

红小豆花芽分化与结实率的研究

姜雪梅, 陶佩君, 柴江, 王艳锋, 董伟欣, 张月辰

(河北农业大学 农学院, 河北 保定 071000)

摘要: 2006–2007 年对红小豆花芽分化与结实率进行了研究。结果表明: 红小豆的营养生长和生殖生长并进时间长, 花芽分化从出苗后 6 d 左右开始分化, 分化时间长, 分化小花多。小花分化进程与主茎叶片数之间具有同伸性。分枝和主茎不同叶位小花分化时期相互重叠, 不同节位相同花位和同一节位不同花位小花分化有规律的进行。同一花序节位上的小花存在高节位滞育的问题, 各节位小花脱落严重。

关键词: 红小豆; 花芽分化; 结实率

中图分类号: S521.01 文献标识码: A 文章编号: 1000–7091(2008) 增刊–0144–06

Study on Floret Bud Differentiation and Setting Percentage of Adzuki Bean

JIANG Xue-mei, TAO Pei-jun, CHAI Jiang, WANG Yan-feng, DONG Wei-xin, ZHANG Yue-chen

(College of Agronomy, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China)

Abstract: Study on floret bud differentiation and setting percentage of Adzuki bean from 2006 to 2007. The experimental results showed that Adzuki bean nutrition growth composes in reply time reproducing growth advancing together growing. The bud differentiation begins after 6 d more florets and a longer differentiation period. The blossom bud has and stretches nature between the differentiation course and the main stem blade number. Branch and main stem different leaf floret become divided period mutually overlap each other, different nodal site identical flower and the same leaf site different floret become divided have law be in progress. There exists the high nodal site is stagnant raise problem in the same upper inflorescence festival place floret, every nodal site floret abscission is grave.

Key words: Adzuki bean; Bud differentiation; Setting percentage

红小豆营养价值高, 富含蛋白质、钙、磷、铁、B 族维生素和多种氨基酸。其药用价值也高, 是一种生产潜力很大的健身食品。同时可以固氮肥田, 利用其参与轮作, 对改造中低产田、培肥地力、建立良性生态系统具有重要的意义^[1]。

近年来, 在红小豆的分布、形态、生物学特性以及引种选育等方面均有相应的研究报道, 但从红小豆花芽分化角度探讨其结实率的研究还未见报道。本研究在前人对红小豆花芽分化研究的基础上, 对红小豆的花芽分化进行了进一步的观察与研究, 以期找出限制产量提高的主要因素。

1 材料和方法

1.1 材料和试验设计

试验于 2006–2007 年在河北农业大学标本园

进行。选用河北省农科院粮油所培育的 2004 年国审品种冀红 8937 为材料。试验地施肥均等, 土质为壤土, 肥力中等, 前茬为小麦, 具备灌溉条件。机耕整地打畦, 畦长、宽为 6 m × 2.5 m, 株行距为 0.15 m × 0.5 m, 田间管理同大田。

1.2 观察方法

观测方法主要采用全株各叶位腋芽的整体解剖法, 从出苗后 5 d 开始观察, 每一个复叶展开取样一次(按天数约每隔 2~3 d), 根据定株标准, 准确测定株高, 主茎节数和复叶展开情况, 每次取苗 8 株, 选择发育正常的植株, 连根拔起, 立即带回室内, 将植株根部浸入冷水中, 用冰块冷敷。记下主茎和分枝的可见叶片数, 在双目解剖镜下镜检全株各叶位腋芽的分化, 记载各个叶位小花分化的进程和数目。各时期形态特征参照高瑞岩等^[2]用 FAA 固定部分

收稿日期: 2007–11–18

作者简介: 姜雪梅(1979–), 女, 河北保定人, 硕士, 助教, 主要从事作物生理及栽培耕作方面的研究。

通讯作者: 张月辰(1964–), 河北保定人, 博士, 研究员, 主要从事作物生理及栽培耕作方面的研究。

样株做成的石蜡切片(图 1)。

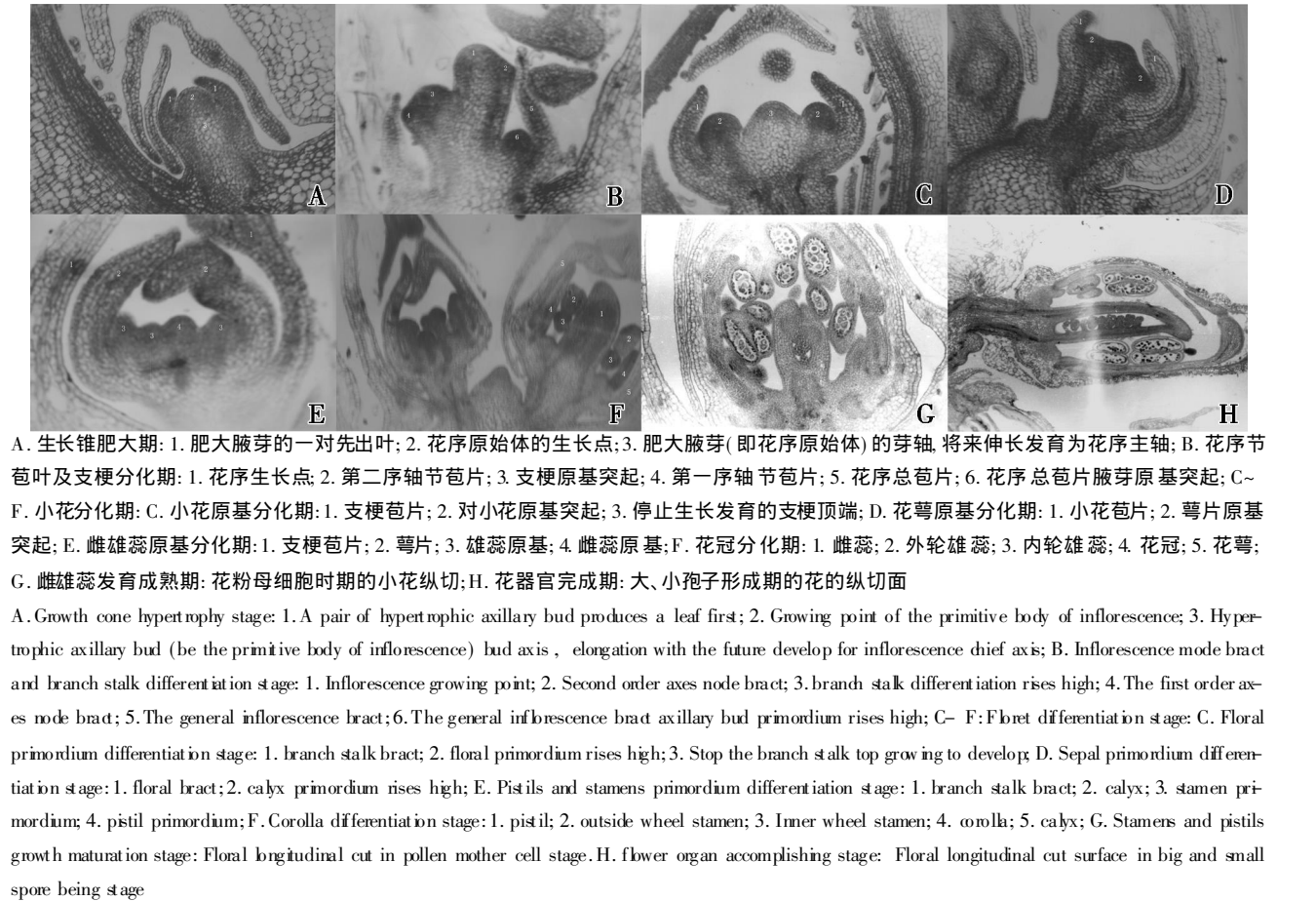


图 1 红小豆花芽分化示意图

Fig. 1 Adzuki bean floret bud differentiation sketch map

2 结果与分析

2.1 红小豆花芽分化的过程及特征

红小豆花芽分化是一个连续的过程, 根据 2 年的观察, 为了便于记载和描述, 根据花器官的分化顺序, 划分为以下五个大的时期: 生长锥肥大期, 花序节苞叶及支梗分化期, 小花分化期, 雌雄蕊发育成熟期和花器官完成期^[2]。

2.1.1 生长锥肥大期 该期为花芽分化的起始时期, 出现时期较早, 这时主茎地上已分化形成 11~12 节位, 幼苗已进入 3~4 叶期。这种芽形体肥厚, 带有 2 片张开的先出叶, 经较短时间(1~2 d)的充实发育形成花序原始体, 2 片先出叶形成花序总苞片, 中央的锥体, 发育为将来的花序主轴(图 1-A)。

2.1.2 花序节苞叶及支梗分化期 花序原始体形成以后, 随着生长锥的伸长, 开始分化形成序轴节, 节上生长出片状的序轴节苞片。当花序轴上分化出 2~3 个序轴节苞叶时, 第一苞叶的腋部出现扁球状突起, 并很快超过苞叶, 就是短缩的支梗(图 1-B)。

2.1.3 小花分化期 红小豆的小花分化是花芽分

化的主要时期, 花的所有组成部分都在该期分化形成, 经历时间最长, 形态变化复杂。划分为以下 4 个子阶段:

2.1.3.1 小花原基分化期 当主茎可见节数为 5 节时, 在主茎第 7 节(解剖节)的叶腋里和第 1 个一级分枝的第 1 节叶腋里(解剖节)出现明显的小花原基, 其特点是: 在极短支梗上产生一对片状的分枝苞叶(外苞), 其叶平面与序轴节苞叶叶平面相垂直。接着在外苞腋部各突起一球状物, 即小花原基。一般一个支梗只产生一对对生小花原基(图 1-C)。

2.1.3.2 花萼分化期 当主茎可见节数为 7 节时, 在主茎第 7 节(解剖节)的叶腋里花序节的第一节已明显可见花萼原始体, 与此同时第 1 个一级分枝第一节叶腋里(解剖节)可见明显的小花苞片。这个时期分化的特点是: 小花原基体积不断增大, 首先在其顶部相对的两侧, 分化产生一对小花苞片(内苞), 其叶平面又与分枝苞(外苞)的叶平面相垂直。小花苞片一出现, 花原基顶端很快出现一圈不连续的堰状突起即花萼原始体(图 1-D)。

2.1.3.3 雌雄蕊原基分化期 当主茎可见节数为

8 节时,此时花萼半包住小花,顶端有一小孔。这个时期花萼原基向上隆起长大,在原基顶端周围,出现围成一周的 5 个小珠状突起,中央处还有一个较高一些的乳状突起,这就是雄蕊和雌蕊原基,它们都被已迅速伸长并向心包合的幼小花萼包裹着。此时已有明显的分枝,且第 1 个一级分枝叶腋里的花序发育较一级花序慢,表现为花萼的生长速度慢,包住小花的程度不同(图 1-E)。

2.1.3.4 花冠分化期 当主茎可见节数为 9 节时,此时花萼已经将小花全部包住,顶端比较圆滑,将花萼剖开,内部已经分化出现的雌雄蕊原基,以不同速度一起向上伸长着。在此过程中,于先出现的一轮雄蕊和花萼之间,又有一圈不连续的花冠弧形隆起,即花冠原基。同时第二轮雄蕊在第一轮雄蕊内出现。此时分枝生长较快,已明显可见多个一级分枝,且分枝靠近主茎的节位叶腋里花序发育快,依次交替进行(图 1-F)。

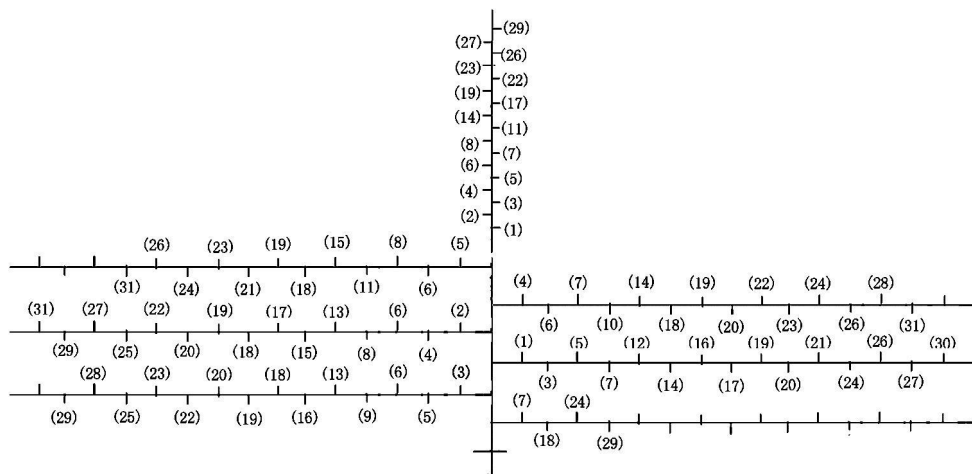
2.1.4 雌雄蕊发育成熟期 当主茎可见节数为 12 节时,此时花萼将小花紧紧包住,顶端呈圆锥形,内部随着花冠原基出现后不久,第一轮(外轮)雄蕊的花萼分化出来,而后是第二轮(内轮)雄蕊的花药出现。花瓣中旗瓣发育最快并抱合其他花瓣,抱合前

雌蕊子房腔内,已有了胚珠突起,整个雄蕊群中,花药、花丝已能明显区别开来,花药内已出现花粉母细胞(图 1-G)。

2.1.5 花器官完成期 大小孢子产生以后的花器,进入增长高峰期,整个花器明显肥大起来。高速伸长的花冠自花萼伸出,在 3~4 d 的时间里达定长,高出花萼 4 倍以上。花瓣、萼片等覆盖物逐渐伸长,把生殖器官覆盖,形成蕾。此期主茎已达 17~19 节(图 1-H)。

2.2 红小豆全株花芽首现顺序

就整株而言,花芽分化一般是先主茎后分枝,但也有不少植株第一分枝基部几乎与主茎同时开始。小花原基首现位置在主茎第 7 节(解剖节)的叶腋里和第 1 个一级分枝的第 1 节叶腋里(解剖节)里,此时解剖节数为 12 节。各分枝间小花分化顺序遵循先出的枝分化早,后出的枝分化迟的规律。图 2 表明,主茎不同节位从中部向上下分化,同节的一级分枝从内向外小花依次分化。同一主茎、分枝相邻两花序间有交错现象,通常下一个花序的第一节比上一个花序第一节晚发育 1~2 个时期,也有重叠现象,一个花序的分化是从下而上。



括号内数字为该单节分枝不同节位第一朵小花原基在全株中出现的先后顺序

图 2 红小豆全株小花原基首现模式图

Fig. 2 Adzuki bean complete stool floret primordium base shows the pattern map

2.3 花芽分化各期与叶龄的关系

红小豆植株花芽分化到各期,是以主茎第一花序第一花芽的分化期为标准的。植株花芽分化到各时期的叶龄,株间变异较大。由表 1 可见,小花分化到雌雄蕊原基分化期时才出现可见分枝,此时主茎可见节数为 8 节,到花器官完成期时主茎节位还未封顶。红小豆花芽分化进程与主茎叶片数之间具有同伸性。红小豆的花芽分化开始于出苗后 9 d 左右,此时主茎复叶数为 1~2 片叶,这标志着红小豆

已经进入营养生长和生殖生长并进时期。其结束于主茎复叶数为 11 片的时期,各分化时期与主茎复叶数之间保持稳定的对应关系。红小豆花芽分化进程与主茎复叶数之间的这种同伸关系,可以作为红小豆花芽分化进程的主要参考依据,根据花芽分化进程和与之对应的叶龄数指标,可以比较准确地把握追肥、浇水时期。由表 1 可看出在出苗后 17~20 d 左右,此时刚长出第 4~5 片复叶,是小花原基形成初期,是决定小花数的关键时期,栽培管理上应及时

供应养分和水分,以促进根系和茎、叶正常生长,加大吸收面积和光合作用,为高产栽培打下基础。

表 1 红小豆花芽分化各期与叶龄的同伸关系

Tab. 1 Adzuki bean blossom bud differentiation and a surname of leaf ages stretches relation

分化进程 Differentiation course	主茎复叶数/片 Leaf number	可见分枝数/个 Branch number	出苗后天数/ d Days after bud	本期天数/ d Days	观察时间 (月-日) Observation date
播种期	0	0	0	0	06- 24
出苗期	0	0	0	0	06- 30
生长锥肥大期	1. 5	0	9	2	07- 09
花序节苞叶及支梗分化期	2. 0	0	11	6	07- 11
小 小花原基分化期	4. 5	0	17	5	07- 17
花 花萼分化期	6. 0	0	22	3	07- 22
分 雌雄蕊原基分化期	7. 5	1	25	2	07- 25
化 花冠分化期	8. 0	3	27	2	07- 27
雌雄蕊发育成熟期	9. 0	5	29	4	07- 29
花器官完成期	11. 5	6	35	4	08- 02—08- 04

注: 7 月 24 日开始分枝, 8 月 4 日初花。

2. 4 小花分化进程规律

经过解剖观察,红小豆花芽分化的早、分化的多、分化的时间长,占生育期的 70% 以上。小花分化期是花芽分化的主要时期,花的所有组成部分都在该期分化形成,经历时间最长,形态变化最复杂。不同叶位小花分化时期相互重叠,不同节位相同花位和同一叶位不同花位花芽分化有规律的进行。现蕾以后,由于植株的开花,植株下部和分枝基部小花分化速度减慢或停止,植株上部的小花继续分化,而且分化的强度大,直到收获前 3~ 5 d,顶端的节仍有小花分化,在同一植株上可以观察到小花分化的各个时期。

2. 4. 1 第 1 个一级分枝不同节位相同花位小花分化的差异 第 1 个一级分枝着生在主茎第一个退化叶的叶腋里(一般主茎第 2, 3 节),播种后 30 d 左右出生,和主茎第 7 片叶同时长出,每个节长出 1 片复叶,每长 1 片叶,叶腋里都有腋芽,花芽按照从内而外的顺序依次分化,第 1 节到第 5 节的花芽分化速度较慢。随着植株的生长,第 5 节以上各节,花芽分化加快,10 节以后又开始减慢。不同节位相同花位小花分化有规律的进行,分化速度不同。

从图 3 可以看出,第 2 节位的第 1 朵小花原基出现在 7 月 20 日,到 7 月 31 日小花分化时期完成,历时 11 d 左右;第 5 节第 1 朵小花原基形成于 7 月 28 日,到 8 月 6 日历时 9 d 左右完成。从图 4 可以看出,第 10 节第 1 朵小花原基形成于 8 月 6 日,到 8 月 13 日历时 7 d 左右完成小花分化时期。从图 5 可以看出,第 15 节第 1 朵小花原基形成于 8 月 17 日,到 8 月 28 日历时 11 d 左右完成小花分化时期。与此同时,第 16 节和第 17 节位的第 1 朵小花分化分

别达到第三、第二个发育时期,直到 18 节仍有小花分化。从 10 节以后分化出的小花数目逐渐减少,一个花序上只分化出 1~ 2 朵小花,部分分枝到 12 节封顶。

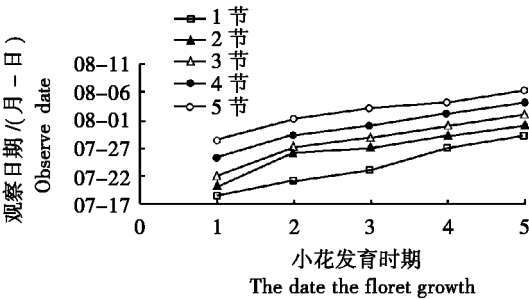


图 3 第 1 个一级分枝第 1 节到第 5 节第一朵小花发育进程(2006- 2007)

Fig. 3 The first branches 1st nodal to the 5th nodal of the first florets growth course(2006- 2007)

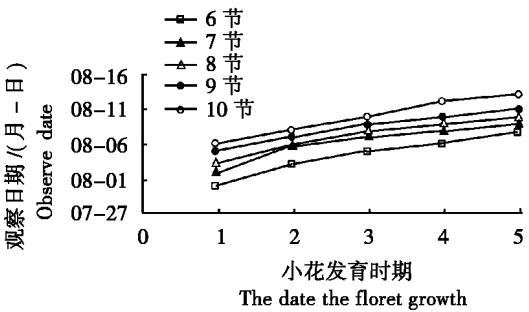


图 4 第 1 个一级分枝第 6 节到第 10 节第一朵小花发育进程(2006- 2007)

Fig. 4 The first branches 6th nodal to the 10th nodal of the first florets growth course(2006- 2007)

从观察中还发现红小豆的分枝小花分化从下到上不同节位相同花位的小花分化都是有规律的进行,第 1 节小花分化结束,第 5 节开始分化;第 5 节分化结束,第 10 节开始分化;10 节后第 1 朵小花原

基形成的时间依次推后,愈向上节位,小花原基出现时间越晚。

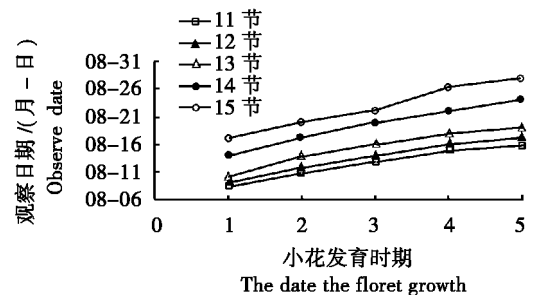


图5 第1个一级分枝第11节到第15节第一朵小花发育进程(2006-2007)

Fig.5 The first branches 11th nodal to the 15th nodal of the first florets growth course(2006-2007)

2.4.2 主茎一级花序不同节位相同花位小花分化的规律 花芽分化初期,主茎小花分化时间早,分化速度快,明显高于分枝,小花着生的节位也较高。根据观察,当主茎可见节数为5节时,在主茎第7节(解剖节)的叶腋里出现明显的小花原基,每1朵小花完成花芽分化全过程约28 d左右,当主茎可见节数为13节时,主茎和分枝基部花序小花分化达到同步,此时田间开始出现落蕾现象,多集中在最早出现的花序的第一节位上,这说明早期开花最早的花序由于处在营养生长旺盛时期,花芽由于营养不良而导致脱落。

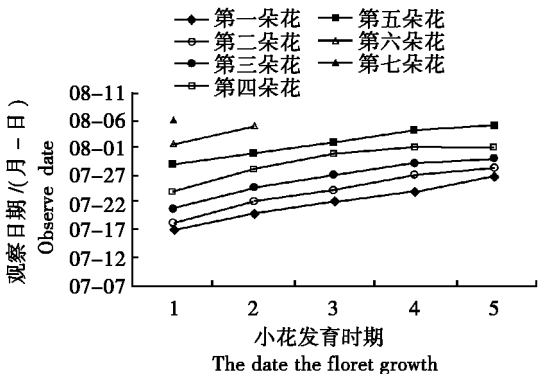


图6 同一花序第1朵小花到第7朵小花发育进程

Fig.6 The same floret to seventh inflorescence the first florets growth course

2.4.3 同一花序不同序节小花分化的规律 同一节位的花序上,小花分化是从基部开始的,依次向上逐渐分化,从第1朵到第5朵小花分化表现出一定的规律性(图6)。以主茎第8节位的花序为例,当第1朵小花到花冠分化期时,第2朵小花已进入雌雄蕊原基分化期,到第1朵小花发育到雌雄蕊发育成熟期时,第4朵小花进入花萼原基分化期,而当第1朵小花刚结束雌雄蕊发育成熟进入到花器完成开始现蕾时,第6朵小花及其以上均呈滞育状态,发育持续在花萼原基、小花原基或花序节苞片时期,若遇

不良环境条件时,第5朵小花便开始退化或脱落。同一花序上,小花分化进程由内而外进行,相邻两花位之间发育相差0.5~1 d。

开花顺序与小花分化进程一致,也是由下而上,下节位花序总比上节位先开。每个花序节大部分能开6朵花以上,约1/2的花序可开8朵花。开6朵花以上的花序中可有2~3朵花同时开放的现象。每花开放寿命不太一致,大约为8 d左右。同一花序不同序节小花分化有规律的进行。由图7可知:同一花序不同序节小花发育经历天数呈递减趋势。

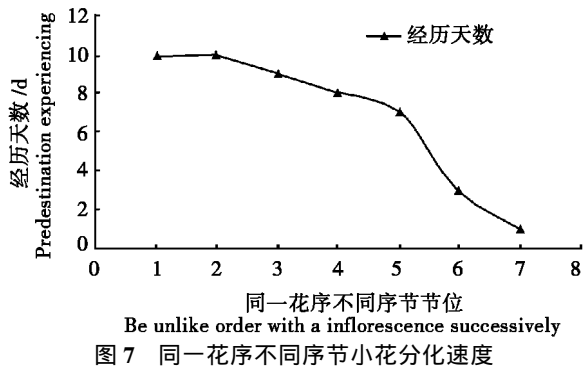


图7 同一花序不同序节小花分化速度

表2 红小豆同节位花序中各花朵开花结荚稳荚情况(60簇)

花朵位置	第1朵	第2朵	第3朵	第4朵	第5朵	第6朵	第7朵	第8朵
开花数	139	112	83	63	34	22	8	0
结荚数	61	46	23	9	5	2	0	0
稳荚数	49	39	19	6	4	0	0	0

从表2可以看出,同一花序不同序节小花从基部向顶部数量依次减少,第5朵花以后基本上呈滞育状态,有的花药已变黄,花药内没有形成花粉粒,而是水状物,最后干瘪而脱落,有的停滞在花萼原基、小花原基或花序节苞片时期,基本上不能结荚。这是因为先开的花处于优势时期,优先吸取营养成荚,而上部节位开花时,“源”逐渐变小,“库”相对快速增大,因而也限制了后期的开花量,甚至即使开花也难成荚。

以上结果表明:各花的开花、结荚、稳荚可能性与该花的着生部位有直接关系。随着同一花序不同序节从基部中顶部小花发育时间的逐渐缩短,花荚数量也逐渐减少,可见小花发育时间越短,越不利于花荚的形成。

2.4.4 一级分枝小花分化数目大于主茎 据观察,

红小豆的小花多集中在一级分枝上, 主茎少。统计数字表明, 平均单株分化小花数 379.11 朵(以从肉眼可见的闭萼期幼蕾为现蕾标准^[3]), 其中分枝有 243.17 朵, 主茎有 135.94 朵, 分别占总花数的 64.14% 和 35.86%。

2.4.5 同一花序节位高节位小花滞育多, 各节位小花脱落严重 按正常发育平均单株小花分化应达 780 个左右, 但据统计, 实际达到现蕾标准的小花为 380 个左右, 同一花序高节位滞育小花数过半。除此以外, 已分化的小花脱落的占 74.5% 左右, 主要表现在主茎和分枝的上部和下部, 中部脱落的少。小花退化有两种情况, 一是籽粒进入鼓粒期以后, 已分化出的小花和已形成的蕾, 生长缓慢或停止生长; 二是位于植株中部各节位的花序上, 都能正常分化出 4~6 朵小花, 但很少能结出 4 个荚, 一般可结 1~2 个荚, 多数是 2 个荚, 其余退化或脱落。主茎和分枝由于小花分化早晚不同, 成荚多少亦不同, 分枝开花多脱落也多, 相对结荚数也多。

3 结论与讨论

红小豆的花芽分化早, 分化多, 分化时间长达 60 d 左右, 占全生育期的 2/3。

红小豆的主茎中部一级花序小花分化早, 但结束也早, 一级分枝上小花分化仅次于中部 6~8 节一级花序, 分化小花多, 成荚也多。

红小豆花芽分化进程与主茎叶片数之间具有同伸性。根据花芽分化进程和与之对应的叶龄数指标, 可以比较准确地把握追肥、浇水时期。

分枝不同节位同一花位小花分化表现出一定的规律性, 分化速度前期慢, 中期快, 后期又减慢。相邻两节位同一花位小花发育时期相差 5~6 d, 当某节位小花开放时, 位于该节位以下各节位的蕾几乎不能开花, 已分化出的小花, 开始退化。

同一花序不同序节的花序上, 小花分化是从基部开始, 逐渐向上有规律的进行, 相邻两花位小花发育相差 0.5~1 d, 每个花序上可分化出 6~8 个小花, 一般结 1~2 个荚, 同一花序节位高节位小花滞育多, 各节位小花脱落严重。

红小豆是营养生长和生殖生长时期重叠的作物之一, 只有 2~3 片复叶展开时就开始花芽分化, 大约 28 d 后进入现蕾期, 尔后大量产生花荚, 需要充足的养分。这种营养生长和生殖生长同步和形成众多蕾、花、荚的生理特点, 使源库矛盾突出, 大量蕾、花、荚脱落, 追肥一般应在现蕾前根瘤菌尚未大量形成时进行。

参考文献:

- [1] 王石宝, 周建萍, 余华盛, 等. 光、温、水和红小豆生育及开花结荚的关系[J]. 山西农业科学, 1997, 25(3): 40-43.
- [2] 高瑞岩, 孙安娜, 李淑兰, 等. 红小豆花芽分化的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 1989.
- [3] 蒋陵秋, 丁邦展, 金文林. 红小豆开花结荚习性观察[J]. 江苏农业学报, 1986, 5(2): 41-44.
- [4] 金文林, 濮绍京, 赵波, 等. 红小豆种质资源子粒色泽及出花率的遗传变异[J]. 华北农学报, 2005, 20(6): 28-33.