

# 小豆花器官分化对花荚形成及脱落的影响

刘 明<sup>1</sup>,姜雪梅<sup>2</sup>,张月辰<sup>1\*</sup>

(1. 河北农业大学 农学院,河北 保定 071001; 2. 河北农业大学 现代科技学院,河北 保定 071001)

**摘要:** 通过对小豆全株各叶位腋芽的整体解剖观察,结合田间花荚形成及脱落情况调查,探讨了花器官分化对小豆花荚形成及脱落的影响。结果表明:小豆开花的次序遵循小花原基出现的先后顺序依次进行,开花次序按从内而外依次开放,以不同节位小花原基首现位置从内而外依次划定内外圈,同一圈的小花经历分化的时间不同但也有可能同时开放,第4圈开花数最多;每朵小花的花萼生长速度不同,差异较大;同一分枝前一节位比后一节位相同花位花萼生长速度慢的小花,有的花药变黄却不能开放;苞片腋芽多数是花芽,芽的发育速度很慢,其着生部位多集中在主茎的中上部或多节分枝的中部或中上部,苞片腋芽形成的花序现蕾、开花数量明显高于结荚数量,这对一级分枝和主茎一级花序的营养吸收造成很大的影响。因此,田间应及时采取有效措施控制苞片腋芽花序的发育。

**关键词:** 小豆;花器官分化;花荚形成;脱落

**中图分类号:** S521.01      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2015)07-0039-04

## Effect of Adzuki Bean Immature Flowers' Differentiating Process on the Law of Flower Pod Formation and Abscission

LIU Ming<sup>1</sup>,JIANG Xuemei<sup>2</sup>,ZHANG Yuechen<sup>1\*</sup>

(1. College of Agronomy, Agricultural University of Hebei,Baoding 071001, China;

2. College of Modern Science and Technology, Agricultural University of Hebei,Baoding 071001, China)

**Abstract:** By the anatomization of all axillary buds on the different leaf positions of the plant,combining the survey of the flower pods' forming and abscission in the field,this study discussed the effect of immature flowers' differentiating process on the flower pods' forming and abscission of adzuki bean. The results showed that the order of flowering followed the order of floret primordia of adzuki bean. Flowers opened from the inside to the out successively. Circles of inside to the and outside were delimited from the inside to the out at the first position where different nodes floret primordia appeared. Though florets differentiated at different time in the same circle,they might open at the same time, and the number of flowering in 4rd circle was maximum. Calyx of every floret had different growth speed,and the difference was big. Among florets whose calyx growth speed was slower of the same flower position of pervious node than latter node at the same branch, although some anther had became yellow,they may be unable to open. Most of bract axillary buds were flower buds. Flower bud growth speed was slow extremely,and the growth site focused on the upper part of main stem and the middle or upper part of multi-node branch. The number of inflorescence budding and flowering formatted by bract axillary bud was significantly higher than podding,which badly affected the nutrition absorption by primary branches and primary inflorescence of

收稿日期:2015-02-01  
基金项目:国家自然科学基金项目(31271653);河北农业大学大学生科技创新重点扶持计划项目(2013003)  
作者简介:刘 明(1988-),男,河北沧州人,在读硕士研究生,研究方向:作物栽培耕作与生理。  
E-mail:liuming4444@126.com  
\* 通讯作者:张月辰(1964-),男,河北沧州人,教授,博士生导师,主要从事作物栽培生理与农村区域发展研究。  
E-mail:kjzh@hebau.edu.cn

main stem. Therefore, we should take effective measures to control the development of bract axillary bud inflorescence in time in the field.

**Key words:** adzuki bean; differentiation of immature flowers; pod forming; abscission

小豆 (*Vigna angularis*) 又名“赤豆、赤小豆”<sup>[1-2]</sup>,其开花结荚习性与花荚的脱落直接影响小豆的产量。以往对小豆的研究主要集中在探讨其花芽分化过程,王庆亚等<sup>[3]</sup>通过观察小豆花芽分化过程,将小豆花芽形态分化的进程划分为未分化期、花序原基分化期、花原基分化期、萼片原基分化期、花瓣原基分化期、雄蕊和雌蕊原基分化期、雄蕊和雌蕊结构分化期 7 个时期;金文林等<sup>[4]</sup>研究了小豆的开花结荚生长发育规律;蒋陵秋等<sup>[5]</sup>细致地观察了小豆开花结荚习性;刘娟娟<sup>[6]</sup>对小豆的开花和结荚特性做了细致的研究。但从花器官分化角度探讨小豆花芽发育规律、结荚过程以及花荚脱落关系的研究较少。鉴于此,本研究从开花结荚习性与花器官分化过程的角度探讨了小豆栽培学的生长发育规律,旨在明确花序着生节位与花芽分化始期的关系、全

株花芽首现顺序与开花次序及花荚脱落次序的关系、分枝不同节位相同花位花萼生长速度的差异及其对花荚形成及脱落的影响,以及苞片腋芽花序的发育与其开花结荚的关系,为探寻小豆增花保荚方法和具体栽培措施,进而提高小豆的产量提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料和试验设计

供试材料为河北省农林科学院培育的早熟小豆品种冀红 8937,试验于 2013—2014 年在河北农业大学教学实验站进行。试验地耕层(0~20 cm)土壤基础肥力见表 1,6 月 24 日开沟穴播。行距 0.5 m,株距 0.15 m。小区面积为 6 m×2.5 m,重复 14 次。

表 1 试验地土壤基础养分含量

年份	有机质/(g/kg)	全氮/(g/kg)	速效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)	碱解氮/(mg/kg)
2013	10.26	1.15	18.41	96.77	49.7
2014	12.12	1.27	20.45	102.93	55.1

1.2 试验方法

小豆自出苗之日起,随机挂牌标记长势一致的植株 50 株,于现蕾(以肉眼可见的闭萼期幼蕾为现蕾标准<sup>[5]</sup>)当日起,随机再标记长势一致的植株 12 株,于蕾期、花期、荚期分别标记脱落部位。

1.2.1 室内观察 自出苗后 5 d 开始观察,根据每个复叶展开时间,每隔 2~3 d 于上午 8:00 至 9:00 取样 1 次,每次选择发育正常且较一致的植株 10 株,连根拔起,带回室内,将植株根部浸入冷水中,用冰块冷敷。在双目解剖镜 OLYMPUS SZX7 下做整体解剖,双目解剖镜的倍数为 10×6.5、25×1.6。镜检全株每个叶位腋芽的分化情况,并详细记载各叶位小花分化的数目、进程及各期形态特征。本试验采用姜雪梅<sup>[7]</sup>的分期方法,将花芽分化过程划分为:生长锥肥大期、花序节苞叶及支梗分化期、小花分化期、雌雄蕊发育成熟期、花器官完成期。

1.2.2 室外全株调查

1.2.2.1 开花结荚情况 开花期定株观测时间间隔 2 d,调查小豆全株开花的次序,主茎、分枝不同节位及各个花序节位的现蕾、开花数量。在定株观察的基础上,成熟期同时考查结荚部位、不同时期花的成荚率,同时在整个生育期中观测结荚习性。其中

以小豆花旗瓣半开期为开花标准<sup>[5]</sup>。

1.2.2.2 不同节位的花序 成荚前 2 d 观测 1 次,成荚后 3 d 观测 1 次,观察主茎分枝各不同节位腋芽花序节位花蕾、花及荚的脱落时间及数量,对已开的花和已形成的荚进行标记<sup>[8]</sup>。

1.3 数据处理与分析

2013 年、2014 年的试验结果表现有较强的相似性,故仅采用 2014 年的数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 小豆花序着生节位与花芽分化始期的关系

由表 2 可见,主茎一级花序节位与分枝花序节位的始花着生节位各有不同。主茎一级花序的始花节位一般多数在 7~8 节;分枝花序的始花节位比主茎一级花序的始花节位少 4 个节位左右,一般出现在第 3 节腋部混合芽的第 1、2 节上。观察发现,肥大的腋芽原基首先出现在主茎上,有的主茎与第 1 分枝基部第 1 节同时出现。

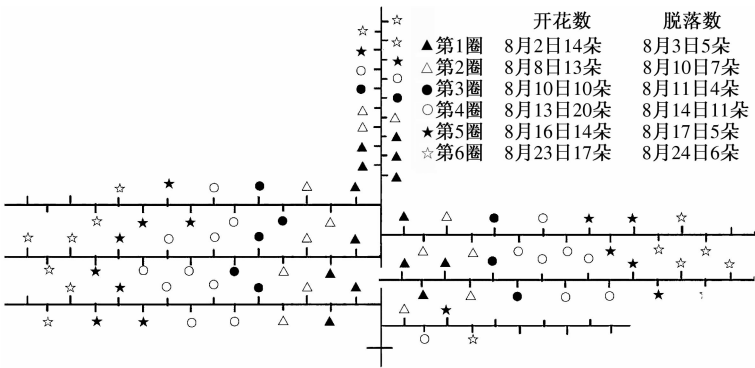
2.2 小豆全株花芽首现顺序与开花次序及花荚脱落次序的关系

依据小豆全株花芽首现的顺序<sup>[9]</sup>,将全株划分为 6 圈(图 1),平均每圈之间的开花间隔时间在 5 d

以内,开花次序从内圈向外圈开放。就整株而言,一般主茎中下部节位(6~8 节)先开花,接着是分枝上靠近主茎的花梗开放,相邻的花梗依次不断开放,其顺序为先主茎后分枝基部,然后主茎按照向上、向下

依次进行,分枝按照基部向外围依次进行。分枝末梢和主茎顶部的花梗最后开放。主茎开花虽早,但结束也较早,故开花期并不最长,而以中下部分枝延续最久,开花数最多。

表 2 小豆的始花节位											节
类别	样本										平均值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
主茎一级花序	7	7	8	7	8	7	7	8	7	7	7.3
分枝花序	3	4	5	3	4	3	3	4	3	3	3.5



图中日期以第 1 朵花在该节位开花脱落的时间为准

图 1 小豆全株开花脱落次序模式图

花荚的脱落是由内而外循序向茎尖及分枝顶部脱落,先从内圈主干基部各节开始,而后渐向外圈主干和分枝上端扩展。这种顺序与开花顺序完全一致,即先开花者先落,后开花者后落。

可见,小豆开花的次序遵循小花出现的先后顺序依次进行,不同节位相同花位的第 1 朵小花从小花原基首现开始,依据小花原基出现的时间早晚依次开花,开花次序按从内而外依次开放。主茎一级花序第 1 朵小花自下向上开放;各分枝间中部小花向基部及顶部依次开放;同节的一级分枝小花从内向外依次开放。同一圈的小花由于小花分化经历的时间不同也有可能同时开放,以第 4 圈开花数最多。开花后 1~2 d 便开始大量脱落,脱落顺序也是从内而外依次脱落。

2.3 小豆分枝不同节位相同花位花萼生长速度的差异对花荚形成及脱落的影响

每朵小花的花萼生长速度不同,差异较大。由表 3 可知,第 1 个一级分枝第 3 节位的第 1 朵小花在 8 月 8 日已达到花旗瓣半开期,而第 2 节位的第 1 朵小花仅达到膨伸期;第 6 节位第 1 朵小花达到闭萼期,而第 5 节位的花萼生长速度慢于第 6 节位第 1 朵小花;第 10 节位第 1 朵小花花萼全包小花,而第 9 节位第 1 朵小花花萼半包小花。第 2 个一级分枝与第 1 个一级分枝相同节位之间第 1 朵小花也有类似现象,且有相同节位第 2 个一级分枝第 1 朵小花比第 1 个一级分枝第 1 朵小花的花萼生长速度快

的现象出现,如第 2 个一级分枝第 7 节位第 1 朵小花花萼紧包小花,而第 1 个一级分枝第 7 节位第 1 朵小花花萼全包小花。第 3 个一级分枝不同节位相同花位花萼生长速度差异不明显。

表 3 分枝不同节位相同花位花萼生长速度的差异			
分枝节位	第 1 个一级分枝	第 2 个一级分枝	第 3 个一级分枝
1	脱落	闭萼期	花萼紧包期
2	膨伸期	花旗瓣半开期	花萼全包期
3	花旗瓣半开期	平苞期	花萼全包期
4	闭萼期	闭萼期	花萼半包期
5	花萼紧包小花	花萼紧包期	花萼全包期
6	闭萼期	花萼全包期	花萼半包期
7	花萼全包小花	花萼紧包期	花萼原基出现
8	花萼紧包小花	花萼半包期	小花苞片出现
9	花萼半包小花	花萼全包期	小花原基出现
10	花萼全包小花	花萼半包期	支梗原基出现
11	花萼原基出现	花萼原基出现	花序节苞叶出现
12	小花苞片出现	小花苞片出现	生长锥肥大期

注:以 8 月 8 日不同节位第 1 朵小花为例。

2.4 小豆苞片腋芽花序的发育与其开花结荚的关系

主茎分枝各节位每个叶腋里的花芽总苞片(芽带有 2 片张开的先出叶,形体肥厚,并经较短时间充实发育形成花序原始体,2 片先出叶形成花序总苞片)内有的又形成腋芽,这些苞片腋芽花序发育有 2 种结果:一种是混和芽将来形成枝条,而形成的这些枝条多数 2 个节位就封顶;另一种是花芽直接发育成花序。这些苞片腋芽多数是花芽,于是就出现

了有的一个节上挑着2个花序。这些芽的发育速度很慢,其着生部位多集中在主茎的中上部或多节分枝的中部或中上部。

苞片腋芽花序不同节位的现蕾、开花、结荚数量(图2)显示,苞片腋芽花序现蕾、开花数量明显高于结荚数量,但均在主茎第5节达最大值,主茎第7~11节基本上不开花,到第12~17节又有一定的现蕾数和开花数。除主茎第4、5节苞片腋芽花序能结1~2个荚外,其他各节结荚数几乎为0。可见,苞片腋芽花序混和芽或花芽的现蕾、开花数量较多,但结荚率很低。

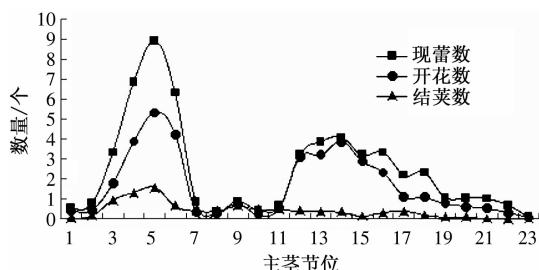


图2 小豆单株苞片花序现蕾、开花、结荚情况

### 3 结论和讨论

金文林等<sup>[10-11]</sup>认为,小豆同节的一级分枝小花从内向外依次出现。本研究中,第1朵小花从小花原基首现开始,依据小花原基出现的时间早晚依次开花,开花次序按从内而外依次开放,同一圈的小花由于小花分化经历的时间不同也有可能同时开放,以第4圈开花数最多。开花后1~2 d开始大量脱落,脱落顺序为先开花者先落,后开花者后落。

韩燕来等<sup>[12]</sup>在对小扁豆的研究中发现,每朵小花的花器覆盖物生长快慢不同,差异较大,如主茎第10节位第2个一级分枝的第1朵小花的花器覆盖物生长慢于第11节位第2个一级分枝的第1朵小花,虽然花药已经变黄,却不能开放,这种小花退化的多少与土壤肥力的高低有密切关系。本研究在观察中发现,每朵小花的花萼生长速度不同,差异较大。同一分枝前一节位比后一节位相同花位花萼生长速度慢的小花,有的花药虽变黄却不能开放,这可能也是因为营养不良造成的。因此,寻找合理调节和控制花萼生长速度的方法,有可能达到防止农作物小花退化的目的。

金文林等<sup>[11]</sup>对小豆的生长发育规律进行了研究,认为小豆叶腋里有3个芽:1个主芽,2个侧芽,通常情况下,只有中间的主芽发育成分枝,两侧的芽在特定的条件下也可以发育成分枝。上下节的副单节分枝(有的称副花序<sup>[13]</sup>)交互着生在主单节分枝左右侧。副单节分枝是由主单节分枝的前叶叶腋中

的潜伏芽发育而来<sup>[14-15]</sup>,这已在大豆上证实。

本研究结果表明,小豆主茎分枝不同节位叶腋里有1个花芽,在花序的总苞片内,部分又形成腋芽。这种苞片腋芽花序发育有2种结果:混合芽或花芽。主茎中上部一级花序的部分节上着生一长一短2个单节分枝,是苞片腋芽形成混合芽的结果,其发育速度很慢,一般仅形成2~3个节位分枝;还有部分一级花序两侧又直接着生花序,这些花序是苞片腋芽形成花芽的结果。分枝各节位上形成的二级分枝是苞片腋芽形成混合芽的结果。研究还发现,苞片腋芽形成的花序现蕾、开花数量明显高于结荚数量。这对一级分枝和主茎一级花序的营养吸收造成很大的影响,因此,田间应及时采取有效措施控制苞片腋芽花序的发育。

#### 参考文献:

- [1] 瓦维洛夫 H N. 主要栽培植物的世界起源中心[M]. 董玉深,译. 北京:农业出版社,1982.
- [2] Tomooka N, Vaughan D A, Moss H, et al. The Asian Vigna: Genus Vigna subgenus Ceratotropis genetic resources [M]. Dordrecht, Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [3] 王庆亚, 金文林. 小豆花芽分化的研究[J]. 南京农业大学学报, 1995, 18(1): 15-20.
- [4] 金文林, 冯树桐, 胡家蓬. 小豆的生长发育规律研究 V. ——分期播种条件下小豆生长后期的反应[J]. 北京农学院学报, 1989, 4(1): 20-26.
- [5] 蒋陵秋, 丁帮展, 金文林. 小豆开花结荚习性观察[J]. 江苏农业学报, 1986, 5(2): 41-44.
- [6] 刘萌娟. 小豆开花和结荚特性的研究[J]. 陕西农业科学, 1997(6): 18-21.
- [7] 姜雪梅. 小豆全株花芽分化与花萼形成及脱落关系的研究[D]. 保定:河北农业大学, 2008.
- [8] 孙名桂. 夏大豆日开花时间及蕾、花、荚脱落的观察[J]. 中国油料, 1987(3): 52-54.
- [9] 姜雪梅, 陶佩君, 柴江, 等. 红小豆花芽分化与结实率的研究[J]. 华北农学报, 2008, 23(增刊): 144-149.
- [10] 金文林, 蒋陵秋. 小豆生长发育规律的研究 IX. ——不同株型小豆花、荚分布模式[J]. 北京农学院学报, 1993, 8(1): 31-35.
- [11] 金文林, 蒋陵秋. 小豆的生长发育规律研究 VI. ——夏播小豆全株开花结荚序列性[J]. 北京农学院学报, 1989, 4(3): 42-49.
- [12] 韩燕来, 远彤, 陈锋, 等. 小扁豆花芽分化与结实率的研究[J]. 河南农业大学学报, 1999, 33(4): 403-406.
- [13] 盖钧镒. 有限与无限习性夏大豆开花结荚特性的研究[J]. 南京农业大学学报, 1984, 7(4): 6-18.
- [14] 金文林. 有限型夏大豆全株开花的序列性[J]. 中国油料, 1986(1): 43-47.
- [15] 曹大铭. 大豆结荚习性的研究——不同结荚习性大豆的主要区别与识别[J]. 作物学报, 1982, 8(2): 81-86.