

播期对套作专用高蛋白大豆农艺性状、产量及品质的影响

吴海英¹, 于晓波^{1,2}, 梁建秋¹, 杨 鹏¹, 冯 军¹, 张明荣¹, 刘国林¹

(1. 南充市农业科学院 大豆研究所/国家大豆产业技术体系南充综合试验站, 四川 南充 637000; 2. 四川农业大学 农学院, 四川 雅安 625014)

摘 要:为探寻四川东北地区套作大豆的最适宜播期, 设置6月5日、6月15日、6月25日、7月5日、7月15日、7月25日6个播期, 选用套作高蛋白专用大豆品种南豆12和南夏豆25, 在大田试验下研究其在玉米-大豆带状套作模式下的生育进程、农艺性状、产量及品质表现, 结果表明: 随着播期的推迟, 大豆营养生长期(V)、生殖生长期(R)和全生育期均逐渐缩短, R/V增加, 且播期的改变对南豆12生育期构成的影响明显大于南夏豆25; 株高降低, 茎粗减小, 分枝数、主茎节数和完整粒率下降, 经济系数减小, 空荚率上升; 各处理下南豆12和南夏豆25产量和蛋白质含量以6月15日表现最好, 产量分别为2 172.6和2 539.7 kg·hm⁻², 蛋白质含量分别为49.1%和47.8%; 6月25日次之。由此可见, 四川东北地区套作高蛋白大豆的适宜播期为6月中旬和下旬。

关键词:套作; 播期; 高蛋白大豆; 农艺性状; 产量

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2015.05.0801

Effect of Sowing Time on Agronomic Traits, Yield and Quality of Intercropped Specific High-protein Soybean in Maize-Soybean Relay Strip Intercropping System

WU Hai-ying¹, YU Xiao-bo^{1,2}, LIANG Jian-qiu¹, YANG Peng¹, FENG Jun¹, ZHANG Ming-rong¹, LIU Guo-lin¹

(1. Nanchong Institute of Agricultural Sciences/Nanchogn station of China Soybean Industrial Technology System, Nanchong 637000, China; 2. College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

Abstract: To determine the best sowing time of intercropped soybean in northeastern region of Sichuan Province, two high-protein soybean cultivars (Nandou 12 and Nanxiadou 25) with better adaptation to intercropping were planted at six dates (June 5th, June 15th, June 25th, July 5th, July 15th, and July 25th) in maize-soybean intercropping system. Growth stages, agronomic traits, yield, and seed quality were investigated in this experiment. The results showed that the vegetative, reproductive and whole growth stages became shorter, but the ratio of reproductive stage and vegetative stage increased under the delay of sowing times. Delayed planting date had higher degree of effects on component of growth stage on Nandou 12 than Nanxiadou 25. Plant height, stem diameter, branch number, nodes number on mainstem, seed filling rate and harvest indexes decreased, while non-filled rate increased under delayed sowing times. Two tested soybean cultivars had the highest yield and protein content at the plating date of June 15th. At this plant date, the yields of Nandou 12 and Nanxiadou 25 were 2 172.6 and 2 539.7 kg·ha⁻¹, respectively, and the protein content of Nandou 12 and Nanxiadou 25 were 49.1% and 47.8%, respectively. Two soybean cultivars also had higher level of seed yield and protein yield at the planting date of June 25th in this experiment. In summary, the best plating dates in northeastern region of Sichuan Province is middle and late June.

Keywords: Intercropping; Sowing date; High-protein soybean; Agronomic trait; Yield

玉米-大豆带状复合种植作为我国南方丘陵旱地的一种主体模式, 具有十分明显的生态和社会效益, 是一种可持续发展的生态友好型农业生产方式。近年来随着该模式的迅速发展, 南方地区大豆种植面积逐年增加, 区域粮食生产能力显著提高, 使得西南地区成为我国重要的大豆产区之一^[1]。与东北、黄淮海大豆主产区相比, 我国西南地区的低纬度和特殊的气候使得该地区蛋白质含量普遍较高, 高蛋白大豆品种的选育一直是重要的育种方向之一。大豆蛋白质含量既受遗传控制, 也受环境

条件的影 响^[2-3]。玉米-大豆带状复合种植模式下, 大豆在与玉米竞争过程中处于劣势, 其生长的微环境发生改变, 需要通过合理调控田间布局^[4-5]、筛选适宜品种的播期和密度^[6]、提高肥料利用效率^[7]等栽培措施实现大豆产量和效益的增加。在适宜的种植区域内, 不同播期对大豆产量潜力的发挥有直接影响, 播期的调节使作物能够充分利用光、水、热等气候资源, 是作物高产稳产的关键措施。栾晓燕等^[8]研究了不同大豆品种生育阶段与光合产物的积累, 表明大豆晚播会加速大豆生育进

程,分枝数、分枝展开叶明显减少,生殖生长期缩短,干物质积累和产量下降,且不同熟性品种间下降幅度差异明显;卞新民等^[9]通过对间套作复合群体内作物的时空配置进行研究,表明套作大豆对播期反应敏感,且随播期的推迟,大豆群体产量显著下降;袁晋等^[10]通过分析川中丘陵地区气候因子对套作大豆产量的影响,发现玉米-大豆带状模式下大豆产量会随着播期的推迟而逐渐下降,适时早播则有利于产量形成;徐婷等^[11]通过研究播期和密度对套作大豆干物质积累及产量的影响表明,大豆单株干物质积累和籽粒产量均随着播期的推迟而下降,但可以通过密度的增加对群体产量进行补偿。

四川东北部丘陵地区春旱、伏旱等季节性干旱发生明显,同时降雨分配集中,洪涝灾害发生频率高、危害大,大豆成熟期又常遇绵雨天气,对大豆的生产和收获造成了较大的影响,因此探寻本生态区适宜的播期对于保障大豆产量形成显得尤为重要。本文通过研究不同播期对玉米-大豆带状复合种植模式下大豆生育进程、农艺性状及产量和品质的影响,旨在寻找出适合当地生态气候条件的最适宜播期,为四川东北地区套作大豆发展提供技术支撑和理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

玉米品种为半紧凑型的成单 30,由四川省农业科学院作物所提供;大豆品种为套作专用高蛋白大豆品种南豆 12(蛋白质含量 51.79%) 和南夏豆 25(蛋白质含量 49.10%),由南充市农业科学院提供。

供试土壤为紫色土,pH6.68,土壤耕层基础肥力:有机质 17.85 g·kg⁻¹,全氮 1.14 g·kg⁻¹,全磷 1.42 g·kg⁻¹,全钾 24.21 g·kg⁻¹,速效氮 75.14 mg·kg⁻¹,速效磷 15.74 mg·kg⁻¹,速效钾 122.37 mg·kg⁻¹。

1.2 试验设计

试验于 2012 年 3~11 月在四川省南充市西充县青狮镇进行(N30°528',E105°366')。采用两因素裂区试验设计,在玉米-大豆带状套作复合种植模式下进行。A 为品种:南豆 12(A1),南夏豆 25(A2);B 为播期,6 月 5 日(B1)、6 月 15 日(B2)、6 月 25 日(B3)、7 月 5 日(B4)、7 月 15 日(B5)、7 月 25 日(B6)。玉米采用宽窄行种植模式,4 月 6 日播种,南北朝向,窄行间距 0.5 m,宽行间距 1.5 m,株距 0.2 m;大豆于各播种期播于玉米宽行内,每幅种植 2 行,行距 0.4 m,窝距 0.2 m,每窝 2 株。小区长 5 m,宽 4 m,面积 20 m²,3 次重复。玉米 8 月 9 日统

一收获。各小区施肥水平一致,田间管理按常规进行。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 生育时期 记载各播期大豆的出苗期、开花期、成熟期以及与玉米的共生天数。

1.3.2 考种项目 大豆成熟时,每小区取具有代表性的 20 株,考察株高、茎粗、分枝、主茎节数、节间长等形态性状指标;考察单株有效荚数、无效荚数、单株粒数、百粒重等产量性状指标;考察各处理下的籽粒完整粒率和经济系数:完整粒率(%) = 单株完整正常的籽粒质量/单株总籽粒产量 × 100,经济系数 = 籽粒产量/植株总生物量。

1.3.3 品质测定 近红外品质分析仪(USA, FOSS Infratec TM 1241)测定大豆籽粒蛋白质和脂肪含量。

1.4 数据分析

采用 Excel 2007 和 SPSS 17.0 软件进行数据处理和分析。

2 结果与分析

2.1 不同播期对大豆生育期的影响

由表 1 可知,两个大豆品种的播种至出苗日数、营养生长期和生殖生长期均随着播期的推迟而缩短,A1 和 A2 的 B6 处理的全生育期较 B1 分别缩短 34 和 28 d。从大豆生育进程看,B1 播期下 A2 较 A1 提前开花 15 d,B6 播期下仅提前 3 d;B1 播期下 A2 较 A1 提前成熟 7 d,B6 播期下仅提前 3 d,随着播期的推迟,生殖生长期/营养生长期(R/V)逐渐增加,表明播期的推迟对营养生长的影响要大于生殖生长。从大豆的生育期构成看,与 B1 相比,B6 播期下 A1 和 A2 的营养生长期分别缩短 24 和 7 d,A2 则分别缩短 12 和 14 d,R/V 显著增加;A2 的营养生长期和生殖生长期分别缩短 13 和 15 d,R/V 显著增加。从 R/V 值的变化幅度看,A1 的变幅明显大于 A2,表明与 A2 相比,播期的推迟对 A1 生育期构成的改变更为明显。

2.2 不同播期对大豆农艺性状的影响

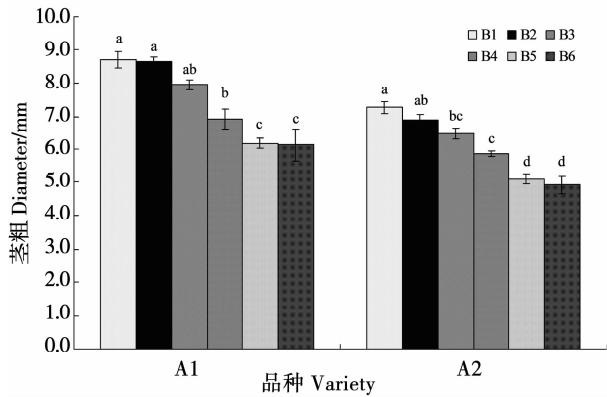
2.2.1 茎粗 两个大豆品种的茎粗均随着播期的推迟呈逐渐下降的趋势(图 1)。从播期看,A1 和 A2 的茎粗在 B1 至 B4 播期下均显著高于 B5 和 B6,B1 和 B2 播期下均显著高于 B4 播期,B1 和 B2、B5 和 B6 间均无显著差异;从品种看,与前一播期相比,A1 的茎粗在 B4 播期下降幅度最大,较 B3 下降 13.04%,A2 则在 B5 播期下降幅度最大,较 B4 下降 12.89%。与最早播期 B1 相比,A1 和 A2 的茎粗在 B6 播期下分别下降 28.36% 和 33.62%。

表 1 不同播期下大豆品种的生育期表现

Table 1 Effects of sowing time on the growth period of different soybean variety

| 处理 | | 出苗期 | 开花期 | 成熟期 | 播种 - 出苗 | 营养生长 | 生殖生长 | 全生育期 | R/V | 玉豆共生 |
|-----------|----|---------|---------|---------|---------|------|------|-------|------|-------|
| Treatment | | E | F | M | SD | V /d | R /d | WGP/d | | SP /d |
| A1 | B1 | 06 - 12 | 08 - 14 | 10 - 19 | 7 | 64 | 66 | 137 | 1.03 | 65 |
| | B2 | 06 - 22 | 08 - 19 | 10 - 23 | 7 | 59 | 65 | 131 | 1.10 | 55 |
| | B3 | 07 - 01 | 08 - 22 | 10 - 26 | 6 | 53 | 65 | 124 | 1.23 | 45 |
| | B4 | 07 - 10 | 08 - 28 | 10 - 29 | 5 | 50 | 62 | 117 | 1.24 | 35 |
| | B5 | 07 - 19 | 09 - 02 | 11 - 02 | 4 | 46 | 61 | 111 | 1.33 | 25 |
| | B6 | 07 - 29 | 09 - 06 | 11 - 05 | 4 | 40 | 59 | 103 | 1.48 | 15 |
| 平均值 Mean | | - | - | - | 5.5 | 52 | 63 | 120.5 | 1.21 | 40 |
| A2 | B1 | 06 - 12 | 07 - 30 | 10 - 12 | 7 | 49 | 74 | 130 | 1.51 | 65 |
| | B2 | 06 - 22 | 08 - 05 | 10 - 15 | 7 | 45 | 71 | 123 | 1.58 | 55 |
| | B3 | 07 - 01 | 08 - 11 | 10 - 20 | 6 | 42 | 70 | 118 | 1.67 | 45 |
| | B4 | 07 - 11 | 08 - 20 | 10 - 26 | 6 | 41 | 67 | 114 | 1.63 | 35 |
| | B5 | 07 - 20 | 08 - 28 | 10 - 29 | 5 | 40 | 62 | 107 | 1.55 | 25 |
| | B6 | 07 - 29 | 09 - 03 | 11 - 02 | 5 | 37 | 60 | 102 | 1.62 | 15 |
| 平均值 Mean | | - | - | - | 6 | 42.3 | 67.3 | 115.5 | 1.59 | 40 |

E: Emergency; F: Flowering; M: Maturity; SD: Sowing to emergency; V: Vegetative growth period; R: Reproductive growth period; WGP: Whole growth period; SP: Symbiotic period.



不同字母表示同一品种不同播期差异显著。下同。
Values with the different letters meant significant difference at 0.05 level of the same variety. The same below.

图 1 不同播期下大豆品种的茎粗

Fig. 1 Effect of sowing time on soybean diameter

2.2.2 株高 随着播期的推迟两个大豆品种的株高均呈逐渐降低的趋势(图2)。A1 株高在 B1 和 B2 播期下显著高于其它播期,B3 显著高于 B5 和 B6;A2 株高则表现为 B1 显著高于其它播期,B2 和 B3 显著高于 B4、B5 和 B6。与最早播期 B1 相比,B6 处理下 A1 和 A2 分别下降 36.80% 和 29.41%,其中 A1 和 A2 较前一播期下降幅度最大的时间不同,A1 的 B5 处理较 B4 下降 15.25%,A2 的 B4 较 B3 下降 14.07%。

2.2.3 主茎节数、节间距和分枝数 两品种大豆的主茎节数和分枝数均随着播期的推迟而显著下降,A1 和 A2 在 B6 期的主茎节数和分枝数较 B1 分别下降了 25.73% 和 64.80%(表2)。两品种的主茎节数和分枝数随播期推迟均在 B5 播期出现最大降

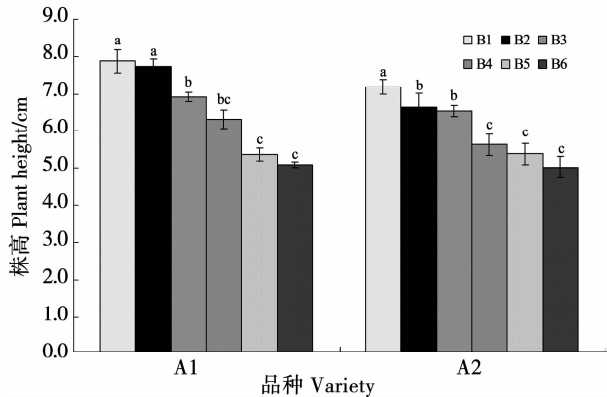


图 2 不同播期下大豆品种的株高

Fig. 2 Effect of sowing time on soybean plant height

幅,与 B4 播期相比 A1 和 A2 分别下降 13.35% 和 30.43%。从节间长可以看出,随着播期的推迟品种间的差异逐渐减小。从品种看,A1 节间长随着播期的推迟显著下降,B1 较 B6 高出 17.20%,且 B1 和 B2 显著高于 B4、B5 和 B6;A2 节间长也随播期的推迟而有所下降,但下降程度不明显。

表 2 不同播期下大豆的主茎节数、分枝数和节间长

Table 2 Effects of sowingtime on node number, branch number and internode length

| 处理 | | 主茎节数 | 分枝数 | 节间长 |
|-----------|----|-------------|---------------|---------------------|
| Treatment | | Node number | Branch number | Internode length/cm |
| A1 | B1 | 17. 19 | 4. 97 | 4. 65 |
| | B2 | 16. 33 | 4. 78 | 4. 59 |
| | B3 | 15. 96 | 4. 26 | 4. 27 |
| | B4 | 15. 38 | 3. 84 | 4. 08 |
| | B5 | 13. 62 | 2. 95 | 3. 90 |
| | B6 | 12. 96 | 2. 32 | 3. 85 |

续表 2

| 处理 | | 主茎节数 | 分枝数 | 节间长 |
|-----------|----|-------------|---------------|---------------------|
| Treatment | | Node number | Branch number | Internode length/cm |
| A2 | B1 | 16. 93 | 4. 68 | 4. 21 |
| | B2 | 16. 27 | 4. 63 | 4. 11 |
| | B3 | 15. 68 | 4. 01 | 4. 08 |
| | B4 | 15. 66 | 3. 37 | 3. 96 |
| | B5 | 13. 27 | 2. 10 | 4. 02 |
| | B6 | 12. 37 | 2. 04 | 4. 01 |
| A1 | | 15. 24 a | 3. 78 a | 4. 24 a |
| A2 | | 14. 91 a | 3. 39 a | 4. 04 a |
| B1 | | 17. 06 a | 4. 83 a | 4. 38 a |
| B2 | | 16. 30 b | 4. 71 a | 4. 40 a |
| B3 | | 15. 82 bc | 4. 14 b | 4. 21 ab |
| B4 | | 15. 32 c | 3. 61 c | 3. 97 b |
| B5 | | 13. 45 d | 2. 53 d | 3. 95 b |
| B6 | | 12. 67 e | 1. 70 e | 3. 94 b |

同一列中标以不同字母表示差异达 5% 显著水平,下表同。
Values followed by different letters within the same line are significantly different at 0. 05 level. The same below.

表 3 不同播期下的大豆产量和产量构成因子
Table 3 Effect of sowingtime on yield and yield components of soybean

| 处理 | | 单株有效荚数 | 单株无效荚数 | 单株粒数 | 单株粒重 | 百粒重 | 荚粒数 | 空荚率 | 产量 |
|-----------|----|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Treatment | | Available pods per plant | Unavailable pods per plant | Seeds number per plant | Seed weight per plant/g | 100-seed weight/g | Seed number per pod | Flat rate of pod/% | Yield /kg·hm ⁻² |
| A1 | B1 | 70. 7 | 3. 2 | 117. 8 | 21. 60 | 18. 34 | 1. 67 | 4. 36 | 2170. 7 |
| | B2 | 80. 5 | 3. 8 | 138. 2 | 26. 99 | 19. 53 | 1. 72 | 4. 52 | 2712. 6 |
| | B3 | 75. 4 | 4. 7 | 129. 1 | 23. 59 | 18. 27 | 1. 71 | 5. 90 | 2370. 5 |
| | B4 | 56. 9 | 5. 6 | 94. 0 | 16. 78 | 17. 85 | 1. 65 | 8. 90 | 1686. 3 |
| | B5 | 42. 3 | 6. 7 | 68. 3 | 11. 22 | 16. 43 | 1. 61 | 13. 59 | 1127. 9 |
| | B6 | 37. 1 | 7. 6 | 59. 5 | 9. 86 | 16. 56 | 1. 60 | 17. 08 | 990. 8 |
| A2 | B1 | 44. 0 | 3. 3 | 74. 0 | 21. 59 | 29. 19 | 1. 68 | 6. 97 | 2169. 8 |
| | B2 | 50. 5 | 4. 0 | 81. 9 | 25. 27 | 30. 87 | 1. 62 | 7. 28 | 2539. 7 |
| | B3 | 43. 1 | 3. 5 | 74. 6 | 22. 79 | 30. 55 | 1. 73 | 7. 55 | 2290. 4 |
| | B4 | 36. 5 | 5. 1 | 59. 9 | 17. 78 | 29. 67 | 1. 64 | 12. 31 | 1786. 9 |
| | B5 | 30. 2 | 6. 9 | 46. 4 | 13. 16 | 28. 34 | 1. 54 | 18. 71 | 1322. 6 |
| | B6 | 22. 2 | 7. 1 | 33. 5 | 9. 41 | 28. 05 | 1. 51 | 24. 30 | 945. 8 |
| A1 | | 60. 5 a | 5. 3 a | 101. 2 a | 18. 30 a | 17. 83 b | 1. 66 a | 9. 10 b | 1843. 5 a |
| A2 | | 37. 8 b | 5. 0 a | 61. 7 b | 18. 33 a | 29. 45 a | 1. 62 a | 12. 9 a | 1842. 0 a |
| B1 | | 57. 4 b | 3. 6 d | 95. 9 b | 21. 59 c | 23. 77 b | 1. 67 b | 5. 67 e | 2170. 2 c |
| B2 | | 65. 5 a | 3. 9 d | 110. 0 a | 26. 13 a | 25. 20 a | 1. 67 b | 5. 90 e | 2625. 1 a |
| B3 | | 59. 3 b | 4. 1 d | 101. 8 b | 23. 19 b | 24. 41 ab | 1. 72 a | 6. 72 d | 2330. 4 b |
| B4 | | 46. 7 c | 5. 3 c | 77. 0 c | 17. 28 d | 23. 76 b | 1. 65 b | 10. 61 c | 1736. 5 d |
| B5 | | 36. 2 d | 6. 8 b | 57. 4 d | 12. 19 e | 22. 39 c | 1. 58 c | 16. 15 b | 1225. 2 e |
| B6 | | 29. 7 e | 7. 4 a | 46. 5 e | 9. 63 f | 22. 31 c | 1. 56 c | 20. 69 a | 968. 3 f |

2. 4 不同播期对大豆品质的影响

由表 4 可以看出,随着播期的推迟大豆籽粒蛋白及蛋脂和含量均表现为先降后升的变化趋势,脂

2. 3 不同播期下大豆的产量及其产量构成

由表 3 可以看出,随着播期的推迟,产量表现呈先升后降的趋势,以 B2 处理最高,显著高于其它播期,B4 处理下大豆产量较前一播期下降幅度最为明显,A1 和 A2 分别较 B3 分别下降 28. 86% 和 21. 98%;随着播期的推迟,大豆单株无效荚数和空荚率逐渐增加,除 B1 和 B2 外其它播期处理间差异均达显著水平。从产量构成看,B2 的单株有效荚、单株粒数和单株粒重均显著高于其它播期,B3 的单荚粒数则显著高于其它处理,百粒重则表现为 B2 显著高于除 B3 外的其它处理。通过对不同大豆品种的产量和产量构成进行分析发现,两品种的无效荚数无显著差异,但由于 A2 的有效荚数显著低于 A1,使其空荚率显著高于 A1。A1 的单株有效荚和单株粒数显著高于 A2,分别高出 60. 16% 和 63. 88%,而 A2 的百粒重则较 A1 高出 65. 14%,使得品种间的单株粒重差异不明显。

肪含量则逐渐下降。B1、B5、B6 的蛋白含量均显著高于 B3 播期,品种间表现为 A1 显著高于 A2;籽粒脂肪含量在 B1 至 B4 播期均显著高于 B5 和 B6,品

种间差异不显著;蛋脂总量表现为 B1 显著高于 B3, 品种间表现为 A1 显著高于 A2。

表 4 不同播期下大豆籽粒的品质表现

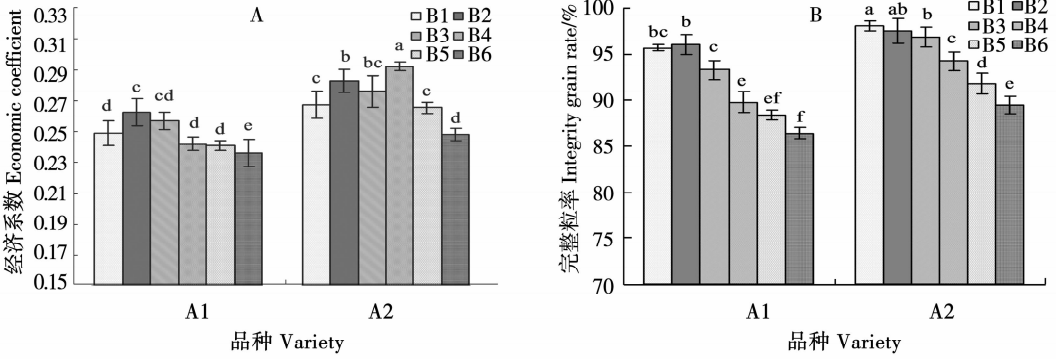
Table 4 Effect of sowing time on soybean quality

| 处理 | | 蛋白质 | 脂肪 | 蛋脂总量 | 处理 | | 蛋白质 | 脂肪 | 蛋脂总量 |
|-----------|----|-----------|-------|-----------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------------|
| Treatment | | Protein/% | Oil/% | Protein + oil/% | Treatment | | Protein/% | Oil/% | Protein + oil/% |
| A1 | B1 | 49.6 | 18.4 | 68.0 | A1 | 49.5 a | 17.3 a | 66.8 a | |
| | B2 | 49.1 | 18.4 | 67.5 | A2 | 47.8 b | 17.3 a | 65.2 b | |
| | B3 | 48.7 | 18.0 | 66.7 | B1 | 48.9 a | 17.8 a | 66.7 a | |
| | B4 | 49.3 | 17.8 | 67.1 | B2 | 48.5 ab | 17.8 a | 66.3 ab | |
| | B5 | 49.5 | 16.1 | 65.6 | B3 | 47.8 b | 17.5 a | 65.3 b | |
| | B6 | 50.8 | 15.0 | 65.8 | B4 | 48.4 ab | 17.7 a | 66.1 ab | |
| A2 | B1 | 48.2 | 17.1 | 65.3 | B5 | 49.0 a | 16.9 b | 65.9 ab | |
| | B2 | 47.8 | 17.2 | 65 | B6 | 49.5 a | 16.2 b | 65.7 ab | |
| | B3 | 46.9 | 17.0 | 63.9 | | | | | |
| | B4 | 47.4 | 17.6 | 65 | | | | | |
| | B5 | 48.5 | 17.7 | 66.2 | | | | | |
| | B6 | 48.2 | 17.4 | 65.6 | | | | | |

2.5 不同播期下大豆的经济系数和籽粒完整粒率

由图 3 可以看出,随着播期的推迟两个品种的经济系数变化趋势不同,其中 A1 表现为先升后降的单峰变化,其 B2 显著高于 B1、B4 和 B5,B6 显著低于其它处理;A2 在 B2 和 B4 期有两个峰值,变化趋势呈“M”型,其 B4 显著高于其它处理,B2 显著高于 B1 和 B5。从品种间看,两品种的经济系数差异显著,A2 在除 B3 外的各播期下均显著高于 A1,表明 A2 的光合产物向籽粒分配比例更高。

随着播期的推迟,两个品种的完整粒率均呈逐渐下降的趋势,这可能是由于播期的推迟导致其成熟期较晚造成的。从品种间看,两品种的完整粒率差异显著,A2 在除 B2 外的各播期下均显著高于 A1,这与 A2 成熟和收获较 A1 提前有关。A1 在 B1 和 B2 播期完整粒率最高,且显著高于其它处理;A2 在 B1 至 B3 播期均有较高的完整粒率,且均显著高于 B4、B5 和 B6。



图中不同字母表示处理间差异达到 5% 显著水平。
Values with the different letters meant significant difference at 0.05 level.

图 3 不同播期大豆的经济系数和籽粒完整粒率

Fig.3 Effect of sowing time on soybean economic coefficient and integrity grain rate

3 结论与讨论

大豆属于典型的短日照植物,对光温反映十分敏感,其适应范围直接受光温条件的控制。玉米-大豆带状套作复合种植模式下,高位作物玉米对光的选择性吸收使得低位大豆所处光环境发生剧烈

变化^[12]。播期过早,大豆与玉米共生时期增加,大豆受到玉米荫蔽的程度增强、时间加长,影响大豆植株的形态建成,极易产生倒伏;晚播则会加快大豆生育进程,营养生长期缩短,植物干物质积累量减少,限制大豆产量潜力的发挥^[5-6]。在本试验研究中,播期推迟,气温升高、雨水增多导致大豆出苗

所需时间缩短;营养生长期、生殖生长期和全生育期均随着播期的推迟而逐渐缩短,R/V 则逐渐增加,且播期的改变对南豆 12 生育期构成的影响明显大于南夏豆 25,这实质是不同大豆品种生理特性对光照长短及温度变化等综合环境因素综合的适应性反应^[13]。播期推迟引起的大豆生育期缩短,使得植株生育进程加快,物质积累减少,导致茎粗减小,株高降低,分枝数和主茎节数减少。

前人研究表明,作物产量会随着播期的推迟而降低,产量结构发生明显改变^[14-17]。本试验结果表明,大豆产量随着播期的推迟呈先增后降的趋势,6 月 15 日和 25 日的产量均高于 6 月 5 日播种的产量,其主要原因是由于玉米与大豆共生期缩短,植株的形态建成以及叶片生长发育受玉米荫蔽的影响减小^[18],不易倒伏且保证了较高的光合生产能力。随着播期的推迟,大豆叶面积指数减小,干物质积累降低,光合产物向籽粒分配的能力下降,导致籽粒产量下降,经济系数减小,空荚率上升。

大豆蛋白质和脂肪等品质性状受数量性状控制,其表现既受品种自身遗传特性控制,也受到外界环境因素的调控,不同品种在不同播期条件下由于生育期间外界环境因子的变化,品质必然发生变化^[19]。本试验条件下,大豆脂肪含量随着播期的推迟逐渐下降,蛋白质及蛋脂总量品种间差异均显著,这与前人研究结果相同^[20-21];大豆蛋白质和脂肪百分含量播期间差异明显小于品种间差异,但蛋白质和脂肪的绝对产量由于大豆籽粒产量的调节效应则表现为品种间差异小于播期间差异,表明在本试验条件下大豆籽粒品质受自身遗传特性的调控要明显大于播期间的调节效应,而群体蛋白质和脂肪产量受到的产量的调控更加明显。四川的夏旱基本在 6 月上、中旬结束,之后雨水较多,有利于大豆种子的出苗及苗期的正常生长。同时结合本试验下大豆产量和品质分析表明,套作高蛋白大豆的最佳播期为 6 月 15 日,其次为 6 月 25 日。

参考文献

[1] 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 Sciences, 2008, 27(1): 1-7.)

[2] 何志鸿,徐永华,林凤英. 世界不同维度与海拔大豆蛋白质和脂肪分布概势[J]. 大豆科学, 1990, 9(1): 65-70. (He Z H, Xu Y H, Lin F Y. World wide geographical distribution of soybean chemical quality in relation to latitude and elevation[J]. Soybean Science, 1990, 9(1): 65-70.)

[3] 傅艳华,刘瑞华,李楠,等. 大豆籽粒脂肪和蛋白质含量的稳定性研究初报[J]. 中国油料, 1995, 17(1): 26-28. (Fu Y H, Liu R H, Li N, et al. A preliminary study on stability of fat and protein contents in soybean seeds[J]. Chinese Oil, 1995, 17(1): 26-28.)

[4] 王竹,伍晓艳,吴其林. 玉米株型和幅宽对套作大豆初花期形态建成及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(2): 323-329. (Wang Z, Wu X Y, Wu Q L, et al. Effects of maize plant type and planting width on the early morphological characters and yield of relay-planted soybean[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(2): 323-329.)

[5] 闫艳红,李兴佐,邓卫民. 不同品种及播期对丘区套作大豆产量的影响[J]. 大豆科学, 2007, 26(4): 544-549. (Yan Y H, Li X Z, Deng W M. Effect of different varieties and sowing dates on the yield of relay-cropping soybean in the mound district[J]. Soybean Sciences, 2007, 26(4): 544-549.)

[6] 雍太文,向达兵,张亚飞. 玉/豆套作模式下玉米播期与密度对大豆农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学, 2009, 28(30): 440-444. (Yong T W, Xiang D B, Zhang Y F, et al. Effect of maize sowing time and density on the agronomic characters and yield of soybean in relay-planting system of maize and soybean[J]. Soybean Sciences, 2009, 28(30): 440-444.)

[7] 闫艳红,杨文钰,张新全,等. 施氮量对套作大豆花后光合特性、干物质积累及产量的影响[J]. 草业学报, 2011, 20(3): 233-238. (Yan Y H, Yang W Y, Zhang X Q, et al. Effects of different nitrogen levels on photosynthetic characteristics, dry matter accumulation and yield of relay strip intercropping *Glycine max* after blooming[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2011, 20(3): 233-238.)

[8] 栾晓燕,杜维广,陈怡,等. 播期对不同大豆品种生育阶段与光合产物积累的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2003(4): 9-11. (Luan X Y, Du W G, Chen Y, et al. Effect of sowing date on accumulation of assimilate and growth period of soybean cultivars[J]. Heilongjiang Agricultural Science, 2003(4): 9-11.)

[9] 卞新民. 苏南丘陵旱地麦/玉米/秋作复合群体时空结构配置研究[J]. 耕作与栽培, 1999(5): 14-15. (Bian X M. Study on the temporal and spatial structure of wheat/maize/autumn composite system in South of Jiangsu hilly dryland[J]. Farming and Cultivation, 1999(5): 14-15.)

[10] 袁晋,罗庆民,刘卫国,等. 气象因子对川中丘陵地区带状套作大豆产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2014, 36(6): 777-783. (Yuan J, Luo Q M, Liu W G, etc. Effect of meteorological factors on yield of relay strip intercropping soybean in hilly area of the central Sichuan Basin[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2014, 36(6): 777-783.)

[11] 徐婷,雍太文,刘文钰,等. 播期和密度对玉米-大豆套作模式下大豆植株、干物质积累及产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2014, 36(5): 593-601. (Xu T, Yong T W, Liu W Y, et al. Effects of sowing time and density on soybean agronomic traits, dry matter accumulation and yield in maize-soybean relay strip intercropping system[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2014, 36(5): 593-601.)

[12] Feng Y, Shan H, Rencai G, et al. Growth of soybean seedlings in

relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red:far-red ratio[J]. *Field Crop Research*, 2014, 155: 245-253.

[13] 莫新,朱国金,程伟东. 气象条件对广西春大豆生长发育及产量的影响[J]. *大豆科学*, 1991, 10(3): 234-239. (Mo X, Zhu G J, Cheng W D, et al. Effect of meteorological factors on growth development and yield of spring soybean[J]. *Soybean Sciences*, 1991, 10(3): 234-239.)

[14] 赵双进,张孟臣,杨春燕,等. 栽培因子对大豆生长发育及群体产量的影响[J]. *中国油料作物学报*, 2002, 4(24): 30-32. (Zhao S J, Zhang M C, Yang C Y, et al. Effect of culture factors on growth and yield of soybean I. Effect of sowing date, density, space in row and plant space on yield[J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2002, 4(24): 30-32.)

[15] Chen G H, Wiattak P. Soybean development and yield are influenced by planting date and environment conditions in the south-eastern coastal plain, United States[J]. *Agronomy Journal*, 2010, 102: 1731-1737.

[16] Egli D B, Cornelius P L. A regional analysis of the response of soybean yield to palnting date[J]. *Agronomy Journal*, 2009, 101(2): 330-335.

[17] Robinson A P. Analysis of high yielding, early-planted soybean in Indiana[J]. *Agronomy Journal*, 2000, 101(1): 131-139.

[18] 王一,杨文钰,张霞,等. 不同生育期遮阴对大豆形态性状和产量的影响[J]. *作物学报*, 2013, 39(10): 1871-1879. (Wang Y, Yang W Y, Zhang X. Effects of shading at different growth stages on different traits and yield of soyban[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2013, 39(10): 1871-1879.)

[19] 宋启建,盖钧镒,马育华. 大豆蛋白质和油分含量生态特点研究[J]. *大豆科学*, 1990, 9(2): 121-128. (Song Q J, Gai J Y, Ma Y H. Research on ecological characters of soybean protein and fat content[J]. *Soybean Science*, 1990, 9(2): 121-128.)

[20] 吴俊彦. 播期对黑河主栽大豆生育进程和产量及品质的影响[M]. 中国农业科学院, 2013. (Wu J Y. Effect of sowing date on the growth, yield and quality of main soybean varieties in Heihe[M]. *Chinese Academy of Agricultural Sciences Dissertation*, 2013.)

[21] 丁振麟. 气候条件对大豆化学品质的影响[J]. *作物学报*, 1965, 4(4): 313-320. (Ding Z L. Climate conditions effect on chemical quality of soybean[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 1965, 4(4): 313-320.)

(上接第 800 页)

[9] 王文斌,曹永强,闫春娟,等. 密度和植株配置对大豆主要农艺及生理性状的影响[J]. *大豆科学*, 2014, 33(4): 502-506. (Wang W B, Cao Y Q, Yan C J, et al. Effects of plant density and distribution pattern on main agronomic and physiological characters in soybean[J]. *Soybean Science*, 2014, 33(4): 502-506.)

[10] 周勋波,杨国敏,孙淑娟,等. 不同株行距配置对夏大豆群体结构及光截获的影响[J]. *生态学报*, 2010, 30(3): 691-697. (Zhou X B, Yang G M, Sun S J, et al. Effect of different plant-row spacing on population structure and PAR interception in summer soybean[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(3): 691-697.)

[11] 李瑞平,李志刚,王贵平,等. 不同栽培模式对大豆生长动态及干物质积累分配的影响[J]. *大豆科学*, 2008, 27(6): 979-982. (Li R P, Li Z G, Wang G P, et al. Effect of different cultivation patterns on growth tendency, dry matter accumulation and distribution of soybean[J]. *Soybean Science*, 2008, 27(6): 979-982.)

[12] 林浩,刘丽君,吴俊江,等. 不同栽培模式对大豆同化物积累和光合生理特性与产量形成的影响[J]. *大豆科学*, 2009, 28(3): 456-460. (Lin H, Liu L J, Wu J J, et al. Effects of different cultivation patterns on assimilate accumulation, photosynthetic characteristics and yield formation in soybean[J]. *Soybean Science*, 2009, 28(3): 456-460.)

[13] 刘岩,周勋波,陈雨海,等. 底墒和种植方式对夏大豆光合特性及产量的影响[J]. *生态学报*, 2011, 31(12): 3478-3487. (Liu Y, Zhou X B, Chen Y H, et al. Effects of presowing soil moisture and planting patterns on photosynthetic characteristics and yield of summer soybean[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(12): 3478-3487.)

[14] 李生秀,魏建军,刘建国,等. 窄行密植对大豆群体冠层结构及光分布的影响[J]. *新疆农业科学*, 2005, 42(6): 412-414. (Li S X, Wei J J, Liu J G, et al. Effects of planting with narrow line and proper density on canopy structure light penetration of soybean[J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 2005, 42(6): 412-414.)

[15] 柏军华,王克如,初振东,等. 叶面积测定方法的比较研究[J]. *石河子大学学报(自然科学版)*, 2005, 23(2): 216-218. (Bei J H, Wang K R, Chu Z D, et al. Comparitive study on the measure methods of the leaf area[J]. *Journal of Shihezi University (Natural Science)*, 2005, 42(6): 412-414.)

[16] 杜维广,张桂茹,满为群,等. 大豆光合作用与产量关系的研究[J]. *大豆科学*, 1999, 18(2): 61-66. (Du W G, Zhang G R, Man W Q, et al. Study on relationship between soybean photosynthesis and yield[J]. *Soybean Science*, 1999, 18(2): 61-66.)

[17] 刘玉华,贾志宽,史纪安,等. 旱作条件下不同苜蓿品种光合作用的日变化[J]. *生态学报*, 2006, 26(5): 1468-1477. (Liu Y H, Jia Z K, Shi J A, et al. Daily dynamics of photosynthesis in alfalfa varieties under dry farming conditions[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(5): 1468-1477.)

[18] 刘忠堂. 大豆窄行密植高产栽培技术的研究[J]. *大豆科学*, 2002, 21(2): 117-122. (Liu Z T. Study on technology for high yield of solid-seeded soybean[J]. *Soybean Science*, 2002, 21(2): 117-122.)

[19] 韩秉进,陈渊,孟凯,等. 作物有效土壤营养面积研究[J]. *土壤学报*, 2003, 40(5): 711-716. (Han B J, Chen Y, Meng K, et al. Study on crop's effective nutrient soil areas[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2003, 40(5): 711-716.)

[20] 梁熠,齐华,王敬亚. 行距配置对春玉米群体冠层环境与光合特性的影响[J]. *西北农业学报*, 2014, 23(8): 66-72. (Liang Y, Qi H, Wang J Y, et al. Effects of growth and yield of maize under wide and narrow row cultivation[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2014, 23(8): 66-72.)