

# 板栗授粉受精与结果枝叶片营养的关系

吕文君 郭素娟\* 李广会 熊欢

(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“燕山早丰”板栗为试材,在授粉受精期间采集结果枝叶片,测定营养物质含量,以期探明板栗授粉受精的营养基础。结果表明:板栗授粉受精期间除P以外,结果枝叶片内可溶性糖、淀粉、C/N、N、K、Ca、Mg、Fe、B的含量变化显著,且存在一定相关性。(1)可溶性糖、淀粉、C/N在授粉前期增加,之后逐渐下降;(2)N和K含量在授粉前期保持稳定,之后逐渐下降,其中K降幅较大;Ca、Mg含量均呈现降-增-降的变化趋势;Fe、B含量在授粉前期呈增加趋势,之后大幅下降;(3)N、K、Fe、B营养元素彼此间存在协同作用,而Ca、Mg对上述元素存在拮抗作用。因此,板栗授粉受精期间需要N、K、Ca、Mg、Fe、B,在盛花期及时施肥,但应考虑元素间的相互作用。

**关键词:**板栗;授粉受精;结果枝;叶片;营养

中图分类号:S664.2 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2012)05-0960-05

## Correlation between Nutrition Materials in Leaves of Bearing Shoot during Pollination and Fertilization of Chestnut

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

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

**Abstract:** The changes of mineral nutrition, soluble sugar, starch, carbon and nitrogen ratio in leaves of bearing shoot of chestnut during pollination and fertilization were examined. The result showed that the contents of soluble sugar, starch, carbon and nitrogen ratio, nitrogen, potassium, calcium, magnesium, iron and boron during pollination and fertilization showed significant differences. However, the content of phosphorus showed no significant difference. The contents of soluble sugar, starch, carbon and nitrogen ratio increased in the early time after pollination, and then decreased gradually. The contents of potassium and nitrogen remained at a stable level in the early stage and then continued to decline. The changes in calcium and magnesium contents showed the same trend, both of them decreased at the early stage of pollination and fertilization, then it gradually rose to a higher level. After fertilization, it began to decline. The contents of iron and boron rose at the early stage during pollination and fertilization and then began to increase. There existed correlation among the nutrients. Nitrogen, potassium, iron and boron had synergistic effect on each other. Calcium and magnesium had antagonistic effect on them. It could be concluded that nitrogen, potassium, calcium, magnesium, iron and boron were needed during pollination and fertilization. So timely fertilization in the flowering stage is necessary, but the interaction between the elements should be taken into account.

收稿日期:2012-03-07 修回日期:2012-06-17

基金项目:985 森林培育科技创新平台开放基金(000-1108004)和国家“十一五”科技支撑专项(2006BAD18B02)

作者简介:吕文君(1988—),女,硕士,主要从事经济林方面的研究,E-mail:lvluolan320@126.com;\* 通讯作者:郭素娟,教授,博士生导师,E-mail:gwangzs@263.net。

**Key words:** chestnut; pollination and fertilization; bearing shoot leaves; nutrition

板栗(*Castanea mollissima* Bl.)是我国特有的优良干果树种,被列为我国《2008-2020 粮食安全中长期规划》大力发展的树种,兼具森林3大功能,具有广阔的发展前景<sup>[1-2]</sup>。目前板栗发展很快,我国板栗面积210万 $\text{hm}^2$ ,但单位面积产量较低。而授粉受精是板栗产量形成的关键环节,授粉受精不良的板栗树,落果和空苞现象严重<sup>[3-5]</sup>。板栗树要完成授粉受精过程,受内因外因的影响。外因主要指光照、气温、水分、风及昆虫、蜜蜂等,变动较大,不易受人为控制;内因主要指树体本身的有机营养积累,可人为进行调控。生产上通过花期喷施有机营养及矿质营养增产效果明显,但是对于板栗授粉受精整个过程营养物质变化规律的研究尚未见报道<sup>[6-8]</sup>。植物的生殖生长期,花和果实作为代谢库消耗大量营养,而结果枝叶片与花和果实存在库源关系,因此板栗授粉受精过程中结果枝叶片的营养水平能够间接反映此时的营养需求。本研究以“燕山早丰”板栗为试材,在授粉受精期间采集结果枝叶片,通过测定营养物质含量变化,以期探明板栗授粉受精的营养基础,为生产实践制定增产措施提供科学的依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

试验于河北省东北部的迁西县板栗产业研究发展中心的板栗园进行,土壤为片麻岩。燕山南麓,东经 $118^{\circ}6' \sim 118^{\circ}37'$ ,北纬 $39^{\circ}57' \sim 40^{\circ}27'$ ,属于东部季风暖温带半湿润地区。年平均气温 $10.9^{\circ}\text{C}$ ,最冷月平均气温 $-6.5^{\circ}\text{C}$ ,最热月平均气温 $25.4^{\circ}\text{C}$ 。年平均降水量744.7 mm,其中5—10月降雨量657.6 mm,占全年降水量的88%。年平均相对湿度59%,年平均无霜期176 d,全年日照2581.5 h,占可照时数的58%。

### 1.2 试验材料

试验材料为6a生板栗早熟品种“燕山早丰”板栗,株行距 $3\text{ m} \times 4\text{ m}$ ,树势中等,常规管理。选取其中树势一致无病虫害、结果正常的板栗树进行试验。

### 1.3 试验方法

在板栗试验园内选择树体生长和开花结实状况基本一致的试验树,试验采用随机区组设计,单株小区,3次重复。依据许慧玲等人<sup>[9-12]</sup>对板栗授粉受精进程的研究,分别于6月11日、6月16日、6月21日、6月26日、7月1日,选择树冠外围东南西北不同方位长势中庸的结果枝,截取混合花序着生部位的成熟叶片,每株树采叶10片。用冰盒带回实验室, $105^{\circ}\text{C}$ 杀青15 min, $70^{\circ}\text{C}$ 烘干,用于测定大量元素、中量元素、微量元素、可溶性糖、淀粉含量和碳氮比。

### 1.4 测定方法

矿质元素的测定均参照鲍士旦<sup>[13]</sup>的方法,测定大量元素(N、P、K)含量的叶片样品用 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ 联合消煮液消煮,氮含量测定用全自动凯氏定氮法,磷含量测定用钼锑抗比色法,钾含量测定用原子吸收分光光度法。

测定中量元素(Ca、Mg)含量的叶片用 $\text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$ 联合消煮液消煮,采用原子吸收分光光度法进行测定。

测定微量元素(Fe、B)的叶片样品用 $\text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$ 联合消煮液消煮,硼含量测定用甲亚胺-H酸比色法,铁的测定用原子吸收分光光度法。

碳氮比的测定参照米海莉<sup>[14]</sup>和陈炫<sup>[15]</sup>的方法, $C = \text{可溶性糖} + \text{淀粉}$ ;  $C/N = \text{全碳}/\text{全氮}$ 。

可溶性糖和淀粉的测定采用蒽酮比色法,参照常强等人<sup>[16-17]</sup>的方法。

### 1.5 数据分析

试验结果用Office Excel和Spss18.0软件进行统计分析,邓肯新复极差法检验显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 板栗授粉受精过程中营养物质含量变化

2.1.1 板栗授粉受精过程中碳水化合物含量变化 本试验对板栗授粉受精过程中结果枝叶片中碳水

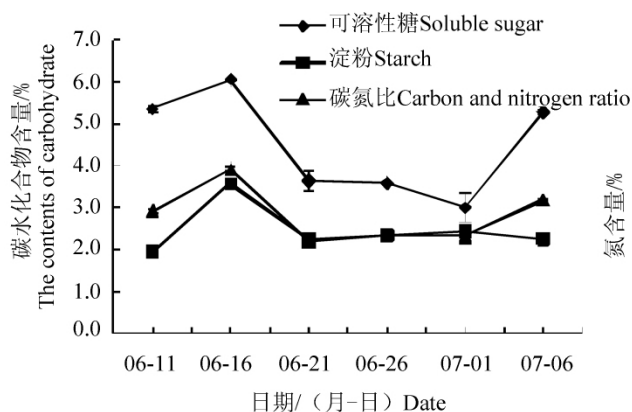


图 1 结果枝叶片中碳水化合物含量动态变化

Fig. 1 Dynamics of carbohydrate content in leaves of bearing shoots

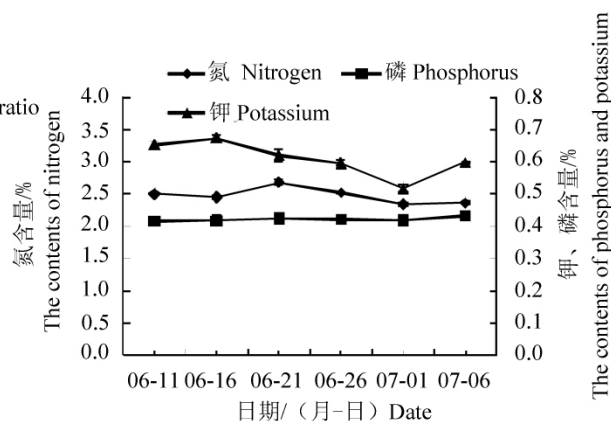


图 2 结果枝叶片中大量元素含量动态变化

Fig. 2 Dynamics of major mineral elements content in leaves of bearing shoot

化合物含量动态变化进行了测定(图1)。可溶性糖和淀粉含量的变化趋势相似,在授粉受精期间均呈现先增后降,之后平稳变化,受精作用完成后,可溶性糖含量有所回升,而淀粉含量始终保持稳定。淀粉作为可溶性糖的储存形式,其含量受光合作用产物收支平衡的影响。

2.1.2 板栗授粉受精过程中 C/N 变化 C/N 是衡量叶片光合产物分配方向的重要指标,板栗授粉受精过程中结果枝叶片中 C/N 变化如图 1 所示,其变化趋势与可溶性糖和淀粉的变化趋势基本相似,授粉前期有所增加,之后逐渐下降,并稳定在一个较低的水平,受精作用结束后又回升到授粉前的水平。因此,板栗授粉受精过程可能需要较低的 C/N。

2.1.3 板栗授粉受精过程中矿质营养含量变化 授粉受精期间,除了 P 以外,结果枝叶片内 N、K、Ca、Mg、Fe、B 含量随时间变化的差异性均达到了显著水平,说明板栗对这 6 种营养元素的吸收分配在时间上的差异极显著,其变化如图 2、图 3 和图 4。(1) 板栗授粉受精过程大量元素含量变化。大量元素的变化如图 2。结果枝叶片中 N 含量在授粉前期有所增加,之后缓慢下降,受精作用结束后保持稳定;整个过程中 P 含量随时间变化未达显著性水平;K 含量表现出与可溶性糖和 N 相似的变化趋势,授粉前期增加,之后逐渐下降,待到受精作用结束后又开始增加。

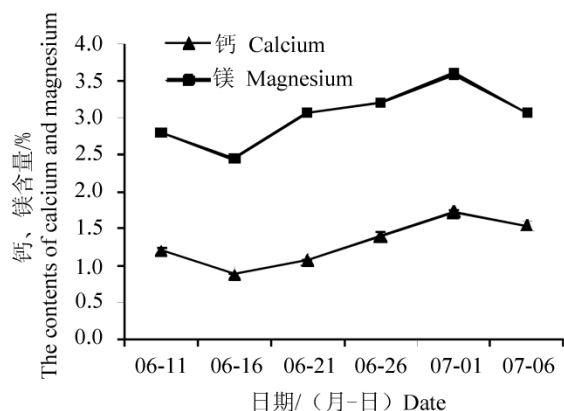


图 3 结果枝叶片中量元素含量动态变化

Fig. 3 Dynamics of medium mineral elements content in leaves of bearing shoot

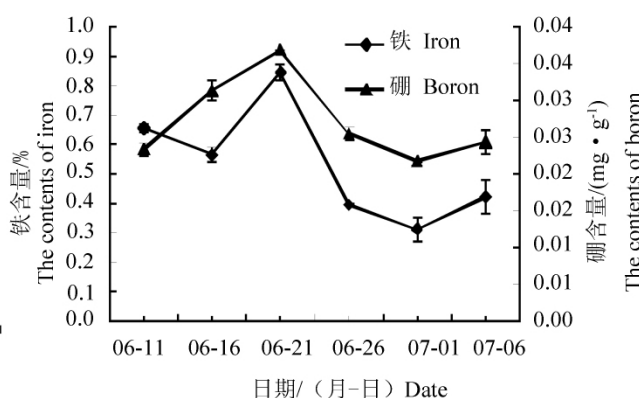


图 4 结果枝叶片中微量元素含量动态变化

Fig. 4 Dynamics of micro mineral elements content in leaves of bearing shoot

(2) 板栗授粉受精过程中量元素含量变化。结果枝叶片中 Ca 和 Mg 的变化趋势相同(图 3),且与 K 和可溶性糖的变化趋势相反,呈现降-增-降的变化趋势。授粉前期降低,之后大幅下降,受精作用结束后又有所回升。

(3) 板栗授粉受精过程中微量元素含量变化。Fe 和 B(图 4)的变化趋势相似,表现出增-降-增的变化趋势,授粉前期二者含量增加,之后大幅降低,受精作用结束后又开始缓慢增加。

## 2.2 各种营养物质含量的相关性分析

表1 结果枝叶片中各种营养物质间的相关性

Tab.1 The correlation coefficients of nutrition material in the leaves of bearing shoot

营养物质 Nutrition material	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	可溶性糖 Soluble sugar	淀粉 Starch
P	-0.015								
K	0.451	-0.25							
Ca	-0.58 <sup>9*</sup>	0.151	-0.872 <sup>**</sup>						
Mg	-0.219	0.159	-0.938 <sup>**</sup>	0.856 <sup>**</sup>					
Fe	0.800 <sup>**</sup>	-0.109	0.642 <sup>**</sup>	-0.719 <sup>**</sup>	-0.479 <sup>*</sup>				
B	0.742 <sup>**</sup>	-0.045	0.478 <sup>*</sup>	-0.738 <sup>**</sup>	-0.399	0.744 <sup>**</sup>			
可溶性糖 Soluble sugar	-0.148	-0.039	0.758 <sup>**</sup>	-0.542 <sup>*</sup>	-0.878 <sup>**</sup>	0.213	0.060		
淀粉 Starch	-0.017	-0.102	0.322	-0.491 <sup>*</sup>	-0.533 <sup>*</sup>	-0.082	0.324	0.415	
C/N	-0.354	-0.055	0.600 <sup>**</sup>	-0.468	-0.804 <sup>**</sup>	-0.011	0.029	0.926 <sup>**</sup>	0.686 <sup>**</sup>

\* 表示5%水平上显著相关,\*\*表示1%水平上显著相关。

\* significant at 0.05 level,\*\* significant at 0.01 level.

板栗结果枝叶片中各种营养物质在授粉受精过程中的相关性分析可看出,N元素含量与Ca、Fe、B 3种元素含量变化均达到显著或极显著相关,其中,与Fe、B元素含量变化达到极显著正相关,与Ca元素含量变化呈显著负相关;P元素含量与各种营养物质含量变化均未达显著水平;K元素与Ca、Mg含量变化呈极显著负相关,与Fe、可溶性糖以及碳氮比含量变化呈极显著正相关,与B的含量变化呈显著正相关,具体相关系数见表1。Ca元素含量与Mg、Fe、B、可溶性糖、淀粉的含量变化均达到显著或极显著相关,其中与Mg含量变化呈极显著正相关,与Fe、B含量变化呈极显著负相关,与可溶性糖、淀粉含量变化呈显著负相关。Mg与Fe、可溶性糖、淀粉及碳氮比含量变化均呈现显著或极显著负相关。Fe元素含量变化与B元素含量变化呈显著正相关。可溶性糖、淀粉含量变化均与碳氮比变化呈极显著正相关。其他各种营养物质间相关性均不显著。因此可以认为:N、K、Fe、B这4种营养元素彼此间存在协同作用,而Ca、Mg对它们4种元素均存在拮抗作用。

## 3 结论与讨论

授粉受精是一个复杂的过程,需要大量的营养物质<sup>[18-22]</sup>。碳水化合物在植物中不仅用于能量的代谢,同时还作为信号分子调控植物的生长和发育<sup>[23]</sup>。N、Fe、Mg元素与植物的光合作用密切相关,P和K参与碳水化合物的代谢和运输,B和Ca是花粉萌发和花粉管伸长不可缺少的元素。根据前人<sup>[9-12]</sup>对板栗授粉受精进程的研究,授粉前期花粉萌发并贯穿柱头,之后花粉管在花柱内生长到达胚珠,并完成双受精作用。试验结果显示,可溶性糖、淀粉、K、B、N在花粉萌发前期增加,之后逐渐降低,B和N的下降晚于其它营养物质。其中K的变化与马建军<sup>[20]</sup>在葡萄上的研究一致。有研究发现,花粉本身含有丰富的营养物质<sup>[24]</sup>,可能前期花粉萌发需要营养较少,花粉本身所含的可溶性糖、淀粉、K、B、N能够满足其自身萌发的需要,不需要从叶片获取,所以叶片中的含量增加。随着花粉管在花柱内的生长及双受精作用开始,可能需要消耗大量的营养物质,叶片中的可溶性糖、淀粉、K、B、N下降。B和N的下降晚于其它营养物质,可能是花粉中含量差异的结果,也有可能是树体本身含量的差异造成的。据报道,B对板栗授粉受精有促进作用,可提高其坐果、减少其空苞发生,在初花期、盛花期及落花期三个时期同时喷施硼肥均能够显著降低空苞,且效果相对喷施一次效果较好<sup>[6-8]</sup>,根据本研究的结果,B可能是通过参与并促进花粉萌发、花粉管伸长及双受精作用来调节坐果率。Ca、Mg变化趋势相同,均是在授粉前期降低,之后大幅增加。有研究表明<sup>[26]</sup>,Mg能够促进花粉萌发,前期Mg含量降低可能是因为花粉萌发需要消耗大量的Mg。Ca不同于Mg,属于不能转移和再度利用的营养元素,研究表明Ca有利于同化产物的运输,缺Ca时同化产物在叶中相对累积,移动率下降<sup>[28]</sup>,授粉受精期间叶片中Ca含量的增加,可能是保证叶片中同化产物向雌花中运输,间接参与授粉受精过程。Fe在整个授粉受精过程中呈现出降-增-降的变化趋势,Fe属于不能再度利用的营养元素,有研究表明,Fe<sup>3+</sup>与Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>之间存在阳离子

的竞争作用<sup>[25]</sup> 其含量变化可能是各种离子间相互作用的结果,与板栗授粉受精的关系,还有待进一步研究。P 含量在整个过程中始终保持稳定,有研究<sup>[27]</sup>发现板栗花期结果枝的 P 含量显著高于营养枝和雄花枝,且高产树树体的 P 含量显著高于低产树,花期喷施磷肥能够提高坐果率<sup>[28]</sup> 因此 P 可能是有益于板栗的授粉受精的。研究发现板栗叶片中 P 元素含量高于 0.259% 时,处于 P 过量状态<sup>[18]</sup> 该研究所测定结果枝 P 含量均在 0.400% 左右。因此 P 含量之所以保持稳定可能是树体的磷过量的原因,是否与板栗的授粉受精过程有关,还需要继续研究。

各种营养物质间的相关性分析表明,N、K、Fe、B 这 4 种营养元素彼此间存在协同作用,而 Ca、Mg 对它们 4 种元素均存在拮抗作用。除了 Ca、Mg 以外,其它元素之间的相关关系和林莉<sup>[18]</sup>、郑瑞杰<sup>[19]</sup> 的研究结果相同。有研究表明 Ca、Mg 之间存在拮抗作用,也有研究表明他们之间存在协同作用,目前还没有一个定论,这可能由于品种和采样部位的差异造成的。

综上所述,可溶性糖、淀粉、K、B、N、Ca、Mg 可能参与了板栗的授粉受精过程,在盛花期要及时补充,但在施用时要考虑各种元素之间的相互作用。Fe 和 P 与板栗受精的关系较为复杂,还需进一步研究。

#### 参考文献:

- [1]张宇和 柳 鉴 梁维坚,等.中国果树志(板栗棒子卷) [M].北京:中国林业出版社,2005:11-13.
- [2]蔡荣,魏佳花,祁春节.板栗产业发展现状、问题与对策[J].北方果树,2007(4):1-3.
- [3]夏仁学,马梦亭.板栗空苞形成因子的研究: I 授粉受精对板栗空苞的影响[J].华中农业大学学报,1989,8(3):242-247.
- [4]周志翔.板栗空苞形成与调节的生理机制研究[D].武汉:华中农业大学,1999.
- [5]姚家琳,夏仁学,马梦亭,等.板栗空苞形成因子的研究: II 板栗空苞的胚胎学[J].华中农业大学学报,1989,8(3):248-253.
- [6]朱小强,叶有才.板栗空苞防治试验研究[J].林业科技,2007,32(5):63-64.
- [7]王兴壮,王天良,李洋,等.硼对台江红油大板栗空苞率的影响[J].黔东南民族职业技术学院学报,2010,6(2):15-18.
- [8]Slavko P, Patrick H B, Joseph H C. Foliar boron application improves flower fertility and fruit set of olive[J]. Hortscience, 2001, 36(4): 714-716.
- [9]Masahiro N. Fertilization on in vitro growth of ovules in Japanese chestnut[J]. J Japan Soc Hort Sci, 2003, 72(6):482-487.
- [10]Masahiro N. Pollen tube growth and fertilization in Japanese chestnut[J]. J Japan Soc Hort Sci, 2003, 70(5):561-566.
- [11]许慧玲,曹慧娟,李天庆.板栗的胚胎学研究( I ) 胚珠、胚囊发育、受精和胚发生[J].北林学报,1998,10(1):11-16.
- [12]林翠翠.中国板栗花粉管生长及其机理研究[D].昆明:西南林学院,2008.
- [13]鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2005:242-282.
- [14]米海莉,许兴,李树华.水分胁迫对牛心朴子、甘草叶片色素、可溶性糖、淀粉含量及碳氮比的影响[J].西北植物学报,2004,24(10):1816-1821.
- [15]陈炫,陶忠良,吴志祥,等.多效唑+乙烯利对妃子笑荔枝内源激素及碳氮营养的影响[J].江西农业大学学报,2012,34(1):27-33.
- [16]常强.龙眼反季节成花诱导与碳氮营养的关系研究[D].福州:福建农林大学,2010.
- [17]赖晓莲,郭圣茂,曾黎明,等.构树叶中几种内含物含量的季节变化研究[J].江西农业大学学报,2010,32(6):1180-1183.
- [18]林莉.板栗矿质营养与施肥研究[D].北京:北京林业大学,2004.
- [19]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.
- [20]马建军,王同坤,齐永顺,等.赤霞珠葡萄生长期矿质营养元素的含量变化[J].河北科技师范学院学报,2007,21(1):8-12.
- [21]关军锋,马智宏,张华,等.授粉受精状况与苹果子房发育和 Ca、Mg、K 水平的关系[J].华北农学报,2000(15):139-144.
- [22]曹庆昌,王乐乐,曹均,等.燕山板栗钙、镁、硼、锌施肥效果的研究[J].北方园艺,2011(9):37-40.
- [23]Kochk E. Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development[J]. Curr Opin Plant Biol, 2004, 7: 235-246.
- [24]张丽华.夏玉米花丝和穗轴有机营养和矿质养分变化规律的研究[D].河北:河北农业大学,2002.
- [25]史瑞和.植物营养原理[M].南京:江苏科学技术出版社,1989:248-256.
- [26]柴梦颖.梨不同品种授粉坐果率与其内源激素的关系[D].南京:南京农业大学,2005.
- [27]陈在新,李昌同,艾继洲,等.板栗高产的矿质营养基础[J].湖北农学院学报,1994,14(3):36-39.
- [28]黄勤妮,杜桂森,李增彬,等.北京地区板栗增产的矿质营养分析[J].北京师范大学学报,1991,2(4):78-81.