

# 种植模式和施氮水平对大豆花荚脱落及产量的影响

蒋利, 雍太文, 张群, 肖静, 杨欢, 杨文钰

(四川农业大学 农学院/农业部西南作物生理生态与耕作重点实验室, 四川 成都 611130)

**摘要:**通过田间裂区试验,研究了两种种植模式(大豆单作、玉米-大豆套作)和玉米、大豆施氮总量(NN:0; RN:180 kg·hm<sup>-2</sup>; CN:240 N kg·hm<sup>-2</sup>)对大豆农艺性状、花荚脱落及大豆产量的影响。结果表明:与大豆单作相比,玉米-大豆套作模式使大豆R2期的株高、茎粗、有效分枝数和倒三叶面积降低,第一节间长和平均节间长升高,大豆全株及中上层的落荚数、落荚数和花荚脱落率显著降低,单株荚数、经济系数显著提高。玉米-大豆套作系统中,RN处理下的有效分枝数较少,倒三叶面积显著降低,大豆全株及中上层落荚数显著减少,花荚脱落率达到最小值,比NN和CN显著降低10.8%、10.2%;在RN处理下,玉米-大豆套作模式下的大豆单株荚数、百粒重和生物量最大,产量和经济系数表现最佳。

**关键词:**玉米-大豆套作;农艺性状;产量;脱落

**中图分类号:**S565.1

**文献标识码:**A

**DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2015.05.0843

## Effect of Different Planting Patterns and N Application Rates on Abscission of Flower and Pod of Soybean and Yield

JIANG Li, YONG Tai-wen, ZHANG Qun, XIAO Jing, YANG Huan, YANG Wen-yu

(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University/Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Cultivation in Southwest, Ministry of Agriculture, Chengdu 611130, China)

**Abstract:** A field experiment with two planting patterns (soybean monoculture and maize-soybean relay strip intercropping) and three N application rates (NN:0, RN:180 kg·hm<sup>-2</sup>, CN:240 N kg·hm<sup>-2</sup>) was conducted to reveal their effects on agronomic traits and yield of soybean, abscission of flower and pod. The results showed that the plant height, stem diameter, branches and third leaf area reduced compared with the monoculture soybean, but first inter-node length and average inter-node length increased, the number of fallen flower and pod as well as flower and pod abscission rate of whole plant and each layer declined significantly, then the pods per plant of soybean and economic coefficient significantly improved. With the reduced branches and third leaf area under RN treatment, the fallen flowers about whole plant and upper-middle class of soybean in the maize-soybean relay strip intercropping system significantly reduced, flower and pod abscission rate reached a minimum, and the index of soybean was 10.8% and 10.2% lower than NN and CN. The pods per plant of soybean, 100-seed weight and the biomass under RN treatment were the largest in the relay strip intercropping system, and the performance of yield and economic coefficient were the best.

**Keywords:** Maize-soybean relay strip intercropping; Agronomic traits; Yield; Abscission

中国是世界上最大的大豆消费国和进口国,仅2013年我国累计进口大豆量达6 337.52万t,且进口量正逐年快速递增,预测未来10年,我国大豆净进口量可增至9 567万t,国内大豆供需矛盾愈趋尖锐<sup>[1]</sup>。与此同时,东北春大豆区和黄淮海夏大豆区等国内大豆主产区发展面临诸多困难,一方面是水稻、玉米等主要粮经作物的土地竞争,导致大豆种植面积锐减;另一方面是重迎茬种植面积大,导致单产总产均大幅下降。因此,着力稳定北方大豆种植面积,努力提高单产的同时,大力发展南方套作大豆成为振兴我国大豆产业的重要途径<sup>[2]</sup>。玉米-大豆套作是我国西南地区近年旱地农业的主推

模式之一,且播种面积呈现出强劲的增长态势<sup>[3-4]</sup>。该模式通过充分利用自然资源和社会经济资源,提高了复种指数和土地利用效率<sup>[2,5]</sup>,基本实现西南地区大豆的自给自足。

研究表明,仅靠土壤氮和根瘤固氮的供给不能满足大豆高产的营养所需,人为追施氮肥是北方净作大豆获得高产的重要措施<sup>[6-9]</sup>。但我国西南地区8~10月雨水充足,施氮过多易造成大豆植株徒长,茎叶繁茂,营养生长与生殖生长失衡,导致套作大豆的花荚大量脱落<sup>[10]</sup>。花荚脱落率又因栽培品种和栽培条件而异,夏大豆的花荚脱落率一般在40%~70%,严重者可高达80%以上,是制约大豆产量提高

收稿日期:2015-01-07

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04-PS19);国家公益性行业(农业)科研专项(201203096)。

第一作者简介:蒋利(1990-),女,硕士,主要从事作物高产优质高效栽培理论与技术。E-mail:1101140509@qq.com。

通讯作者:雍太文(1976-),男,副教授,硕导,主要从事大豆间套作高产栽培生理和氮营养生态研究。E-mail:yongtaiwen@sicau.edu.cn;

杨文钰(1958-),男,教授,博导,主要从事作物高产优质高效栽培技术研究。E-mail:wenyu.yang@263.net。

的关键因素<sup>[11-14]</sup>。前人在单作模式下研究了施氮对大豆的花荚脱落的影响,但有关套作模式下的花荚脱落尚不清楚,本试验拟在玉米-大豆套作和单作大豆两种模式下,研究不同施氮水平下大豆植株的农艺性状和花荚脱落规律,揭示施氮量对套作大豆与单作大豆花荚脱落影响的差异及套作大豆的花荚脱落规律,为玉米-大豆套作模式下大豆科学施氮提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

玉米品种为登海605,由四川农业大学提供;大豆供试材料为南豆12,由四川省南充市农业科学研究所提供。

### 1.2 试验设计

试验于2013年在四川省仁寿现代农业示范基地进行,位于N29°59',E104°08',海拔482 m,亚热带季风湿润气候,年均气温17.4℃,年均降雨1009.4 mm,年均日照1196.6 h,无霜期312 d。供试紫色土含:有机质17.26 g·kg<sup>-1</sup>、全氮0.90 g·kg<sup>-1</sup>、全磷0.50 g·kg<sup>-1</sup>、全钾14.28 g·kg<sup>-1</sup>、碱解氮77.35 mg·kg<sup>-1</sup>、速效磷22.83 mg·kg<sup>-1</sup>和速效钾196.63 mg·kg<sup>-1</sup>。

试验采用裂区设计,主因素为种植模式:大豆单作(SS)、玉米-大豆套作(MS),副因素为玉米、大豆施氮总量(玉米:大豆=3:1):NN不施氮、RN减量施氮(180 kg·hm<sup>-2</sup>,传统玉米施氮量)、CN习惯施氮(240 kg·hm<sup>-2</sup>,传统玉米与大豆总施氮量),重复3次,共18个小区。小区带长6 m,每小区种两带,小区面积24 m<sup>2</sup>。

大豆单作采用等行距种植,行距为50 cm,大豆穴距34 cm,穴留2株;玉米-大豆套作采用宽窄行种植,玉米宽行160 cm,窄行40 cm,玉米宽行内种2行大豆,大豆行距40 cm,玉米与大豆间距60 cm,穴距17 cm,玉米穴留1株,密度5.85万株·hm<sup>-2</sup>,大豆穴留2株,密度11.7万株·hm<sup>-2</sup>。保证在单、套作方式下,各作物单位土地面积的种植密度和施肥水平一致。玉米氮肥分2次施用,即玉米底肥和大喇叭口期追肥,大豆氮肥一次性施用。大豆单作按传统株间穴施方式施肥。玉米底肥统一按株间穴施72 kg·hm<sup>-2</sup>实施;玉米大喇叭口期追肥则与大豆磷钾肥混合一起同时施用,在玉米、大豆之间,距玉米25 cm处开沟施肥;单作大豆的磷钾肥随底肥施用,施用量为P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 63 kg·hm<sup>-2</sup>、K<sub>2</sub>O 52.5 kg·hm<sup>-2</sup>。玉米4月3日播种,8月1日收获;大豆

6月11日播种,10月29日收获。

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 大豆农艺性状调查 于大豆R2期每小区选择3株长势一致的植株,测量其株高、茎粗、第一节间长、平均节间长及倒三叶面积,统计单株有效分枝数。叶面积采用长宽系数法测定<sup>[15]</sup>。

1.3.2 干物质积累量 于大豆R8期每个小区选择长势一致的植株6株(3穴),取植株样的地上部,在105℃下杀青30 min后75℃烘至恒重,测定干物质重。

1.3.3 花荚脱落调查 于大豆R1期每小区选择3株长势一致的植株,安装自制大豆脱落花荚收集装置(参考专利ZL 2014 2 0081228.3),R5期之前每2 d记录一次落花数和落荚数;大豆收获前统计一次装置中的花荚脱落数,并调查单株成荚数。

1.3.4 产量调查 于大豆R8期,每小区选取其中一带随机选3个样点,每个样点连续取对称2行的4穴,共12穴(24株),调查单株荚数、单株粒数和百粒重等产量构成因素,选取小区另一带实收计产。

#### 1.3.5 相关计算公式

(1)单株结荚数(个/株) = 单株成荚数 + 单株落荚数

(2)单株开花数(朵/株) = 单株结荚数 + 单株落花数

(3)单株落花率(%) = 单株落花数/单株开花数 × 100

(4)单株落荚率(%) = 单株落荚数/单株结荚数 × 100

(5)花荚脱落率(%) = (单株落花数 + 单株落荚数)/单株开花数 × 100

(6)经济系数 = 籽粒产量/地上部植株干物质重

### 1.4 数据处理与统计

采用Excel 2007, DPS7.05 统计分析数据,用LSD比较处理间差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 对大豆农艺性状的影响

由表1可知,与SS相比,MS的大豆株高、茎粗、有效分枝数和倒三叶面积显著降低,降幅分别为23.1%、44.4%、49.2%和62.7%;MS的大豆第一节间长和平均节间长的均值显著增加,较SS分别增加50%和22.2%。单、套作模式下大豆农艺性状在各施氮处理间的表现不同。SS中,施氮处理的株高、茎粗、第一节间长和倒三叶面积均显著高于不施氮处理,株高、第一节间长和倒三叶面积表现为

RN < CN。MS 模式下,茎粗、有效分枝数和倒三叶面积随施氮量的增加而增加,且施氮处理显著高于不施氮;与 RN 相比,CN 处理下的茎粗、第一节间

长、有效分枝数和倒三叶面积分别增加 1.8%、21.4%、8.1% 和 29.1%。

表 1 不同种植模式和施氮量对大豆农艺性状的影响

Table 1 Effect of different planting patterns and N application rates on agronomic traits of soybean

| 施氮水平<br>N application<br>amount | 株高<br>Plant height<br>/cm |        | 茎粗<br>Stem diameter<br>/mm |        | 第一节间长<br>First inter-node<br>length/cm |       | 平均节间长<br>Average inter-node<br>length/cm |       | 有效分枝数<br>Efficient branches |       | 倒三叶面积<br>Third leaf area<br>/cm <sup>2</sup> |          |
|---------------------------------|---------------------------|--------|----------------------------|--------|--|-------|--|-------|-----------------------------|-------|--|----------|
|                                 | SS                        | MS     | SS                         | MS     | SS                                     | MS    | SS                                       | MS    | SS                          | MS    | SS   | MS       |
|                                 | NN                        | 57.0 b | 47.2 b                     | 9.09 c | 5.14 b                                 | 4.8 c | 8.7 a                                    | 3.4 a | 4.3 b                       | 6.0 b | 2.0 b  | 294.92 c |
| RN                              | 63.3 a                    | 52.7 a | 10.36 a                    | 5.46 a | 5.5 b                                  | 7.0 b | 3.7 a                                    | 4.8 a | 6.0 b                       | 3.7 a | 322.51 b                                     | 116.34 b |
| CN                              | 65.0 a                    | 42.7 c | 9.66 b                     | 5.56 a | 6.0 a                                  | 8.5 a | 3.7 a                                    | 4.1 b | 7.0 a                       | 4.0 a | 337.77 a                                     | 150.25 a |
| 平均 Mean                         | 61.8 a                    | 47.5 b | 9.70 a                     | 5.39 b | 5.4 b                                  | 8.1 a | 3.6 b                                    | 4.4 a | 6.3 a                       | 3.2 b | 318.40 a                                     | 118.72 b |

SS:大豆单作;MS:玉米-大豆套作;同列中标以不同字母的值在 0.05 水平上差异显著。下同。

SS: Soybean monocropping; MS: Maize-soybean relay strip intercropping. Values followed by different letters within a column are significantly different at 0.05 probability level. The same below.

## 2.2 种植模式和施氮量对大豆花荚脱落的影响

如表 2 所示,种植模式对大豆的开花数、落花数和落花率影响显著,SS 的开花数比 MS 高的 43.0%;MS 的落花数和落花率比 SS 的显著低 44.5% 和 20.4%。不同种植模式下,施氮对大豆落花的影响规律不一致。SS 下,施氮处理的开花数低

于不施氮,RN 比 CN 显著高 26.7%;落花数和落花率随施氮量的增加呈低-高-低趋势,均在 RN 下达到最大。MS 下,开花数随施氮量的增加而不断增加,落花数和落花率则以 RN 处理的最低,分别比 NN 的低 16.2% 和 21.4%、比 CN 的低 27.1% 和 19.1%。

表 2 种植模式和施氮量对大豆落花率的影响

Table 2 Effect of different planting patterns and N application rates on flower abscission rate of soybean

| 施氮水平<br>N application amount | 开花数 Number of flowers |           | 落花数 Number of abscission-flowers |          | 落花率 Flower abscission rate/% |         |
|------------------------------|-----------------------|-----------|----------------------------------|----------|------------------------------|---------|
|                              | SS                    | MS        | SS                               | MS       | SS                           | MS      |
| NN                           | 255.67 a              | 151.33 b  | 139.00 a                         | 74.00 ab | 55.01 a                      | 49.02 a |
| RN                           | 255.00 a              | 165.33 ab | 146.30 a                         | 62.00 b  | 57.21 a                      | 38.52 b |
| CN                           | 201.33 b              | 179.00 a  | 113.30 b                         | 85.00 a  | 56.30 a                      | 47.60 a |
| Mean                         | 236.33 a              | 165.22 b  | 132.90 a                         | 73.70 b  | 56.17 a                      | 44.71 b |

SS 的结荚数、落荚数和落荚率显著高于 MS,分别高 13.0%、57.2% 和 39.1% (表 3)。施氮显著影响了大豆的落荚数和落荚率,且不同种植模式下的变化规律不一致,SS 下,不施氮处理的大豆结荚数、落荚数和落荚率均高于施氮处理;MS 下,施氮处理

的结荚数显著高于不施氮处理,且以 RN 的最高,分别比 NN、CN 的高 33.6% 和 9.9%;MS 下施氮相对不施氮的落荚数虽显著增加,但落荚率差异不显著,尤其是 RN 与 CN 间的落荚数和落荚率差异均不显著,且相同施 N 水平下套作均低于单作。

表 3 种植模式和施氮量对大豆落荚率的影响

Table 3 Effect of different planting patterns and N application rates on pod abscission rate of soybean

| 施氮水平<br>N application amount | 结荚数 Number of pods |          | 落荚数 Number of abscission pods |         | 落荚率 Pod abscission rate/% |         |
|------------------------------|--------------------|----------|-------------------------------|---------|---------------------------|---------|
|                              | SS                 | MS       | SS                            | MS      | SS                        | MS      |
| NN                           | 113.67 a           | 77.33 c  | 56.30 a                       | 26.30 b | 49.61 a                   | 34.17 a |
| RN                           | 108.67 a           | 103.33 a | 53.00 a                       | 36.00 a | 48.68 a                   | 34.76 a |
| CN                           | 88.00 b            | 94.00 b  | 40.70 b                       | 33.00 a | 46.37 a                   | 35.07 a |
| Mean                         | 103.44 a           | 91.56 b  | 50.00 a                       | 31.80 b | 48.22 a                   | 34.66 b |

由图 2 所示,种植模式对大豆的花荚脱落率有较大影响,MS 的显著低于 SS,脱落率最低的 MSRN 处理比最高的 SSRN 处理低出 24.1%。SS 条件下,

施 N 与不施 N 间的花荚脱落率差异不显著;MS 条件下,施 N 处理的低于不 N 氮处理,以 RN 处理最低,分别比 NN、CN 的降 10.8% 和 10.2%。

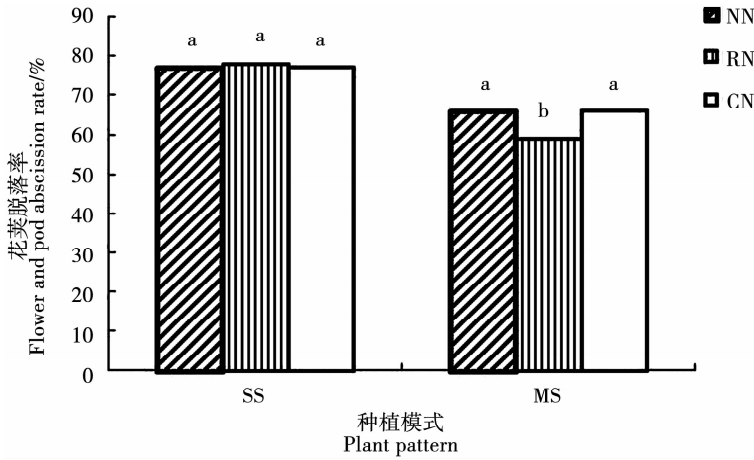


图1 不同种植模式和施氮量对大豆花荚脱落率的影响

Fig. 1 Effect of different planting patterns and N application rates on flower and pod abscission rate of soybean

### 2.3 对大豆花荚分层脱落数的影响

从表4可以看出,不同种植模式和施氮量对大豆分层花、荚脱落数影响较小,大致表现为中层>上层>下层;从种植模式来看,MS下、中、上层落花数比SS的低55%、44%和41.9%;MS下层的落荚数显著大于SS的,但中层和上层的落荚数比SS的

低26.5%和52.8%。不同施氮处理下,SS下、中层落花数和落荚数表现一致,皆随施氮量的增加而降低,上层落花数则以RN的最低;MS中、上层落花数皆RN处理的最低,落荚数则为施氮高于不施氮,RN的略低于CN;MS下层落花数虽RN相对CN高57.5%,但落荚数比CN的低33.6%。

表4 不同种植模式和施氮总量对大豆各层花荚脱落数的影响

Table 4 Effect of different planting patterns and N application rates on each layer flower and pod abscission numbers of soybean

| 施氮水平<br>N application amount | 落花数 Number of abscission flowers |         |              |        |          |        | 落荚数 Number of abscission pods |        |              |        |          |        |
|------------------------------|----------------------------------|---------|--------------|--------|----------|--------|-------------------------------|--------|--------------|--------|----------|--------|
|                              | 下层 Bottom                        |         | 中层 Mid-layer |        | 上层 Upper |        | 下层 Bottom                     |        | 中层 Mid-layer |        | 上层 Upper |        |
|                              | SS                               | MS      | SS           | MS     | SS       | MS     | SS                            | MS     | SS           | MS     | SS       | MS     |
| NN                           | 33.0 a                           | 11.7 ab | 78.7 a       | 36.0 b | 43.4 a   | 27.0 a | 11.0 a                        | 6.7 b  | 32.3 a       | 16.7 b | 21.7 b   | 9.3 a  |
| RN                           | 29.7 a                           | 13.7 a  | 69.7 b       | 32.0 b | 40.3 a   | 17.7 b | 4.7 b                         | 7.3 b  | 28.3 b       | 21.3 a | 26.7 a   | 11.3 a |
| CN                           | 12.7 b                           | 8.7 b   | 66.0 b       | 52.0 a | 42.3 a   | 28.7 a | 3.7 b                         | 11.0 a | 21.0 c       | 22.0 a | 20.3 b   | 11.7 a |
| 平均 Mean                      | 25.1 a                           | 11.3 b  | 71.4 a       | 40.0 b | 42.0 a   | 24.4 b | 6.4 b                         | 8.3 a  | 27.2 a       | 20.0 b | 22.9 a   | 10.8 b |

按节数分层下层为1~6节,中层为7~12节,13节及以上为上层。

Stratified according to the number of sections of the bottom 1 to 6, the mid-layer 7 to 12, and 13 and above for the upper.

### 2.4 对大豆产量及产量构成要素的影响

2.4.1 对产量构成要素的影响 MS显著提高了大豆单株荚数,比SS高11.4%,MS的单荚粒数和百粒重均高于SS,但差异不显著(表5)。SS下,大豆单株荚数随施氮量的增加而降低,RN与NN差异不

显著;各施氮水平间的百粒重差异不显著,随施氮的增加而增加;SS的单荚粒数以RN的最高,显著高于NN与CN9.9%和5.1%;MS下,各施氮处理的单荚粒数和百粒重无显著差异,单株荚数呈施氮处理高于不施氮处理,RN比CN高11.1%。

表5 不同种植模式和施氮总量对大豆产量构成要素的影响

Table 5 Effect of different planting patterns and N application rates on yield components of soybean

| 氮水平<br>N application amount | 单株荚数 Pods per plant |         | 单荚粒数 Seeds per pod |        | 百粒重 100-seed weight/g |         |
|-----------------------------|---------------------|---------|--------------------|--------|-----------------------|---------|
|                             | SS                  | MS      | SS                 | MS     | SS                    | MS      |
| NN                          | 57.30 a             | 50.60 c | 1.51 b             | 1.64 a | 19.47 a               | 19.77 a |
| RN                          | 55.90 a             | 67.30 a | 1.66 a             | 1.60 a | 19.50 a               | 20.17 a |
| CN                          | 47.00 b             | 60.60 b | 1.58 ab            | 1.63 a | 20.12 a               | 19.60 a |
| Mean                        | 53.40 b             | 59.50 a | 1.58 a             | 1.62 a | 19.70 a               | 19.85 a |

2.4.2 对大豆产量和经济系数的影响 与 SS 相比,MS 的大豆生物量显著降低 16.5%,但 MS 与 SS 间的大豆产量差异不显著,且 MS 的经济系数比 SS 的还显著增加 25.7%。施氮显著影响了大豆的产量,不同种植模式下的变化规律不一致。SS 下,随

施氮量的增加,大豆产量和生物量表现呈先升高再降低的趋势,以 RN 最高;MS 下,大豆产量、生物量和经济系数均为施氮处理高于不施氮处理, RN 的高于 CN,分别高出 11.9%、14.1% 和 2.3%。

表 6 不同种植模式和施氮总量对大豆产量和经济系数的影响

Table 6 Effect of different planting patterns and N application rates on yield and economic coefficient of soybean

| 施氮水平<br>N application amount | 产量 Yield of soybean/kg·hm <sup>-2</sup> |           | 生物量 Population biomass /kg·hm <sup>-2</sup> |           | 经济系数 Economic coefficient |        |
|------------------------------|---|-----------|---|-----------|---------------------------|--------|
|                              | SS                                      | MS        | SS  | MS        | SS                        | MS     |
| NN                           | 1954.33 a                               | 1594.10 c | 4977.95 a                                   | 3341.93 c | 0.37 a                    | 0.42 a |
| RN                           | 2089.05 a                               | 2144.23 a | 4993.82 a                                   | 4443.07 a | 0.37 ab                   | 0.45 a |
| CN                           | 1697.66 b                               | 1916.10 b | 4020.24 b                                   | 3892.95 b | 0.30 b                    | 0.44 a |
| Mean                         | 1913.68 a                               | 1884.81 a | 4664.00 a                                   | 3892.65 b | 0.35 b                    | 0.44 a |

## 2.5 大豆花荚脱落率与农艺性状及产量构成的相关性分析

如表 7 所示,大豆花荚脱落率和农艺性状呈显著的相关性,株高、茎粗、有效分枝数和倒三叶面积与花荚脱落率呈极显著的正相关关系,第一节间长

和平均节间长与之呈极显著负相关。进一步分析套作大豆花荚脱落率与产量及构成因子间的相关性可知(表 8),花荚脱落率与产量、单株荚数分别呈显著或极显著负相关,而与单荚粒数和百粒重相关性不显著。

表 7 大豆花荚脱落率与农艺性状的相关分析

Table 7 Correlation analysis between abscission rate and agronomic traits of monocropping and intercropping soybean

|            | 花荚脱落率<br>FPAR | 株高<br>PH | 茎粗<br>SD | 第一节间长<br>FINL | 平均节间长<br>AINL | 有效分枝数<br>EB | 倒三叶面积<br>TTLA |
|------------|---------------|----------|----------|---------------|---------------|-------------|---------------|
| 花荚脱落率 FPAR | 1.0000        |          |          |               |               |             |               |
| 株高 PH      | 0.71 **       | 1.0000   |          |               |               |             |               |
| 茎粗 SD      | 0.91 **       | 0.88 **  | 1.0000   |               |               |             |               |
| 第一节间长 FINL | -0.69 **      | -0.79 ** | -0.84 ** | 1.0000        |               |             |               |
| 平均节间长 AINL | -0.89 **      | -0.46 *  | -0.78 ** | 0.61 **       | 1.0000        |             |               |
| 有效分枝数 EB   | 0.79 **       | 0.81 **  | 0.91 **  | -0.86 **      | -0.70 **      | 1.0000      |               |
| 倒三叶面积 TTLA | 0.90 **       | 0.85 **  | 0.98 **  | -0.84 **      | -0.79 **      | 0.96 **     | 1.0000        |

FPAR: Flower and pod abscission rate; PH: Plant height; SD: Stem diameter; FINL: First inter-node length; AINL: Average inter-node length; EB: Efficient branches; TTLA: The third leaf area; \*:  $P < 0.05$ ; \*\*:  $P < 0.01$ .

表 8 套作大豆花荚脱落率与产量及产量构成的相关性分析

Table 8 Correlation analysis between abscission rate and yield and yield components of intercropping soybean

|   | 花荚脱落率<br>Flower and pod abscission rate | 产量<br>Yield | 单株荚数<br>Pods per plant | 单荚粒数<br>Seed per pod | 百粒重<br>100-seed weight |
|---|---|-------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| 花荚脱落率<br>Flower and pod abscission rate | 1.0000                                  |             |                        |                      |                        |
| 产量 Yield                                | -0.75 *                                 | 1.0000      |                        |                      |                        |
| 单株荚数 Pods per plant                     | -0.77 **                                | 0.98 **     | 1.0000                 |                      |                        |
| 单荚粒数 Seed per pot                       | 0.48                                    | -0.45       | -0.43                  | 1.0000               |                        |
| 百粒重 100 -seed weight                    | -0.29                                   | 0.31        | 0.36                   | -0.23                | 1.0000                 |

## 3 结论与讨论

在本研究中,与大豆单作相比,玉米-大豆套作模式下的花荚脱落率显著降低,套作大豆的株

高、茎粗、有效分枝数和倒三叶面积显著低于单作。由于脱落率与大豆的株高、茎粗、有效分枝数和倒三叶面积呈显著正相关关系,相关系数分别为 0.71, 0.91, 0.79 和 0.90,在大豆单作模式下,植株

茎秆和叶片旺长重塑大豆的茎叶构成,导致植株群体过大,引起田间郁蔽,通风透光不良,造成病虫害发生频繁,使花荚脱落较多;然而,套作模式影响下的大豆株型,茎叶生长适度,不但为大豆花荚发育创造了良好的条件,还能保持器官间的平衡合理,协调与大豆花荚的养分竞争,减少花荚脱落。杨通隆等<sup>[16]</sup>研究单间作大豆多个性状与落花落荚的相关性指出,大豆株高和有效分枝数与花荚脱落率呈正相关关系。苗以农等<sup>[17]</sup>将开花结荚期间的养分比例失调列为大豆花荚脱落的主要生理原因。李海贤等<sup>[18]</sup>在研究扁藊豆的花荚脱落现象时得出,茎叶和花荚生长之间的养分竞争导致了供需矛盾,致使大量花荚脱落。在玉米-大豆套作模式下,减量施氮处理的有效分枝数和倒三叶面积较小,营养生长的养分竞争小,使结荚数显著高于不施氮和习惯施氮,同时,植株的平均节间长最大,提高了大豆冠层的通风透光性,降低了大豆落花数,特别是中上层落花数出现显著下降趋势,减量施氮使大豆花荚脱落率最低。王四清等<sup>[19]</sup>通过对大豆花荚形成与花荚脱落的研究得出,大豆花荚主要分布于中上层,下层的花荚脱落率最高,为100%,中层为70%左右,上层为40%左右;万燕等<sup>[20]</sup>研究发现增施氮肥促进大豆株高增加、节间伸长,花荚脱落数增加,产量降低,与本试验研究一致。但是,在大豆茎叶性状的改变带来花荚脱落率增减的过程中,植株内碳氮代谢和激素变化的作用还需要深入研究。

本研究表明,套作大豆的子粒产量与单作无显著差异,经济系数显著高于大豆单作;减量施氮相比习惯施氮,显著提高大豆产量。相关性分析显示,大豆花荚脱落率与产量和单株荚数的相关系数分别为-0.75和-0.77,皆呈显著负相关,由此说明,玉米-大豆套作模式和减量施氮降低花荚脱落率,显著提高了单株荚数,为大豆籽粒形成提供库存场所,这切合了张正翼等<sup>[21]</sup>的研究结论;此外,前期研究也表明,套作与减量施氮促进了大豆根瘤固氮,提高了套作大豆氮肥吸收利用效率<sup>[22]</sup>,有利于大豆花后干物质积累及其向籽粒的转运<sup>[23]</sup>,为高产奠定了物质基础。在本研究条件下,玉米-大豆套作模式可以通过总氮减量处理,协调大豆生长,降低花荚脱落率,激发套作模式的生产潜力,实现大豆增产,对西南地区获得大豆高产具有借鉴意义,但是本试验仅探明了套作大豆的花荚脱落规律,相关生理生化机理有待进一步研究。

## 参考文献

[1] 尹宗伦. 担起重振我国大豆产业的任务[J]. 中国食品学报,

2006(4):1-5. (Yin Z L. Undertaking the task for revitalization of our soybean [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2006, 6(4):1-5.)

- [2] 杨文钰,雍太文,任万军,等. 发展套作大豆,振兴大豆产业[J]. 大豆科学,2008,27(1):1-7. (Yang W Y, Yong T W, Ren W J, et al. Develop relay-planting soybean, revitalize soybean industry[J]. Soybean Science, 2008,27(1):1-7.)
- [3] 雍太文,董茜,刘小明,等. 施肥方式对玉米-大豆套作体系氮素吸收利用效率的影响[J]. 中国油料作物学报,2014,36(1):84-91. (Yong T W, Dong Q, Liu X M, et al. Effect of N application methods on N uptake and utilization efficiency in maize-soybean relay strip intercropping system[J]. Chinese Journal of Oil Crop Science,2014,36(1):84-91.)
- [4] 张明荣,何泽民,吴海英,等. 玉米套作大豆模式复合群体高产高效优化配置技术研究[J]. 大豆科学,2012,31(4):575-578. (Zhang M R, He Z M, Wu H Y, et al. Optimal allocation technology for compound population of relay-intercropping maize with soybean[J]. Soybean Science, 2012,31(4):575-578.)
- [5] 杨文钰,雍太文. 旱地新三熟麦/玉/豆模式的内涵与栽培技术[J]. 四川农业科技,2009(6):30-31. (Yang W Y, Yong T W. Meaning and characteristic and cultivation technique of "wheat/maize/soybean" [J]. Sichuan Agricultural Science and Technology,2009(6):30-31.)
- [6] 严君,韩晓增,王守宇,等. 不同施氮量及供氮方式对大豆根瘤生长及固氮的影响[J]. 江苏农业学报. 2010(1):75-79. (Yan J, Han X Z, Wang S Y, et al. Effects of different N supply levels and methods on nodule growth and nitrogen fixation in soybean [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Science, 2010(1):75-79.)
- [7] 甘银波,涂学文,田任久. 大豆的最佳氮肥施用时期研究[J]. 大豆科学,1998,17(4):287-291. (Gan Y B, Tu X W, Tian R J, et al. Study on optimum timing of nitrogen application on soybean[J]. Soybean Science, 1998, 17(4):287-291.)
- [8] Pantalone V R, Rebetzke G J, Burton J W, et al. Phenotypic evaluation of root traits in soybean and applicability to plant breeding[J]. Crop Science, 1996, 36(2):456-459.
- [9] 张含彬,任万军,杨文钰,等. 不同施氮量对套作大豆根系形态与生理特性的影响[J]. 作物学报,2007,33(1):107-112. (Zhang H B, Ren W J, Yang W Y, et al. Effects of different nitrogen levels on morphological and physiological characteristics of relay-planting soybean root[J]. Acta Agronomica Sinica,2007,33(1):107-112.)
- [10] 李晓红,齐明芳,李天来. 不同温度处理对番茄离体花柄脱落及其相关酶活性的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2007,38(6):780-783. (Li X H, Qi M F, Li T L, et al. Effects of different temperatures on pedicel abscission in vitro and activities of abscission-related enzyme in tomato[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2007, 38(6):780-783.)
- [11] 姜妍,吴存祥,胡珀,等. 不同结荚习性大豆品种顶端花序发育过程的形态解剖学特征[J]. 作物学报,2014(6):1117-1124. (Jiang Y, Wu C X, Hu P, et al. Morphological and anatomic characteristics on terminal raceme development of soybean varieties with different stem termination types[J]. Acta Agronomica Sinica, 2014(6):1117-1124.)
- [12] Reese R N, Dybing C D, White C A, et al. Expression of vegeta-

- tive storage protein (VSP-beta) in soybean raceme tissues in response to flower set [J]. *Journal of Experimental Botany*, 1995, 46(289): 957-964.
- [13] 张静. 大豆花荚脱落原因及防止对策[J]. 现代农业科技, 2008(14):184. (Zhang J. The causes and prevention measures about flower and pod abscission of soybean [J]. *Modern Agricultural Sciences and Technology*, 2008(14):184.)
- [14] 张兴文,任红玉,严红. 大豆花荚败育及脱落的研究进展[J]. 大豆科学, 2002, 21(4): 290-294. (Zhang X W, Ren H Y, Yan H. Advances on study of abscission and abortion of soybean flowers and pods [J]. *Soybean Science*, 2002, 21(4): 290-294.)
- [15] 郁进元,何岩,赵忠福,等. 长宽法测定作物叶面积的校正系数研究[J]. 江苏农业科学,2007(2):37-39. (Yu J Y, He Y, Zhao Z F, et al. Correcting coefficient of leaf area by menstruation of the leaf length and width [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2007(2): 37-39.)
- [16] 王家伦,杨通隆,王照达,等. 大豆花荚脱落的研究 II 大豆主要农艺性状与花荚脱落的相关分析[J]. 耕作与栽培,1992(5):10-15. (Wang J L, Yang T L, Wang Z D, et al. The research about abscission of flower and pod of soybean II correlation analysis of agronomic traits and flower and pod shedding [J]. *Tillage and Cultivation*, 1992(5):10-15.)
- [17] 杨文杰,苗以农,周晓丽,等. 大豆不同生育时期叶片、叶柄、荚皮和籽粒氨基酸含量的变化[J]. 东北师大学报(自然科学版),1991(1):133-136. (Yang W J, Miao Y N, Zhou X L, et al. Amino acid contents in leaf blade, leaf stalk, pod waste and seed of soybean at different growth stages [J]. *Journal of Northeast Normal University*, 1991(1):133-136.)
- [18] 李海贤,石凤翎,高翠萍. 扁扁豆开花习性及其花荚脱落现象的初步研究[J]. 种子,2006(4):11-14,17. (Li H X, Shi F L, Gao C P, et al. Primary study on flowering behaviour and the shedding of flowering and pod of melilotoides ruthenica [J]. *Seed*, 2006(4): 11-14, 17.)
- [19] 王四清,高聚林,刘克礼,等. 大豆花荚形成与花荚脱落的研究[J]. 内蒙古农业科技,2006(2):8-10. (Wang S Q, Gao J L, Liu K L, Zhang S. The examination about the formation and abscission of flower and pod of soybean [J]. *Inner Mongolia Agricultural Science And Technology*, 2006(2): 8-10.)
- [20] 万燕,闫艳红,杨文钰. 不同氮肥水平下叶面喷施烯效唑对套作大豆生长和氮代谢的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2012, 38: 185-196. (Wang Y, Yan Y H, Yang W Y, et al. Effects of foliar spraying uniconazole on growth and nitrogen metabolism of relay strip intercropping soybean under different nitrogen levels [J]. *Journal of Zhejiang University (Agricultural & Life Science)*, 2012, 38: 185-196.)
- [21] 张正翼,龚万灼,杨文钰,等. 套作模式下不同大豆品种(系)主要农艺性状与产量的关系[J]. 大豆科学, 2007, 26: 680-686. (Zhang Z Y, Gong W Z, Yang W Y, et al. Correlation between agronomic characters and yield in relay-planting soybeans [J]. *Soybean Science*, 2007, 26: 680-686.)
- [22] 刘文钰,雍太文,杨文钰,等. 减量施氮对玉米-大豆套作体系中大豆根瘤固氮及氮素吸收利用的影响[J]. 大豆科学, 2014, 33(5): 705-712. (Liu W Y, Yong T W, Yang W Y, et al. Effect of reduced N application on nodule N fixation, N uptake and utilization of soybean in maize-soybean relay strip intercropping system [J]. *Soybean Science*, 2014, 33(5): 705-712.)
- [23] 刘小明,雍太文,苏本营,等. 减量施氮对玉米-大豆套作系统中作物产量的影响[J]. 作物学报, 2014, 40(9): 1629-1638. (Liu X M, Yong T W, Su B Y. Effect of reduced N application on crop yield in maize-soybean intercropping system [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2014, 40(9): 1629-1638.)

中国科技核心期刊、中国农业核心期刊、  
全国中文核心期刊、全国优秀农业期刊

## 《植物遗传资源学报》征订启事

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院作物科学研究所和中国农学会主办的学术期刊,为中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库来源期刊(核心期刊)、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊,又被《中国生物学文摘》和中国生物学文献数据库、中文科技期刊数据库收录。据中信所 2014 年期刊学术影响因子年报统计,《植物遗传资源学报》影响因子为 1.146(综合影响因子 1.396),在全国农艺和园艺类期刊中排名第 5 位,在全国 1998 种科技核心期刊中排名第 157 位。

报道内容为大田、园艺作物,观赏、药用植物,林用植物、草类植物及其一切经济植物的有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。诸如,种质资源的考察、收集、保存、评价、利用、创新,信息学、管理学等;起源、演化、分类等系统学;基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

双月刊,大 16 开本,196 页。定价 20.00 元,全年 120.00 元。各地邮局发行。

邮发代号:82-643。国内刊号 CN11-4996/S,国际统一刊号 ISSN1672-1810。

本刊编辑部常年办理订阅手续,如需邮挂每期另加 3.00 元。

地址:北京市中关村南大街 12 号《植物遗传资源学报》编辑部

邮编:100081 电话:010-82105794 010-82105796(兼传真)

网址:www.zwyczy.cn

E-mail:zwyczyxb2003@163.com zwyczyxb2003@caas.cn