含量降低,表明这段时间栗蓬对 Ca 的需求竞争强于叶片,导致叶片 Ca 含量降低。当果

实发育进入膨大期,叶片 Ca 含量迅速升高,而且升幅较大。从展叶期到膨大期,板栗结果枝叶片 Mg 含量变化较为平缓,几乎不随物候期的变化而改变,始终保持在 0.7% 左右。Mg 元素主要参与植物叶片叶绿素的合成,综合不同物候期叶片 Mg 含量变化,试验表明,该节位叶片在展叶期已发育成为成熟的功能叶,随着物候期变化,板栗树体各器官对 Mg 营养的需求长期处于稳定状态。

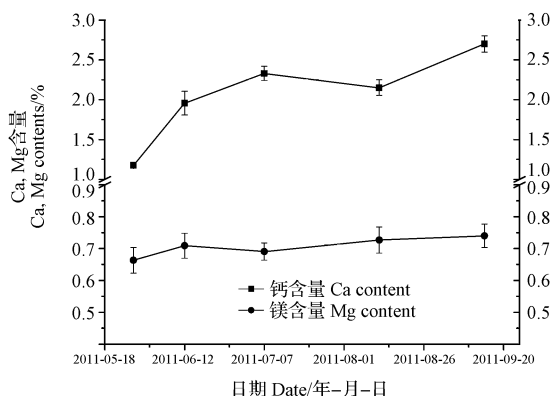


图 2 不同物候期板栗结果枝叶片 Ca、Mg 含量的动态变化

Fig. 2 Dynamic changes of Ca, Mg contents in leaves with phenological period

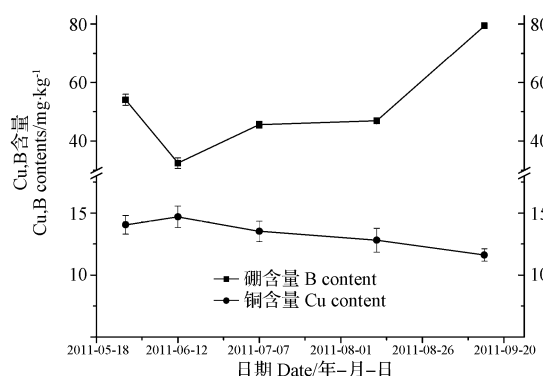
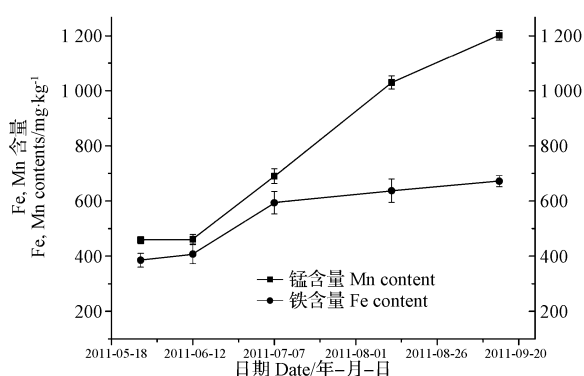


图 3 不同物候期板栗结果枝叶片 Cu、B、Mn、Fe 含量的动态变化

Fig. 3 Dynamic changes of Cu, B, Mn, Fe contents in leaves with phenological period

## 2.3 不同物候期板栗结果枝叶片 Fe、Cu、Mn、B 含量的动态变化

由图 3 可知,板栗进入开花授粉期,叶片 B 含量急剧下降,这与 B 参与花粉萌发和花粉管生长、消耗了树体大量 B 营养密切相关。进入果实发育期,坐果期 B 含量呈上升趋势,在果实膨大期 B 含量迅速升高,而且升幅较大。有学者认为 B 能增强板栗叶片的光合强度,但需做进一步研究证明<sup>[11]</sup>。板栗叶片 Cu 含量较低,不同物候期结果枝叶片 Cu 含量变化趋势与 B 相反,在开花授粉期 Cu 含量呈上升趋势;进入果实发育期, Cu 含量不断降低。由图 3 还可知,叶片 Fe、Mn 含量的变化趋势相似,在开花授粉期, Fe、Mn 含量缓慢升高,进入果实发育期, Fe、Mn 含量迅速升高。果实发育期间板栗结果枝需要完成许多生理过程,如果实发育、花芽生理分化等,需要结果枝叶片提供营养,因此该时期结果枝叶片负荷加重。微量元素 Fe、Mn 均直接参与叶片的光合作用,结果枝叶片保持较高的 Fe、Mn 含量,对于提高叶片光合作用进而保证生长发育的正常进行有重要作用。



## 2.4 不同物候期板栗结果枝叶片主要矿质元素相关性分析

由表 3 可知, N 含量与 P 含量变化达到极显著正相关; N、P、K 含量与 Ca 含量变化均达到显著负相关; K 含量与 Mg 含量变化呈极显著负相关; Fe 含量与 Cu 含量

变化达到显著负相关,与 Mn 含量变化达到显著正相关; Cu 含量与 Mn 含量变化达到极显著负相关;其它矿质元素之间存在正相关或负相关关系,但均未达到显著水平。试验表明,不同物候期板栗结果枝叶片主要矿质元素处于拮抗和协同的动态平衡。

表 3 不同物候期板栗叶片主要矿质元素相关性分析

Table 3 Correlation analysis of main mineral elements contents in leaves with phenological period

元素 Elements	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	B
N	1								
P	0.980 **	1							
K	0.765	0.651	1						
Ca	-0.925 *	-0.883 *	-0.907 *	1					
Mg	-0.635	-0.504	-0.982 **	0.832	1				
Fe	-0.785	-0.763	-0.814	0.854	0.738	1			
Cu	0.730	0.653	0.773	-0.698	-0.693	-0.884 *	1		
Mn	-0.696	-0.608	-0.874	0.768	0.829	0.930 *	-0.963 **	1	
B	-0.591	-0.508	-0.447	0.394	0.374	0.544	-0.858	0.702	1

注: \*\* 表示在 1% 水平(双侧)上显著相关; \* 表示在 5% 水平(双侧)上显著相关。

Note: \*\* indicates correlation coefficient is significant at 1% level (bilateral); \* indicates correlation coefficient is significant at 5% level (bilateral).



### 3 讨论与结论

N 是板栗树体内蛋白质、核酸等生长发育基础物质的重要组成部分,也是叶绿素的组成元素,在花原基分化期施加氮肥能增加结果枝糖分的供应,有利于雌花形成<sup>[12]</sup>;P 对调控板栗营养生长和生殖生长有重要作用,结果母枝含 P 量与雌花数量呈显著正相关<sup>[13]</sup>,增施磷肥对板栗雌花形成有明显的促进作用<sup>[14-15]</sup>;K 对板栗雌花分化的影响不显著<sup>[16]</sup>,但能促进果实膨大和成熟,提高板栗品质<sup>[17]</sup>。板栗对 N 的吸收从萌芽开始,在果实膨大期吸收最多;从开花后至 9 月下旬,P 的吸收量较稳定;在开花前 K 的吸收量很少,开花后迅速增加,果实膨大期达到高峰<sup>[7]</sup>。试验表明,板栗结果枝叶片 N、P、K 含量随物候期均呈下降趋势,尤其是开花授粉期和果实膨大期,叶片 N、P、K 含量急剧下降,在这 2 个时期板栗雌花或果实中 N、P、K 含量均有上升的趋势<sup>[18]</sup>,果实中淀粉、总糖在膨大期大量积累<sup>[10]</sup>,应提前在这 2 个时期土壤追施氮磷钾肥料,及时补充树体营养。试验还表明,板栗在坐果期对 N、P 需求量仍较大,坐果期适当追施 N、P 营养元素,可有效减少生理落果。因此在开花授粉期加大追肥量,既能减少追肥次数,又能满足授粉期和坐果期树体对 N、P 养分的需求<sup>[19]</sup>。

试验发现,从展叶期到膨大期,叶片 Fe、Mn 含量一直呈上升趋势,表明板栗整个生长季都需要充足的 Fe、Mn 营养,尤其在果实发育后期要适当补充 Fe、Mn 元素,最大限度延长叶片的光合时间,为花芽分化和果实膨大提供营养<sup>[20]</sup>。B 对花粉萌发和花粉管生长有促进作用,而且板栗花粉萌发需硼浓度比其它果树高,若板栗树体或土壤缺 B,将导致板栗授粉受精不良,出现空苞<sup>[21-22]</sup>。Cu 元素有促进花器官分化的作用<sup>[23]</sup>,板栗雄花原基在 6 月上旬开始分化,以 6 月下旬至 8 月下旬最盛<sup>[7]</sup>,在果实发育期间叶片 Cu 含量表现为下降趋势,但叶片 Cu 含量与雄花序数量之间的关系有待进一步研究。

$\text{Ca}^{2+}$  不仅是果树生长发育所必需的大量元素,也是偶联胞外信号与胞内生理变化的第 2 信使<sup>[24]</sup>。板栗开花具有明显的季节性,树体只有受到适宜的外界刺激才能开花,而叶片是感受外界刺激最重要的部位,叶片 Ca 含量升高有利于结果枝叶片感受刺激后进行信号传导,保证雌雄花发育的正常进行。 $\text{Ca}^{2+}$  还有调控花粉管定向生长的作用,是花柱基质中引导花粉管生长的重要矿质元素<sup>[25]</sup>。此外, $\text{Ca}^{2+}$  可以增大叶片的光合作用效率,提高气孔导度,减弱气孔性因素对光合作用的限制<sup>[26]</sup>,幼果期果实干物质积累较少,叶片受到光合产物的反馈抑制,Ca 含量降低;进入膨大期,果实干物质迅速积累,与着生果实节位的叶片有较强的库-源关系,导致叶片 Ca 含量迅速升高,以满足果实对光合产物的需求。因此

在开花授粉期和膨大期应预防树体缺 Ca,保证授粉受精和干物质积累的正常进行。

叶片主要矿质元素之间存在复杂的协同和拮抗作用,这种作用也随树种和取样部位的不同而改变,树种不同,对矿质元素的吸收、利用、分配不同;同一树种,取样部位不同,元素间相互作用也会有差异。在该试验中,由相关分析可以看出,N、P、K 之间存在协同作用,N、P、K 与 Ca 存在拮抗作用,这与郑瑞杰等<sup>[5]</sup>对日本栗营养枝叶片的研究结果一致;另一方面,这可能与板栗的生长习性有关,有研究资料表明,板栗在 Ca 含量高的环境中生长不良。K 与 Mg 存在拮抗作用,这与前人<sup>[5]</sup>对板栗营养枝的研究结论相反。Fe 与 Mn 存在协同作用,宋艳波等<sup>[19]</sup>对枣树叶片的研 究也得出相同的结论;Cu 与 Fe、Mn 存在拮抗作用,李宁等<sup>[27]</sup>对榛子叶片的研究结果表明,Cu 与 Mn 存在拮抗作用,但在 K 与 Mn 相互关系的研究上与该试验得出相反的结论。因此,在生产中应综合考虑各种矿质元素在土壤和栗树体内的相互作用,合理配方施肥,充分发挥元素间的协同作用,达到增产增收的目的。

植物对营养元素的吸收分配在时间上存在差异。综合叶片主要矿质元素含量在不同物候期的动态变化,试验表明,板栗结果枝叶片主要矿质元素在幼果期(7 月 7 日至 8 月 12 日)变化较缓慢。叶片矿质元素分析是果树营养诊断的重要手段,在营养诊断时,必须在树体养分变化相对平缓的时期进行。该试验对板栗结果枝叶片的研究结果表明,幼果期(7 月 7 日至 8 月 12 日)为板栗“3113”树体营养诊断期,这与林莉<sup>[28]</sup>、盖素芬等<sup>[29]</sup>研究得出的板栗营养诊断期(7 月中旬至 8 月中旬)大致相同,并发现幼果期叶片主要矿质元素含量均高于林莉、盖素芬等提出的板栗叶片矿质营养元素含量诊断标准,初步诊断结果表明该栗园养分供应状况基本正常。

因此,综合不同物候期板栗对矿质营养的需求情况,开花授粉期和果实膨大期是板栗树体需肥量较多的时期,在生产中应根据树体生长发育进程及时补充树体所需营养元素,既能保证板栗的当年产量,又能避免大小年的发生。建议在 5 月下旬追施 Ca、B 复合肥,在 6 月上旬追施 N、P、K、Cu 复合肥,在 8 月下旬追施 N、P、K 复合肥和 Fe、Mn 微肥,考虑到元素间的协同和拮抗作用,Fe、Mn 微肥和 N、P、K 复合肥应分别追施。该试验只是从浅层次上研究了板栗结果枝叶片主要矿质元素的动态变化规律,而且难免受到病虫害、土壤营养状况、气候等因素的影响,为得到更加确切详细数据,需要延长试验年份做进一步的研究。

### 参考文献

- [1] 李合生. 现代植物生理学[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,2006: 171-188.

- [2] 丁宝堂. 京东板栗新品种[J]. 河北果树, 2003(6):28-29.
- [3] 曹均, 吴姬, 赵小蓉, 等. 京东板栗叶片主要矿质营养元素含量及其变化特征[J]. 华北农学报, 2009, 24(增刊):205-207.
- [4] 刘广平. 板栗叶片中氮、磷、钾年周期变化规律研究[J]. 辽宁林业科技, 2004(5):20-21.
- [5] 郑瑞杰, 王德永, 雷鸣. 日本栗叶片矿质营养元素含量年动态变化的研究[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(4):14-17.
- [6] 全国农业技术推广服务中心. 北方果树测土配方施肥技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011:74-75.
- [7] 张铁如. 板栗无公害高效栽培[M]. 北京: 金盾出版社, 2004:26-30, 89-92.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000:268-280.
- [9] 张福锁. 测土配方施肥技术要览[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2006:82-83.
- [10] 陈在新, 潘娟, 江道菊. 不同成熟期板栗品种(系)种子发育期主要营养物质与内源激素含量的动态变化[J]. 林业科学, 2011, 47(1):73-78.
- [11] 易干军, 夏仁学, 马梦亭, 等. 施用硼锰对板栗幼苗生长和几个生理指标的影响[J]. 华中农业大学学报, 1993, 12(6):597-602.
- [12] 杨其光, 任立中, 杜国华. 植物激素和尿素对板栗性别表现的影响[J]. 林业科学, 1982, 18(3):323-328.
- [13] 黄宏文, 张力田, 卢瑛, 等. 磷对板栗结实性能及产量的影响[J]. 园艺学报, 1991, 18(1):21-26.
- [14] 陈建华, 何钢, 李志辉, 等. 促进板栗雌花芽分化的研究[J]. 中南林学院学报, 2002, 22(1):27-30.
- [15] 陈顺伟, 方新高, 朱杭瑞. N、P 和调花丰产素对板栗生长及花性别调控研究[J]. 林业科学研究, 1999, 12(3):299-303.
- [16] 余建华, 陈顺伟, 朱国法. N、P、K 肥料对 2 次结实板栗生长发育影响[J]. 浙江林业科技, 2000, 20(6):1-6.
- [17] 杨晴, 吴桂军, 张京政, 等. 不同肥料对板栗营养品质的影响[J]. 经济林研究, 2007, 25(4):34-37.
- [18] 刘广平. 栗树果实发育过程中 N、P、K 含量变化的研究[J]. 经济林研究, 2003, 23(1):50-51.
- [19] 郝荣庭. 果树栽培学总论 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000:216-217.
- [20] 宋艳波, 杨佩芳, 李六林, 等. 枣树年周期中叶片矿质元素含量动态变化及其相关性研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2006(4):340-341.
- [21] 王姝清, 孙润仓, 狄增超. 喷施硼肥对降低板栗空苞率的研究[J]. 西北林学院学报, 1990, 5(4):71-75.
- [22] 周志祥. 中国板栗空苞形成机理研究进展[J]. 中南林学院学报, 1999, 19(3):73-77.
- [23] 郑鹤龄. 微量元素营养诊断[M]. 天津: 天津科技翻译出版公司, 2010:11-12.
- [24] Sun D, Tang W, Ma L. Extracellular calmodulin: A polypeptide signal in plants [J]. Science in China, Series C: Life Sciences, 2001, 44(5):449-460.
- [25] Lenartowska M, Bednarska E, Butowt R.  $Ca^{2+}$  in the pistil of *Petunia hybrida* Hort during growth of the pollen tube-cytochemical and radiographic studies [J]. Acta Biologica Cracoviensia, 1997, 39:79-89.
- [26] 王雪, 尹增芳, 马清滢, 等. 外源  $Ca^{2+}$  对南林 895 杨扦插苗光合作用及生长的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2010, 34(6):23-27.
- [27] 李宁, 苏淑钗, 井森, 等. 榛子叶片内矿质营养元素的动态变化[J]. 浙江农业学报, 2011, 23(2):309-312.
- [28] 林莉. 板栗矿质营养与施肥研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2004.
- [29] 盖素芬, 白云松, 陈喜忠, 等. 辽东地区栗树叶片营养诊断技术研究[J]. 土壤通报, 1997, 28(2):91-93.

## Study on the Characteristic of Mineral Elements in Leaves on Fruiting Branches of *Castanea mollissima* B L.

LI Guang-hui, GUO Su-juan, XIONG Huan, LV Wen-jun

(Beijing Forestry University, Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing 100083)

**Abstract:** With *Castanea mollissima* '3113' as experimental materials, the dynamic changes and their correlation of the mineral nutrition contents in leaves on fruiting branches with phonological period were studied, with the aim to provide reference for nutrition diagnosis and fertilization. The results showed that with phonological period, contents of N, P, K generally decreased, however, contents of Ca, Fe, Mn gradually increased. Content of B was low during the stage of anthesis and pollination, then increased with phonological period, and compared with B element, content of Cu showed the opposite variation tendency. Besides that, content of Mg changed slightly with phonological period. With phonological period, there were significant positive correlations between N and P, Fe and Mn. N, P, K had significant negative correlations with Ca, and significant negative correlations also existed between K and Mg, as well as Fe, Mn and Cu. During the periods of anthesis and fruit expanding, the tree required more nutrition. Based on the results, Ca, B compound fertilizer and N, P, K, Cu compound fertilizer should be applied respectively in late May and in early June; in late August N, P, K compound fertilizer and Fe, Mn micronutrient fertilizer were indispensable, however, the antagonism between elements should be taken into consideration. Young fruit period was a time for nutrition diagnosis, during which main mineral elements contents changed slightly.

**Key words:** *Castanea mollissima* B L.; phonological period; mineral elements; antagonism; nutrition diagnosis