

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2024.09.002

傅健, 易靖, 邓磊, 等. 播期及生长调节剂对间作大豆倒伏和产量的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2024, 46(9): 19-34.

播期及生长调节剂对间作大豆倒伏和产量的影响

傅健¹, 易靖², 邓磊¹, 刘卓¹,
柳宁¹, 张瑞丰¹, 陈松柏², 易泽林¹

1. 西南大学 农学与生物科技学院, 重庆 400715; 2. 重庆市农业技术推广总站, 重庆 401121

摘要: 以大豆、玉米带状复合种植模式为基础, 大豆选用耐荫抗倒伏品种‘渝豆 11’, 玉米选用半紧凑型品种‘成单 30’, 试验采用两因素裂区设计, 主区为播期(A), A1 为大豆、玉米同期播种, A2 为大豆较玉米晚播 14 d, 副区为 9 种不同种类及浓度的植物生长调节剂(B), 分别于 2022 年春季和 2023 年春季在西南大学歇马科研基地进行试验. 研究在大豆、玉米带状间作模式下不同播期及生长调节剂对间作大豆产量及其构成因素、根系形态特征和倒伏及茎秆形态特征的影响, 研究结果如下: ① 播期及植物生长调节剂对间作大豆产量及其构成因素具有显著影响. 播期上同期播种大豆产量高于晚播大豆(A1>A2), 其中 A1B5、A1B8 处理优于其他处理, 其两年平均产量较对照分别增长 48.56%、40.92%. A1B5 处理的单株粒数、单株粒质量、百粒质量最大, 较对照两年平均分别提高 33.96%、48.56%、10.93%. ② 播期及植物生长调节剂对间作大豆倒伏及相关指标具有显著影响. 晚播大豆平均倒伏率较同期播种大豆增加了 20.84%, 抗折力、茎粗显著减少, 株高、主茎节数显著增加, 而节间长在两播期间无显著差异. ③ 播期及植物生长调节剂影响间作大豆根系形态特征. 在不同生育期, 大豆总根长、根尖数总体上同期播种大豆优于晚播. 在不同时期, 整体大豆总根长为 S3307>DTA-6>6-BA, 而大豆根尖数为 DTA-6>S3307>6-BA. 综上所述, 在大豆、玉米带状间作模式下, 在初花期喷施 DTA-6 的产量优于 S3307 和 6-BA, 同期播种喷施 60 mg/L DTA-6 产量最高, 其次是 50 mg/L S3307, 但是 S3307 处理下的大豆倒伏率较 DTA-6 更低, 且产量与 DTA-6 差异不显著, 更适宜机械化收割, 利于应用推广.

关键词: 大豆、玉米间作; 播期; 生长调节剂; 倒伏; 产量

中图分类号: S565.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2024)09-0019-16

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effect of Sowing Time and Growth Regulators on Lodging and Yield of Intercropping Soybean

收稿日期: 2024-05-28

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31971984); 重庆市科企联合体种质资源收集利用与品种试验项目(canvncw-ka1htxm); 重庆市玉米产业技术体系项目(CQMAITS2302).

作者简介: 傅健, 硕士研究生, 主要从事大豆栽培研究.

通信作者: 易泽林, 博士, 教授, 硕士研究生导师.

FU Jian¹, YI Jing², DENG Lei¹, LIU Zhuo¹,
LIU Ning¹, ZHANG Ruifeng¹, CHEN Songbai², YI Zelin¹

1. College of Agronomy and Biotechnology, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Chongqing Municipal Agricultural Technology Extension Station, Chongqing 401121, China

Abstract: In this study, based on the soybean-maize strip composite planting mode, the shade-resistant and lodging-resistant soybean variety ‘Yudou 11’, and the semi-compact maize variety ‘Chengdan 30’ were used. A two-factor split-plot trial was designed with the main plots being the sowing date (A), with categories of A1: soybean and maize were sown simultaneously, and A2: soybean was sown 14 days later than maize. The subplots (B) consist of 9 different types and concentrations of plant growth regulators. The experiment was conducted in Xiema Research Base, Southwest University in the spring of 2022 and 2023, respectively, to study the effects of different sowing dates and growth regulators under soybean-maize strip intercropping mode on the yield of intercropping soybean and its components, and root morphology characteristics, lodging and the influence of stem morphology characteristics. The results are summarized as follows: ① Sowing date and plant growth regulators significantly affect the yield of intercropped soybean and its components. The yield of simultaneously sown soybeans (A1) consistently outperformed the that of late sown soybeans (A2), among which A1B5 and A1B8 treatments were better than other treatments, and the annual average yield increased by 48.56% and 40.92% compared with the control, respectively. The A1B5 treatment had the highest number of seeds per plant, seed weight per plant, and 100-seed weight, showing average increase of 33.96%, 48.56%, and 10.93%, respectively, compared to the control over two years. ② The sowing date and plant growth regulators had a significant impact on intercropping soybean lodging and related indicators. The average lodging rate of late sowing soybean increased by 20.84% compared with the simultaneously sown soybean, with significant decreases in the snapping resistance and stem thickness, and significant increase in plant height and main stem node number, but no significant difference between the two in internode length. ③ The sowing date and plant growth regulators affected the morphological characteristics of intercropping soybean. In different growth periods, the total root length and root tip number of soybean of A1 were better than that of A2. In different periods, the total root length of soybean was S3307 > DTA-6 > 6-BA, while the number of root tips of soybean were DTA-6 > S3307 > 6-BA. In conclusion, in the soybean-maize strip intercropping mode, the yield of spraying DTA-6 in initial flowering stage was better than S3307 and 6-BA, with the highest yield of 60 mg/L DTA-6 at A1, followed by 50 mg/L S3307. However, the lodging rate of soybean under S3307 treatment was lower than that of DTA-6, and the yield was not significantly different from DTA-6, which is more suitable for mechanized harvesting and conducive to application and promotion.

Key words: soybean-maize intercropping; sowing date; growth regulator; lodging; yield

大豆(*Glycine max*)是豆科(Fabaceae)大豆属(*Glycine*)的一年生草本植物^[1]。原产中国,中国各地均有栽培,亦广泛栽培于世界各地。大豆是中国重要粮食作物之一,也是主要的油料作物之一^[2],同时大豆还是畜禽饲料蛋白粕的主要原料。大豆具备食用价值和保健价值,富含多种营养物质,其中蛋白质约占 40%,包含所有人体必需氨基酸且含量达到人体需求的植物蛋白^[3-4],脂肪含量约占 20%,还含有丰

富的维生素,能治疗心血管疾病、高血压、糖尿病等^[5]。大豆的茎、叶、豆粕及粗豆粉可作肥料和优良的牲畜饲料^[6]。

大豆是典型的短日照作物,播期改变会影响大豆生长发育过程中的形态构建^[7]。播期对大豆农艺性状有明显的影 响,并且对株高、茎粗的影响极其显著。大豆产量会随着播种时期的延迟而逐渐降低,而早播和适期播种能够获得较高的产量^[8]。不同播期下大豆植株的倒伏率和病株率有显著差异^[9]。

6-苄基腺嘌呤(6-BA)是第一个人工合成的细胞分裂素类化合物,是一种高效能植物生长调节剂,可促进植物细胞生长,抑制植物叶绿素的降解,有效提高光合作用及产量^[10-11]。胺鲜酯(DTA-6)是一种新型高效的生长调节剂,能促进细胞分裂和伸长,促进光合作用,可提高豆科作物的根系活力和根瘤固氮能力,增强抗氧化酶活性,改善碳水化合物的代谢和积累,提高产量和籽粒品质。烯效唑(S3307)是一种典型的生长延缓剂,能改善大豆株型,延长叶片功能期;具有控制营养生长、抑制细胞伸长、缩短节间、矮化植株、增强抗逆性的作用。喷施烯效唑可以提高大豆固氮能力,促进大豆氮代谢,减少大豆落花落荚,提高大豆的产量。5~10 mg/kg 的干拌种和 30 mg/kg 分枝期叶面喷施烯效唑,苗期不倒伏,增产 20% 以上^[12]。

大豆、玉米带状复合种植技术能够在耕地面积不变的情况下,同时满足玉米和大豆的生产需求,扩大大豆种植面积,增加大豆产量,从而缓解两者在土地利用上的矛盾。另外大豆、玉米带状间作模式是西南地区的主推模式,但是大豆因为受到玉米遮荫的影响易发生倒伏进而藤蔓化^[13],所以搭配对应的生长调节剂和合适的间作配套品种非常重要。由于西南地区不同产区的气候特点和种植环境差异较大,不同大豆品种对不同生长调节剂及浓度、播期表现的田间差异较大。同时,目前市场上推荐的生长调节剂浓度范围过大,导致效果不明显。由于在播期和生长调节剂同时作用的已有研究中,对大豆、玉米间作影响研究较少,为了得到主推大豆品种更适宜的配套化措施,改善大豆受玉米遮荫影响,本研究针对重庆市气候特点和种植环境,在大豆、玉米间作模式下设置不同播期和不同植物生长调节剂及浓度,研究缩短大豆与玉米共生期和施用不同生长调节剂及浓度对大豆倒伏和产量的影响,以期为重 庆乃至全国推广大豆、玉米带状间作模式提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验基本情况

1.1.1 试验地概况

试验于 2022 年春季和 2023 年春季在西南大学歇马科研基地(29°39'N, 106°36'E)进行,该地平均海拔 350 m,年平均温度 18.4 °C,年降雨量 1 191.1 mm,属亚热带季风气候。试验地土壤为黏壤土,试验地土壤概况见表 1。

表 1 试验地两年的土壤概况

年份/年	pH 值	有机质/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	速效磷/ (mg · kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg · kg ⁻¹)
2022	5.56	7.48	95.46	53.21	40.39
2023	5.78	8.06	98.35	58.15	45.28

1.1.2 试验材料

本试验选用大豆品种为‘渝豆 11’,属南方春大豆早熟品种,株高适中,株型半开张、抗倒伏,为西南地区大豆、玉米带状间作主推大豆品种,由重庆市农业科学院提供。玉米品种为‘成单 30’,属春玉米中晚熟品种,株型半紧凑、株高适中、适宜密植和机械化收割,为西南地区大豆、玉米带状间作主推玉米品种,由重庆市农业技术推广总站提供。

1.1.3 试验设计

本试验采取两因素裂区设计,主区为播期(A),即玉米固定播期,大豆分两个播期,副区为不同种类及浓度的植物生长调节剂(B).A因素为播期,每隔 14 d 播种 1 次,A1 为大豆、玉米同期播种,A2 为大豆较玉米晚播 14 d.B 因素为 3 种植物生长调节剂(其中每种植物生长调节剂设 3 个浓度),B1 为 15 mg/L 的 6-BA,B2 为 20 mg/L 的 6-BA,B3 为 25 mg/L 的 6-BA,B4 为 45 mg/L 的 DTA-6,B5 为 60 mg/L 的 DTA-6,B6 为 75 mg/L 的 DTA-6,B7 为 40 mg/L 的 S3307,B8 为 50 mg/L 的 S3307,B9 为 60 mg/L 的 S3307,兑水量为 450 kg/hm²,喷施等量清水作为对照(B10),共计 20 个处理,设 3 个重复,共计 60 个小区.

采用带状复合种植间作模式(大豆、玉米行比为 4:2,窄行 40 cm,宽行 230 cm),见图 1.以 2 行玉米间作 4 行大豆为一个小区,每个小区面积 10.8 m²,玉米与大豆行距 70 cm.大豆带行距 30 cm、株距 20 cm,大豆每窝留苗 2 株,种植密度 147 000 株/hm²;玉米带行距 40 cm、株距 28 cm,玉米每窝留苗 2 株,种植密度 60 000 株/hm².试验小区种植是南北行向,按照大豆、玉米自西向东依次排列,保障大豆光照充足.玉米每公顷施用 750.0 kg 高氮缓控释肥 N-P₂O₅-K₂O(28-6-6),大豆每公顷施用 298.5 kg 低氮缓控释肥 N-P₂O₅-K₂O(15-15-15),施肥一次.田间管理按《重庆市农业农村委员会办公室关于印发 2022 年大豆、玉米带状复合种植实施方案的通知》(渝农办发〔2022〕11 号)文件内容进行.

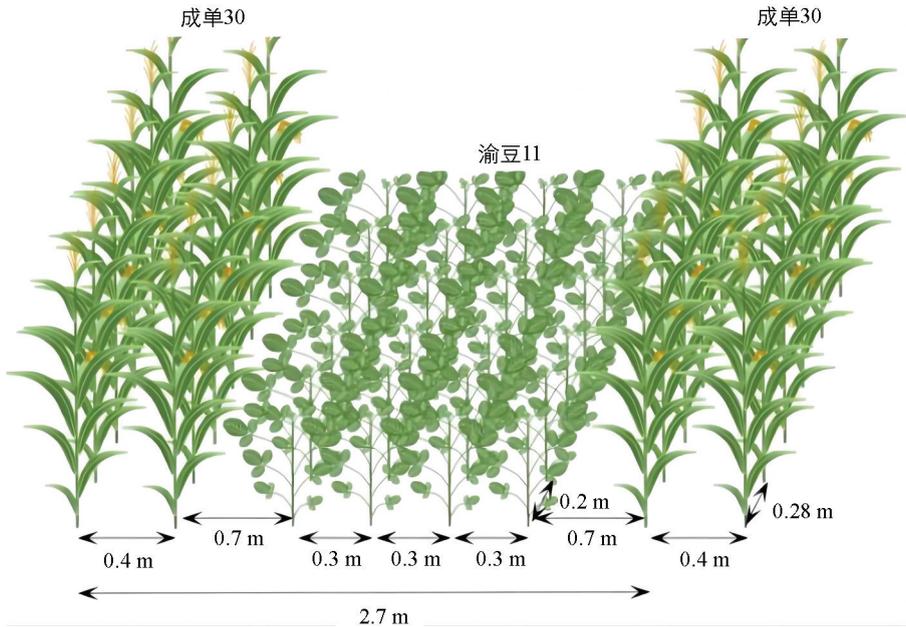


图 1 大豆、玉米带状间作模式(4:2)

1.2 取样、测定项目和方法

1.2.1 产量及产量构成因素的测定

待田间大豆超过 80% 以上成熟,每个小区取 10 株长势一致且直立的植株,计算其单株有效荚数、单株粒数、单荚粒数、单株粒质量、百粒质量.测量相邻 3 个生产单元的距离(每个生产单元是 1 个玉米带宽+1 个大豆带宽+2 个相邻大豆、玉米间隔),除以大豆总行数,计算平均行距(m).选择相邻 2 行大豆,每行测量连续 11 株大豆的距离,计算平均株距(m).计算方式如下:

1) 大豆产量(kg/hm²):株数×株粒数×百粒质量(g)×10⁻⁵÷亩×15×0.9(参照 2022 年重庆市大豆高产推荐实施方案);

2) 单株粒数(粒):除未成形粒外,所有未成熟粒、虫食粒、病粒均包括在内;

3) 单株粒质量(g):单株粒数×百粒质量(g)×10⁻²;

4) 百粒质量(g): 随机选取完整成熟豆粒 100 粒称质量(g), 称取 3 次, 求平均值, 若两次称取质量超过 0.5 g, 则重新称量。

1.2.2 倒伏及茎秆形态特征的测定

大豆在结荚鼓粒期株高较前期大幅提高, 荚增多加上籽粒质量增加导致植株重心高易往上移动, 易发生倒伏, 密切关注田间倒伏情况, 在收获前 3 d 观察不同小区大豆的倒伏情况, 记录各小区总株数和发生倒伏的株数。随机选取 5 株长势一致且未发生倒伏的植株, 贴近地表剪取, 用于测定重心高、节间长、茎秆抗折力和倒伏率:

1) 倒伏率(%) = 倒伏株数 ÷ 总株数 × 100%;

2) 重心高(cm): 量取茎秆基部与该植株平衡支点的距离;

3) 节间长(cm): 剪取大豆茎秆基部第二节, 测量其长度;

4) 茎秆抗折力(N): 取基部第二节间, 使用 SH-100 数显拉力计将茎秆拉断, 记录拉断瞬间峰值数值为茎秆抗折力。

1.2.3 植株形态特征的测定

分别在盛花期、盛荚期、鼓粒期、成熟期, 在每个小区随机选取 5 株长势一致未倒伏的植株, 贴地剪取植株地上部分, 用于测定株高(cm)、茎粗(mm)、主茎节数。

1.2.4 根系形态特征的测定

取盛荚期、鼓粒期大豆根系, 将清洗干净的植株放入中晶 8370 扫描仪进行根系扫描, 用 GXY-A 软件对扫描得到的根系图片进行数据分析, 获得根系的总根长(cm)、根尖数等根系指标参数。

1.3 数据分析

用 Excel 2019 对数据进行初步整理和汇总及作图, 通过 DPS 7.05 和 SPSS 25.0 进行进一步数据统计分析, 用 R 和 Qorigin 2021 作图, 利用 LSD 法进行显著性分析, 并利用典型相关法进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 播期及植物生长调节剂对大豆产量及其构成因素的影响

2.1.1 播期及植物生长调节剂对大豆产量的影响

由表 2、3 可知, 2022 年和 2023 年间作大豆整体上表现为同期播种产量高于晚播, 同期播种较晚播平均减产 28.78%。在同一播期下, 不同植物生长调节剂处理大豆产量差异显著, 其中 B5 处理产量最大, B8 处理产量其次, 而 A1B5 处理的产量最高, 其两年平均产量较对照增长 48.56%, A1B8 与 A1B5 处理产量差异不显著。同期播种下 6-BA 最适浓度为 25 mg/L, DTA-6 最适浓度为 60 mg/L, S3307 最适浓度为 50 mg/L; 晚播下 6-BA 最适浓度为 20 mg/L, DTA-6 最适浓度为 45 mg/L, S3307 最适浓度为 50 mg/L。大豆、玉米间作同期播种下喷施 60 mg/L DTA-6, 50 mg/L S3307 较对照分别增产 48.56%、40.92%。

2.1.2 播期及植物生长调节剂对大豆产量构成因素的影响

由表 2、3 可知, 2022 年和 2023 年间作大豆单株粒数、单株粒质量、百粒质量同期播种均显著高于晚播, 分别提高了 26.94%、28.81%、1.62%。在同期播种下, 不同植物生长调节剂差异显著, 40 mg/L S3307(B5)处理单株粒数、单株粒质量、百粒质量最大。播期及植物生长调节剂互作处理中, A1B5 处理的单株粒数、单株粒质量、百粒质量最大, 较对照两年平均分别提高 33.96%、48.56%、10.93%。大豆、玉米同期播种喷施 50 mg/L DTA-6 能显著提高单株粒数、单株粒质量、百粒质量。

表 2 播期及植物生长调节剂对大豆产量及其构成因素的影响(2022 年)

处理	产量/(kg·hm ⁻²)	单株粒数/粒	单株粒质量/g	百粒质量/g
A1B1	1 299.69±53.06cdef	52.6±2.15ab	10.03±0.41de	19.08±0.78bcdef
A1B2	1 336.83±54.58cde	53.3±2.18ab	10.32±0.42cd	19.36±0.79bcdef
A1B3	1 407.47±57.46c	55.0±2.24ab	10.86±0.44bc	19.76±0.81abcd
A1B4	1 380.35±56.35b	54.1±2.21ab	10.65±0.43bcd	19.68±0.80abcde
A1B5	1 525.91±62.30a	56.0±2.29a	11.77±0.48a	21.01±0.86a
A1B6	1 302.41±53.17cdef	52.6±2.15ab	10.05±0.41de	19.12±0.78bcdef
A1B7	1 369.20±55.90b	53.9±2.21ab	10.56±0.43bcd	19.61±0.80abcdef
A1B8	1 446.75±59.06ab	56.0±2.29a	11.16±0.46ab	19.92±0.81abcd
A1B9	1 289.95±52.66b	51.8±2.12b	9.95±0.41de	19.20±0.78bcdef
A1B10	1 057.17±43.16ghi	43.3±1.77cd	8.16±0.33gh	18.83±0.77cdef
A2B1	928.63±37.91jk	36.8±1.50ef	7.17±0.29ij	19.45±0.79abcdef
A2B2	940.61±38.40i	37.2±1.52ef	7.26±0.30ij	19.51±0.81abcdef
A2B3	856.68±34.97ij	36.5±1.49ef	6.61±0.27jk	18.12±0.74ef
A2B4	1 209.49±49.38c	45.5±1.86c	9.33±0.38ef	20.52±0.84ab
A2B5	1 118.38±45.66cd	42.7±1.74cd	8.63±0.35fg	20.20±0.82abc
A2B6	1 043.01±42.58efg	40.0±1.63de	8.05±0.33gh	20.14±0.82abc
A2B7	1 052.41±42.96fgh	42.4±1.73cd	8.12±0.33gh	19.17±0.78bcdef
A2B8	1 137.00±46.42def	43.8±1.79cd	8.77±0.36fg	20.03±0.82abc
A2B9	987.24±40.30hi	41.4±1.69d	7.62±0.31hi	18.40±0.75def
A2B10	828.11±33.81k	35.4±1.45f	6.39±0.26k	18.05±0.74f

注: A1B1、A1B2、A1B3 表示同期播种中 15 mg/L、20 mg/L、25 mg/L 的 6-BA 处理, A1B4、A1B5、A1B6 表示同期播种中 45 mg/L、60 mg/L、75 mg/L 的 DTA-6 处理, A1B7、A1B8、A1B9 表示同期播种中 40 mg/L、50 mg/L、60 mg/L 的 S3307 处理; A1B10 表示同期播种中等量清水处理. A2B1、A2B2、A2B3 表示晚播中 15 mg/L、20 mg/L、25 mg/L 的 6-BA 处理, A2B4、A2B5、A2B6 表示晚播中 45 mg/L、60 mg/L、75 mg/L 的 DTA-6 处理, A2B7、A2B8、A2B9 表示晚播中 40 mg/L、50 mg/L、60 mg/L 的 S3307 处理, A2B10 表示大豆、玉米间作下晚播中等量清水处理. 表中数据为 3 次重复的平均值±标准误差, 同列不同小写字母表示同一性状不同处理间在 $p < 0.05$ 时水平差异. 下同.

表 3 播期及植物生长调节剂对大豆产量及其构成因素的影响(2023 年)

处理	产量/(kg·hm ⁻²)	单株粒数/粒	单株粒质量/g	百粒质量/g
A1B1	1 494.90±61.03cdef	57.0±2.33bc	11.53±0.47cdef	20.25±0.83bcde
A1B2	1 518.82±62.01cde	57.4±2.34bc	11.72±0.48cde	20.4±0.83bcde
A1B3	1 605.71±65.55c	59.7±2.44b	12.39±0.51c	20.76±0.85abcde
A1B4	1 816.39±74.15b	65.7±2.68a	14.02±0.57b	21.34±0.87abcd
A1B5	1 971.22±80.47a	68.7±2.81a	15.21±0.62a	22.13±0.90a
A1B6	1 485.11±60.63cdef	55.1±2.25bc	11.46±0.47cdef	20.79±0.85abcde
A1B7	1 773.56±72.41b	65.5±2.67a	13.68±0.56b	20.89±0.85abcde
A1B8	1 870.61±76.37ab	67.7±2.76a	14.43±0.59ab	21.33±0.87abcd
A1B9	1 782.78±72.78b	66.6±2.72a	13.76±0.56b	20.67±0.84abcde

续表 3

处理	产量/(kg·hm ⁻²)	单株粒数/粒	单株粒质量/g	百粒质量/g
A1B10	1 290.21±52.67ghi	49.6±2.02de	9.96±0.41ghi	20.07±0.82cde
A2B1	1 069.88±43.68jk	42.5±1.73fg	8.26±0.34jk	19.43±0.79e
A2B2	1 219.51±49.79i	46.6±1.90ef	9.41±0.38i	20.21±0.83bcde
A2B3	1 186.88±48.45ij	45.6±1.86efg	9.16±0.37ij	20.08±0.82cde
A2B4	1 608.31±65.66c	56.9±2.32bc	12.41±0.51c	21.82±0.89ab
A2B5	1 544.86±63.07cd	55.3±2.26bc	11.92±0.49cd	21.56±0.88abc
A2B6	1 412.68±57.67efg	52.9±2.16cd	10.90±0.45efg	20.61±0.84abcde
A2B7	1 384.42±56.52fgh	53.0±2.17cd	10.68±0.44fgh	20.14±0.82bcde
A2B8	1 464.45±59.79def	54.9±2.24c	11.30±0.46def	20.59±0.84abcde
A2B9	1 261.73±51.51hi	48.8±1.99de	9.74±0.40hi	19.95±0.81cde
A2B10	1 060.03±43.28k	41.2±1.68g	8.18±0.33k	19.83±0.81de

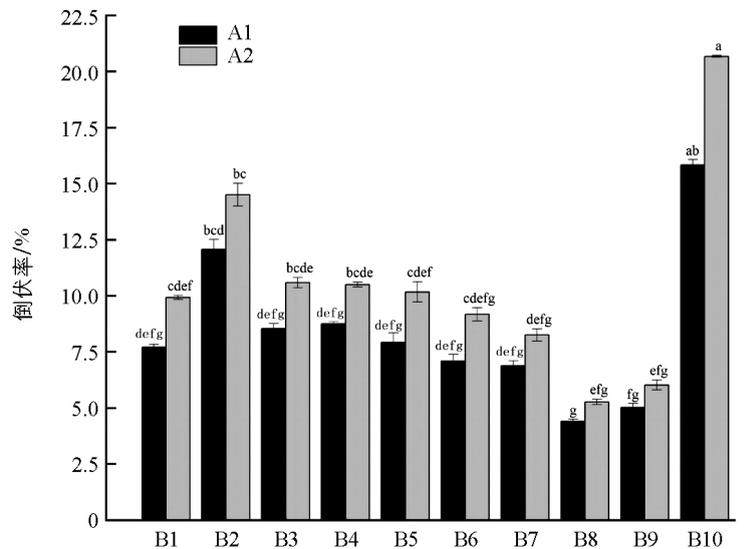
2.2 播期及植物生长调节剂对大豆倒伏和茎秆形态特征的影响

2.2.1 播期及植物生长调节剂对大豆倒伏率的影响

2022 年大豆鼓粒期前期遭遇大风, 后期连晴高温伏旱发生倒伏, 故 2022 年无法准确对各处理进行比较, 本研究倒伏相关数据均采集自 2023 年。由图 2 可知, 2023 年大豆各处理倒伏率存在差异, 两个播期中倒伏率均为对照最高。同期播种的倒伏率整体上低于晚播。同期播种中, 各处理倒伏率较对照降低 23.69%~72.20%; 晚播中, 各处理倒伏率对照降低 29.85%~74.50%。在同一播期下, S3307 处理下的大豆倒伏指数最低, 6-BA、DTA-6 处理下的大豆倒伏率较高, 但倒伏率总体较低, 其中同期播种下 50 mg/L S3307 的倒伏指数最低。

2.2.2 播期及植物生长调节剂对大豆重心高的影响

由图 3 可知, 鼓粒期大豆重心高较盛荚期升高, 整体上盛荚期、鼓粒期大豆重心高同期播种小于晚播。在同一播期下, 不同植物生长调节剂对盛荚期、鼓粒期大豆重心高的影响差异显著。播期 1 中, 盛荚期 50 mg/L S3307(B8)处理的重心高最小, 对照最大, 分别较对照降低 9.53%; 鼓粒期 50 mg/L S3307(B8)处理的重心高最小, 对照最大, 较对照降低 13.39%。晚播中, 盛荚期 B8 处理的重心高最小, 对照最大, 较对照降低 10.66%; 鼓粒期 B8 处理的重心高最小, 对照最大, 较对照降低 7.61%。盛荚期和鼓粒期,



A1 表示大豆、玉米同期播种, A2 表示大豆较玉米晚播。B1、B2、B3 表示 15 mg/L、20 mg/L、25 mg/L 的 6-BA 处理, B4、B5、B6 表示 45 mg/L、60 mg/L、75 mg/L 的 DTA-6 处理, B7、B8、B9 表示 40 mg/L、50 mg/L、60 mg/L 的 S3307 处理, B10 表示等量清水处理。图中数据为 3 次重复的平均值±标准误差, 不同小写字母表示同一性状不同处理间在 $p < 0.05$ 时水平差异。下同。

图 2 播期及植物生长调节剂对大豆倒伏率的影响

同期播种下 6-BA 最适浓度为 25 mg/L, DTA-6 最适浓度为 45 mg/L, S3307 最适浓度为 50 mg/L; 晚播下 6-BA 最适浓度为 25 mg/L, DTA-6 最适浓度为 45 mg/L, S3307 最适浓度为 50 mg/L. 播期及植物生长调节剂互作处理中, 盛荚期和鼓粒期 A1B8 处理的重心高最小, 分别较对照分别降低 16.33%、19.58%. 整体上施用 S3307 后的大豆重心高降低幅度最大, 同期播种下施用 50 mg/L S3307 能降低盛荚期、鼓粒期大豆重心高, 在一定程度上提高了大豆抗倒伏能力.

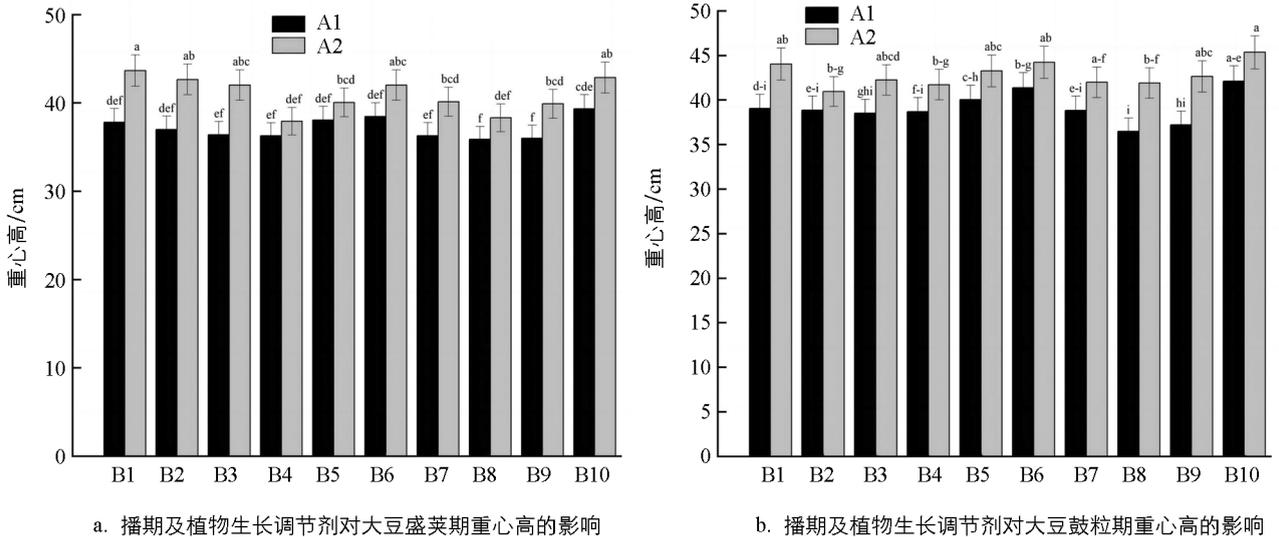


图 3 播期及植物生长调节剂对大豆重心高的影响

2.2.3 播期及植物生长调节剂对大豆节间长的影响

由图 4 可知, 鼓粒期大豆节间长较盛荚期升高, 盛荚期、鼓粒期大豆节间长整体上同期播种和晚播无显著差异. 在同一播期下, 不同植物生长调节剂对盛荚期、鼓粒期大豆节间长差异显著. 同期播种中, 盛荚期 B9 处理的节间长最小, 对照最大, 较对照降低 16.52%; 鼓粒期 B8 处理的节间长最小, 对照最大, 较对照降低 15.44%. 晚播中, 盛荚期 B9 处理的节间长最小, 对照最大, 分别较对照降低 13.92%; 鼓粒期 B8 处理的节间长最小, 对照最大, 分别较对照降低 18.65%. 盛荚期和鼓粒期, 同期播种下 6-BA 最适浓度为 20 mg/L, DTA-6 最适浓度为 45 mg/L, S3307 最适浓度为 60 mg/L; 晚播下 6-BA 最适浓度为 20 mg/L, DTA-6 最适浓度为 60 mg/L, S3307 最适浓度为 50 mg/L. 播期及植物生长调节剂互作处理中, 盛荚期 A1B9 处理的节间长最小, 较对照降低 10.04%; 鼓粒期则是 A2B8 处理的节间长最小, 较对照分别降低 23.16%. 整体上施用 S3307 后的大豆节间长降低幅度最大, 在晚播下施用 50 mg/L S3307、60 mg/L S3307 能显著降低盛荚期、鼓粒期大豆节间长.

2.2.4 播期及植物生长调节剂对大豆茎秆抗折力的影响

由图 5 可知, 鼓粒期大豆茎秆抗折力较盛荚期升高, 整体上盛荚期大豆茎秆抗折力同期播种大于晚播, 且两个播期差异显著, 而鼓粒期大豆茎秆抗折力在两个播期间无显著差异. 在同一播期下, 不同植物生长调节剂对盛荚期、鼓粒期大豆茎秆抗折力差异显著, 其中 50 mg/L S3307(B8)的茎秆抗折力最大. 盛荚期和鼓粒期, 同期播种下 6-BA 最适浓度为 20 mg/L, DTA-6 最适浓度为 45 mg/L, S3307 最适浓度为 50 mg/L; 晚播下 6-BA 最适浓度为 20 mg/L, DTA-6 最适浓度为 60 mg/L, S3307 最适浓度为 50 mg/L. 播期及植物生长调节剂互作处理中, 盛荚期和鼓粒期 A1B8 处理的茎秆抗折力最大, 分别较对照提高 76.54%、53.69%. 同期播种下, 施用 50 mg/L S3307 能提高盛荚期、鼓粒期大豆茎秆抗折力, 从而提高抗倒伏能力.

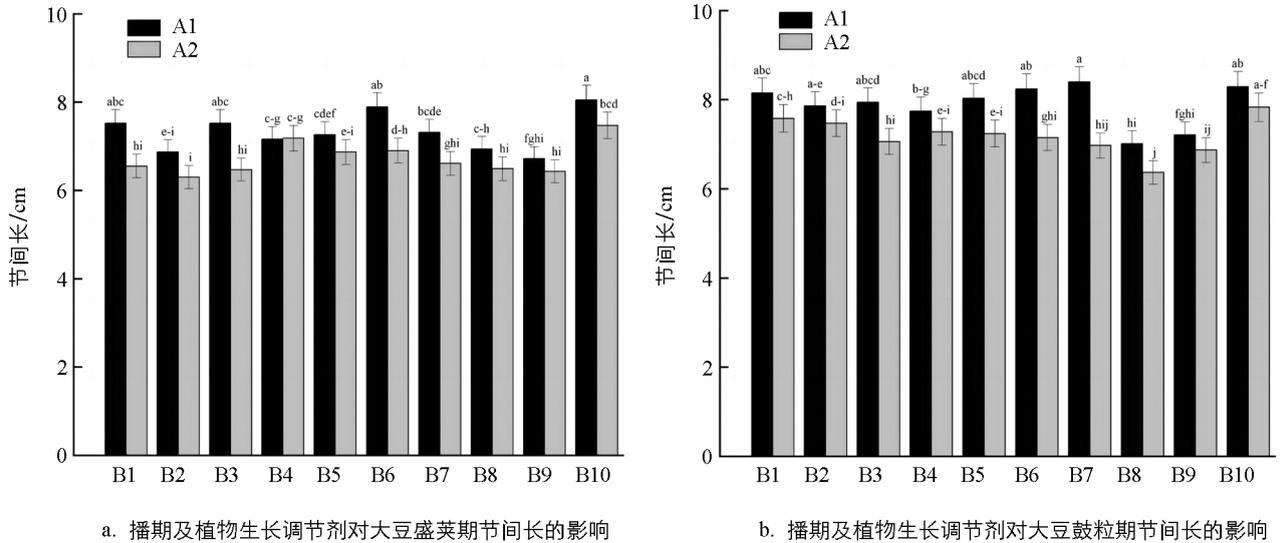


图4 播期及植物生长调节剂对大豆节间长的影响

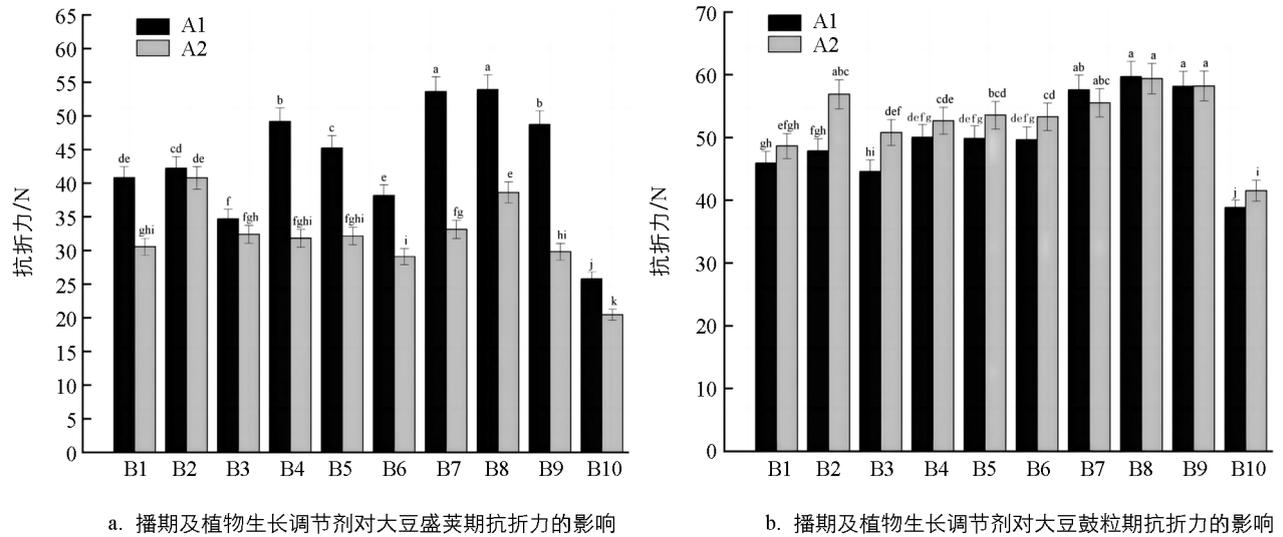
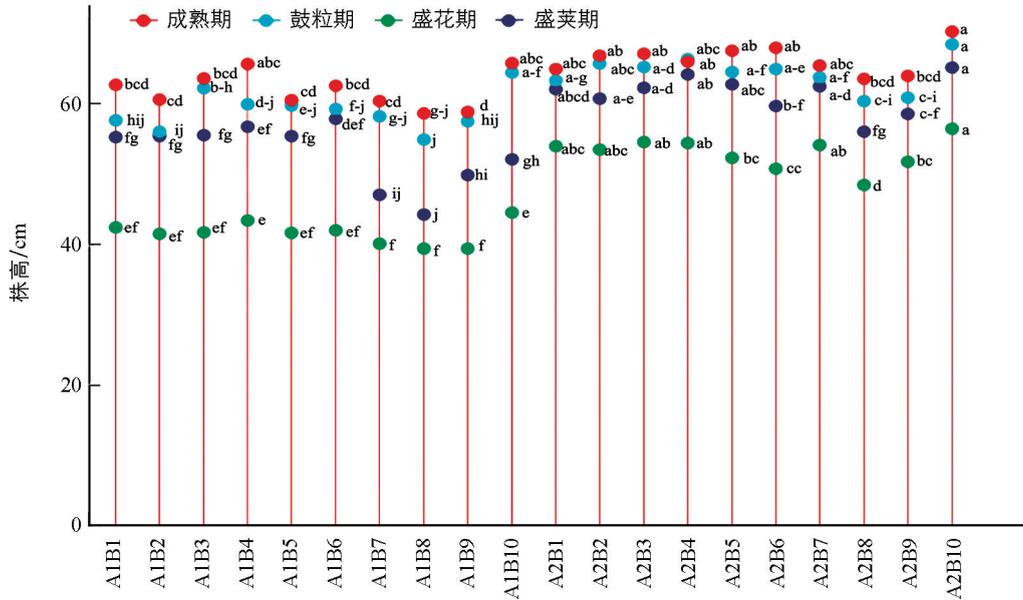


图5 播期及植物生长调节剂对大豆抗折力的影响

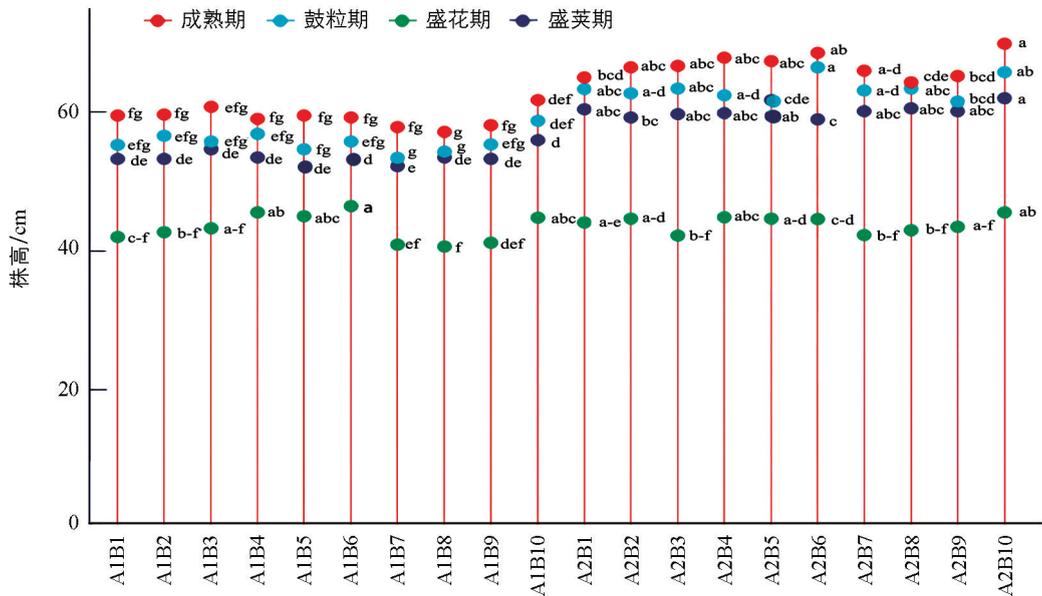
2.3 播期及植物生长调节剂对大豆植株形态特征的影响

2.3.1 播期及植物生长调节剂对大豆株高的影响

由图6可知,随着生育期推进,大豆株高不断增加,2022年和2023年平均株高,整体上同期播种株高低于晚播,对照的株高最高,各生育期S3307处理下的大豆株高最低,而DTA-6、6-BA处理下的大豆株高较高且两者差异不大.同期播种下6-BA最适浓度为20 mg/L,DTA-6最适浓度为60 mg/L,S3307最适浓度为50 mg/L;晚播下6-BA最适浓度为15 mg/L,DTA-6最适浓度为45 mg/L,S3307最适浓度为50 mg/L.同期播种中,盛花期、盛荚期、鼓粒期、成熟期大豆株高最低为50 mg/L S3307(A1B8)处理,较对照分别降低11.43%、5.10%、8.18%、12.8%;同期播种下45 mg/L DTA-6(A1B4)处理下的大豆株高最高,较对照分别降低2.47%、0.76%、3.00%、4.10%.晚播中,盛花期、盛荚期、鼓粒期、成熟期大豆株高最低为A2B8处理,较对照分别降低11.43%、5.10%、8.18%、12.8%.播期及植物生长调节剂互作处理中,A1B8两年平均株高降低幅度最大,分别为盛花期20.64%,盛荚期28.25%,鼓粒期18.72%,成熟期22.61%.DTA-6和6-BA能够显著增加大豆株高,但对于间作大豆来说过高的株高容易引起倒伏,而施用50 mg/L S3307都能有效控制间作大豆株高.



a. 2022年播期及植物生长调节剂对大豆株高的影响



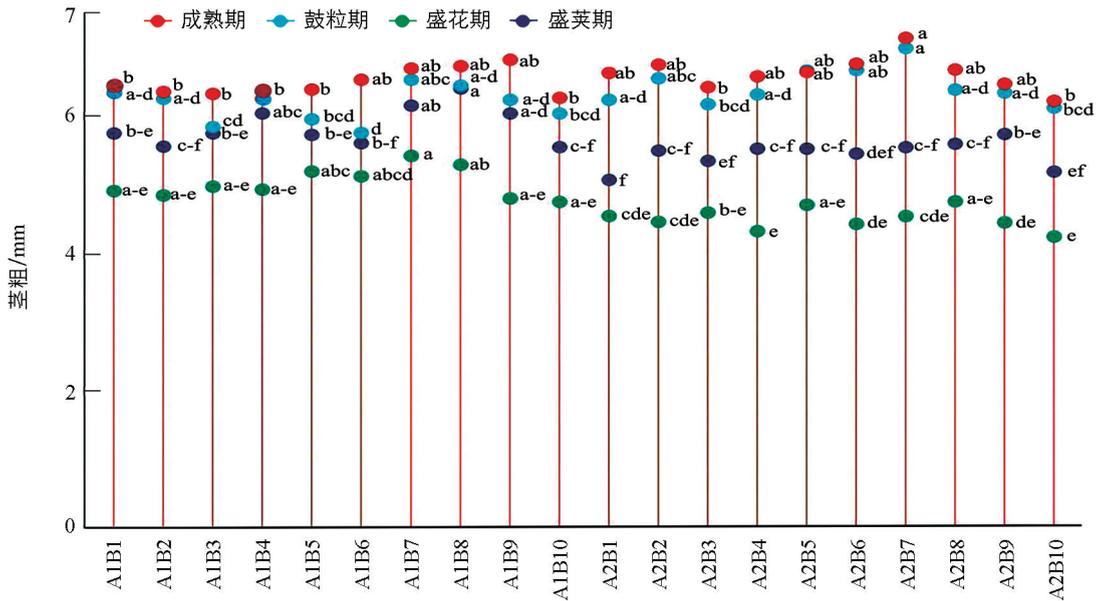
b. 2023年播期及植物生长调节剂对大豆株高的影响

图 6 播期及植物生长调节剂对大豆株高的影响

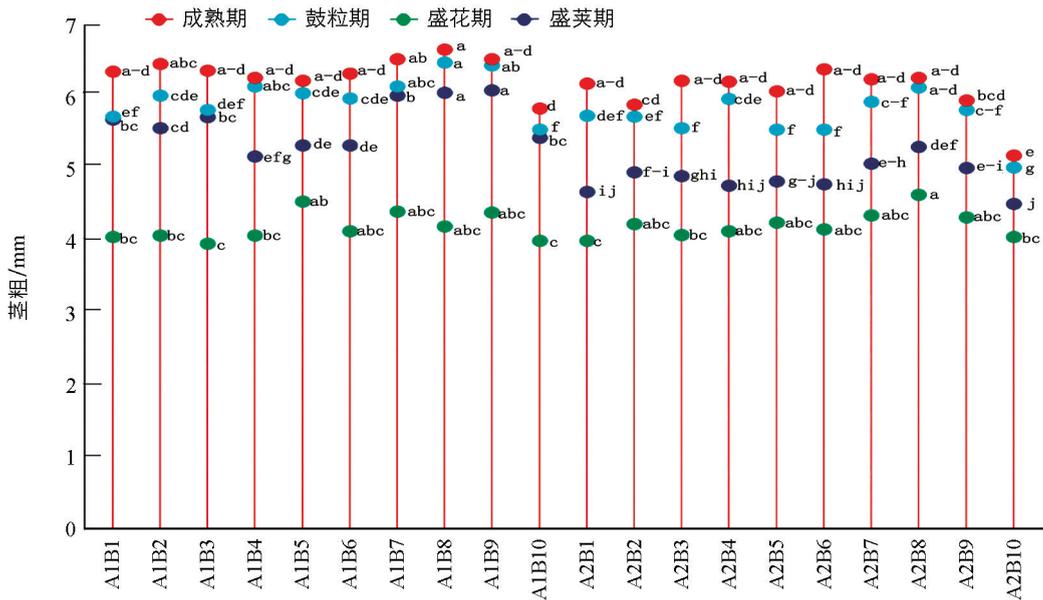
2.3.2 播期及植物生长调节剂对大豆茎粗的影响

由图 7 可知,随着生育期推进,大豆茎粗不断增加,在 2022 和 2023 两年平均茎粗中,不同播期、不同植物生长调节剂及种类对大豆茎粗有显著影响。在各个时期中,同期播种的大豆茎粗普遍大于晚播的大豆茎粗,可能是由于玉米间作的遮荫效应,晚播会造成大豆生长前期徒长,茎秆较细。同期播种下 6-BA 最适浓度为 15 mg/L,DTA-6 最适浓度为 75 mg/L,S3307 最适浓度为 60 mg/L;晚播下 6-BA 最适浓度为 20 mg/L,DTA-6 最适浓度为 75 mg/L,S3307 最适浓度为 40 mg/L。3 种植物生长调节剂茎粗大小依次为,S3307>DTA-6>6-BA,S3307 能将其负面影响降到最低,其中浓度为 50 mg/L 为最适处理。播期及植物生长调节剂互作处理中,盛花期大豆最大茎粗为 A1B7(4.92 cm),较对照 A1B10(4.12 mm)增加 19.42%,盛荚期、鼓粒期、成熟期两年平均大豆最大茎粗为 A1B8(6.43 mm、6.57 mm、6.67 mm),分别较对照 A1B10(4.86 mm、5.56 mm、5.69 mm)增加 32.30%、18.17%、17.22%,茎粗增长幅度先上升后

下降, 在盛荚期达到峰值. 喷施不同种类植物生长调节剂和合理的浓度均能增加大豆茎粗, 有利于提高其抗倒伏性. 晚播大豆茎粗总体低于与玉米同期播种的大豆, 6-BA 不能有效增加大豆植株茎粗, 喷施 S3307 能显著增加茎粗, 增强大豆抗倒伏性, 其中 40 mg/L, 50 mg/L 的 S3307 效果较为明显.



a. 2022年播期及植物生长调节剂对大豆茎粗的影响



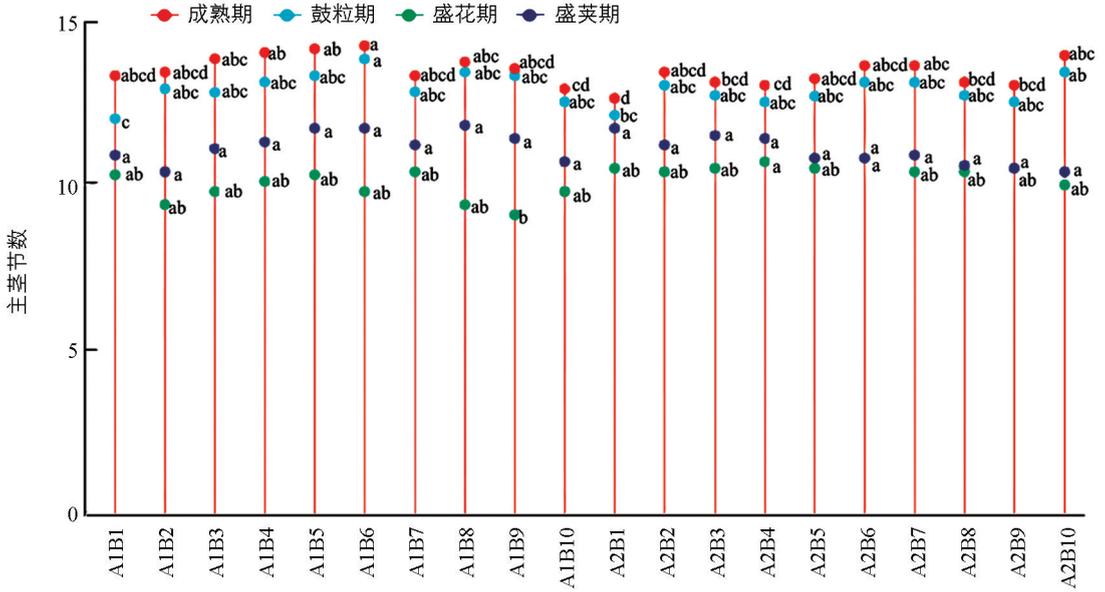
b. 2023年播期及植物生长调节剂对大豆茎粗的影响

图 7 播期及植物生长调节剂对大豆茎粗的影响

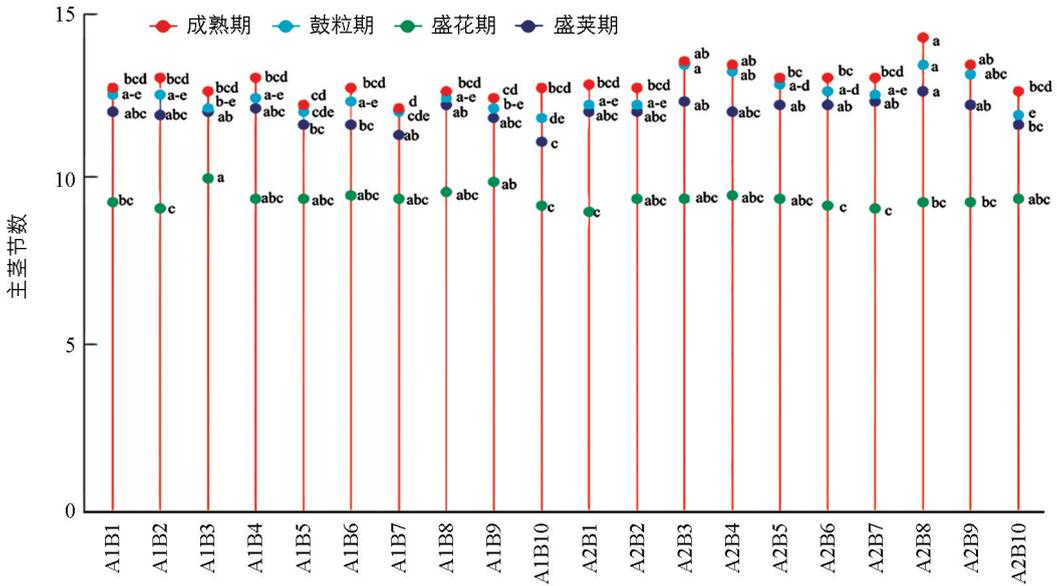
2.3.3 播期及植物生长调节剂对大豆主茎节数的影响

由图 8 可知, 随着生育期推进, 大豆主茎节数不断增加. 在 2022 和 2023 两年平均主茎节数中, 不同播期和不同植物生长调节剂对大豆主茎节数有显著影响. 大豆主茎节数同期播种与晚播无显著差异. 同期播种下 6-BA 最适浓度为 15 mg/L, DTA-6 最适浓度为 45 mg/L, S3307 最适浓度为 40 mg/L; 晚播下 6-BA 最适浓度为 15 mg/L, DTA-6 最适浓度为 45 mg/L, S3307 最适浓度为 50 mg/L. 3 种植物生长调节剂处理下的主茎节数, 6-BA>DTA-6>S3307. 盛花期、盛荚期、鼓粒期、成熟期大豆最大主茎节数为 A2B4(10.4 cm)、A2B1(11.3 cm)、A1B6(14.0 cm)、A1B6(14.2 cm), 分别较对照 A1B10(9.9 cm、

10.1 cm、13.2 cm、13.6 cm)增加 5.05%、11.88%、6.06%、4.41%;盛花期、盛荚期、鼓粒期、成熟期最小主茎节数为 A1B9(8.8 cm)、A1B7(10.0 cm)、A1B1(12.8 cm)、A1B7(13.4 cm),分别较对照 A1B10 降低 11.11%、1.03%、3.03%、1.47%。综合来看,播期对大豆主茎节数无显著影响,各处理间不同浓度无显著差异,喷施 S3307 能减少主茎节数,增强大豆抗倒伏性,其中 60 mg/L 的 S3307 效果较为明显。



a. 2022年播期及植物生长调节剂对大豆主茎节数的影响



b. 2023年播期及植物生长调节剂对大豆主茎节数的影响

图 8 播期及植物生长调节剂对大豆主茎节数的影响

2.4 播期及植物生长调节剂对大豆根系的影响

2.4.1 播期及植物生长调节剂对大豆总根长的影响

由表 4 可知,随着生育期推进,大豆总根长不断增加。在盛荚期和鼓粒期,两年平均总根长表现为 S3307>DTA-6>6-BA 处理。盛荚期,同期播种下 6-BA 最适浓度为 25 mg/L,DTA-6 最适浓度为 75 mg/L,S3307 最适浓度为 60 mg/L;晚播下 6-BA 最适浓度为 20 mg/L,DTA-6 最适浓度为 75 mg/L,S3307 最适

浓度为 50 mg/L. 鼓粒期, 同期播种下 6-BA 最适浓度为 15 mg/L, DTA-6 最适浓度为 60 mg/L, S3307 最适浓度为 50 mg/L; 晚播下 6-BA 最适浓度为 20 mg/L, DTA-6 最适浓度为 75 mg/L, S3307 最适浓度为 50 mg/L. 同期播种中, 盛荚期大豆植株总根长最大为 A1B9 处理, 较对照增加 24.58%, 鼓粒期大豆总根长最大为 A1B9, 较对照增加 39.36%. 晚播中, 盛荚期大豆植株总根长最大为 A2B8 处理, 较对照增加 43.54%, 鼓粒期大豆总根长最大为 A2B8, 较对照增加 42.19%. 在播期及植物生长调节剂互作处理中, 盛荚期和鼓粒期同期播种下 60 mg/L S3307, 晚播下 50 mg/L S3307 均能显著增加大豆总根长.

2.4.2 播期及植物生长调节剂对大豆根尖数的影响

由表 5 可知, 随着生育期推进, 大豆根尖数不断增加. 同期播种和晚播中, 两年平均大豆根尖数 S3307 > DTA-6 > 6-BA 处理. 盛荚期, 同期播种下 6-BA 最适浓度为 20 mg/L, DTA-6 最适浓度为 75 mg/L, S3307 最适浓度为 60 mg/L; 晚播下 6-BA 最适浓度为 15 mg/L, DTA-6 最适浓度为 60 mg/L, S3307 最适浓度为 50 mg/L. 鼓粒期, 同期播种下 6-BA 最适浓度为 15 mg/L, DTA-6 最适浓度为 75 mg/L, S3307 最适浓度为 50 mg/L; 晚播下 6-BA 最适浓度为 15 mg/L, DTA-6 最适浓度为 75 mg/L, S3307 最适浓度为 40 mg/L. 同期播种中, 盛荚期大豆植株根尖数最大为 A1B9 处理, 较对照增加 38.22%, 鼓粒期大豆根尖数最大为 A1B9, 较对照增加 26.16%. 晚播中, 盛荚期大豆植株根尖数最大为 A2B8 处理, 较对照增加 40.70%, 鼓粒期大豆根尖数最大为 A2B8, 较对照增加 36.60%. 播期及植物生长调节剂互作处理中, 盛荚期同期播种下 60 mg/L S3307 处理, 鼓粒期晚播下 50 mg/L S3307 能增加植株根尖数.

表 4 播期及植物生长调节剂对大豆总根长的影响

单位: mm

处理	2022 年		2023 年	
	盛荚期	鼓粒期	盛荚期	鼓粒期
A1B1	231.51±12.27fgh	350.18±14.05bc	81.53±7.58kl	156.87±39.54abcdef
A1B2	251.34±13.73efg	322.12±20.41cd	110.38±8.33bcd	175.83±21.31ab
A1B3	299.44±21.48cd	326.94±14.11cd	96.50±6.12ghij	114.46±18.43def
A1B4	326.45±23.40abc	351.09±21.04bc	108.06±5.28cdef	173.35±57.27abc
A1B5	342.06±22.62ab	347.53±19.45bc	92.33±5.57hijk	179.98±17.67ab
A1B6	351.22±26.22a	438.52±19.61a	106.06±5.48cdefg	166.83±18.19abcde
A1B7	350.98±17.28a	429.69±20.97a	100.73±7.71defghi	177.08±5.78ab
A1B8	326.02±14.72abc	368.38±9.67b	99.16±3.11efghi	132.42±14.11bcdef
A1B9	332.10±18.56abc	454.36±20.15a	127.02±2.74a	168.50±32.76abcd
A1B10	306.01±24.72bc	313.73±20.62de	86.61±6.16jkl	199.49±22.16a
A2B1	249.26±24.57efg	227.70±13.16h	92.31±7.50hijk	155.43±7.11abcdef
A2B2	244.64±16.09efgh	255.63±14.48fgh	109.64±2.04cde	141.31±13.41bcdef
A2B3	210.34±14.28h	241.35±8.88gh	95.49±2.54ghij	128.06±9.94bcdef
A2B4	264.81±16.93def	267.63±18.31fg	90.28±3.40ijk	116.73±16.01cdef
A2B5	269.37±7.02de	281.45±14.08ef	116.45±4.94abc	137.31±41.22bcdef
A2B6	266.52±12.47def	271.62±14.05fg	102.93±2.65defgh	108.43±26.44f
A2B7	230.91±15.42fgh	329.24±16.96cd	100.77±4.05defghi	110.51±59.05ef
A2B8	297.88±17.85cd	351.37±9.43bc	121.19±6.47ab	167.66±30.33abcd
A2B9	259.57±13.98ef	250.28±18.55fgh	97.08±6.86fghij	139.73±2.54bcdef
A2B10	215.01±11.62gh	255.78±9.35fgh	76.93±5.14l	109.23±16.31f

表 5 播期及植物生长调节剂对大豆根尖数的影响

单位: 个

处理	2022 年		2023 年	
	盛荚期	鼓粒期	盛荚期	鼓粒期
A1B1	394.22±20.27fgh	573.55±29.51bcde	94.33±4.69k	219.22±10.91ab
A1B2	429.89±22.11cdef	546.67±28.12cdef	130.67±6.51efgh	204.11±10.16bcd
A1B3	404.78±20.82efg	563.11±28.96bcdef	109.44±5.45j	190.11±9.46de
A1B4	378.77±19.48ghi	539.33±27.74def	132.66±6.61efgh	205.66±10.24bcd
A1B5	357.56±18.39hi	574.66±29.56bcd	121.88±6.07hij	201.11±10.01cd
A1B6	409.78±21.07efg	637.33±32.78a	153.01±7.62bc	216.22±10.76bc
A1B7	471.89±24.27abc	609.67±31.36ab	110.33±5.49j	150.12±7.47hi
A1B8	424.22±21.82def	572.89±29.46bcde	125.44±6.24fghi	210.78±10.49bc
A1B9	486.33±25.01a	655.44±33.71a	160.88±8.01ab	236.56±11.78a
A1B10	373.88±19.23ghi	538.55±27.71def	94.33±4.69k	168.44±8.38fg
A2B1	436.67±22.46bcdef	537.44±27.64defg	137.89±6.86def	149.33±7.43hi
A2B2	406.22±20.89efg	517.11±26.59efgh	137.55±6.85def	158.44±7.89gh
A2B3	425.22±21.87def	469.33±24.14hi	146.77±7.31cd	148.55±7.39hi
A2B4	394.01±20.26fgh	480.66±24.72ghi	135.11±6.72defg	138.11±6.87ij
A2B5	458.02±23.55abcd	513.67±26.42fgh	140.11±6.97cde	158.44±7.89gh
A2B6	439.22±22.59bcde	532.44±27.38defg	124.33±6.19ghi	145.89±7.26hij
A2B7	459.03±23.61abcd	570.55±29.34bcdef	116.22±5.78ij	128.77±6.41j
A2B8	477.78±24.57ab	603.55±31.04abc	166.66±8.31a	181.33±9.03ef
A2B9	415.44±21.37defg	521.44±26.82defgh	136.77±6.81defg	149.23±7.42hi
A2B10	340.88±17.53i	438.12±22.53i	117.11±5.83ij	136.56±6.81ij

3 讨论与结论

3.1 讨论

3.1.1 播期及植物生长调节剂对大豆产量和产量构成因素的影响

对不同播期间作大豆产量及其构成因素的已有研究表明,晚播降低了大豆单株粒数和单株粒质量,造成了大豆减产^[14],由此可见间作大豆晚播不利于大豆产量的提高.本研究设置两个播期,3种不同植物生长调节剂及各3种不同浓度来检验播期及植物生长调节剂对产量和产量构成因素的影响,试验结果表明同期播种下大豆单株粒数、百粒质量显著高于晚播,且晚播较同期播种减产28.78%.郑殿峰等^[15]在初花期叶面喷施20 mg/L 6-BA调控了大豆叶片中氮代谢相关生理指标,极显著提高了大豆单株粒数、粒质量等产量构成因素.宫香伟等^[16]表示S3307和DTA-6能显著增加大豆的单株粒数和百粒质量,且DTA-6产量高于S3307.本试验结果表明在同期播种下DTA-6产量最高,S3307产量其次,与已有研究结果一致,但在晚播下为45 mg/L DTA-6处理下的大豆产量最高.此外,高超等^[17]研究均表明晚熟品种应适当晚播,早中熟品种应适当早播,通过设置适宜播期来提高大豆产量.本研究选择早中熟大豆品种‘渝豆11’,早播产量较晚播显著提高,与已有研究结果一致.虽然DTA-6处理下的产量优于S3307处理,但DTA-6整体的倒伏率是要高于S3307处理的,在实际生产中,这不利于大豆和玉米的机械化收割,增加收获成本,影响收获效率.

3.1.2 播期及植物生长调节剂对大豆倒伏和茎秆生化特性的影响

倒伏,通常是指农作物在生长过程中因各种原因(如强风暴雨、病虫害、种植密度过大、荫蔽、根系发

育不良等)导致茎秆倾斜或折断的现象. 这种现象在水稻、小麦、玉米等多种粮食作物中较为常见, 严重降低作物产量和品质, 亦不利于机械化收割^[18-19]. 对于大豆、玉米带状复合种植而言, 大豆会在各生长发育时期受玉米荫蔽影响, 因此在选用耐荫抗倒大豆品种基础上, 设置适宜播期和喷施植物生长调节剂预防大豆旺长和倒伏是一项重要的田间管理措施. 汤复跃等^[20]通过设置大豆木薯间作不同播期, 发现随着大豆播期的推迟, 大豆株高增加, 茎秆变细. 张东来等^[21]研究表明大豆株高越低、茎粗越粗、茎秆挫折力越大, 大豆抗倒伏性越强. 通过化学调控技术可以实现控旺防倒, 如 S3307 可被植物茎叶和叶片吸收, 抑制植株的纵向生长, 促进横向生长, 降低植株株高, 增加茎粗, 从而提高植株抗倒性能^[22-23]. 本研究结果表明, 大豆和玉米同期播种延长了两种作物的共生期, 大豆在盛荚期才受到玉米遮荫显著影响, 而晚播大豆在盛花期就受到影响, 导致其开花结荚数减少, 与罗凯等^[24]研究结果一致, 平均倒伏率较同期播种增加了 20.84%, 抗折力、茎粗显著减少, 株高、主茎节数显著增加, 而节间长在两播期间无显著差异.

3.1.3 播期及植物生长调节剂对大豆根系的影响

根系是植物的营养器官, 吸收土壤中的水分和养分, 具有支持、贮存合成有机物的作用. 外源和内源激素都会影响根系生长发育. 有研究表明 6-BA 会负调控大豆根系生长发育, 抑制大豆根系生长^[25]; 叶面喷施 S3307 能增加根干重和促进根系生长发育^[26]. Zhang 等^[27]研究表明, 在大豆间作玉米下, 间作大豆的根长与根系生物量密度较单作大豆分别高 31% 和 27%. 本研究结果表明, 在不同时期, 整体上大豆总根长为 S3307>DTA-6>6-BA, 而大豆根尖数为 DTA-6>S3307>6-BA.

3.2 结论

播期及植物生长调节剂对间作大豆产量及其构成因素具有显著影响, 各处理整体上同期播种(A1)大于晚播 14 d(A2), DTA-6>S3307>6-BA, A1B5 处理下的产量、单株粒数、单株粒质量和百粒质量最大. 播期及植物生长调节剂对间作大豆倒伏率具有显著影响, 晚播大豆平均倒伏率较同期播种显著增加, 抗折力、茎粗显著减少, 株高、主茎节数显著增加. 播期及植物生长调节剂对间作大豆根系指标有一定影响, 在不同生育期, 大豆总根长、根尖数总体上同期播种大豆优于晚播. 在不同时期, 整体上大豆总根长为 S3307>DTA-6>6-BA, 而大豆根尖数为 DTA-6>S3307>6-BA.

综上所述, 在大豆、玉米带状间作模式下, 晚播大豆不利于大豆产量的形成与积累, 倒伏率升高, 根系指标降低. 在初花期喷施 DTA-6 的产量优于 S3307 和 6-BA, 以 60 mg/L DTA-6 产量最高, 50 mg/L S3307 其次, 但是 S3307 处理下的大豆倒伏率较 DTA-6 更低, 且产量与 DTA-6 无显著差异, 更适宜机械化收割, 利于应用推广. 本研究结果对重庆乃至全国大豆、玉米间作提高大豆产量具有现实借鉴意义.

参考文献:

- [1] 孙雅欣, 陈涤平. 大豆资源及其制品在中医食养食疗中的应用研究 [J]. 生物资源, 2023, 45(3): 218-226.
- [2] 柴冠群, 王丽, 刘桂华, 等. 基于多目标重金属元素低积累大豆品种筛选 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2023, 45(9): 57-66.
- [3] 郭伟, 邓虹. “麦/玉/苕+大豆”种植模式经济效益及养地效果初探 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2010, 32(5): 6-9.
- [4] 刘新旗, 涂丛慧, 张连慧, 等. 大豆蛋白的营养保健功能研究现状 [J]. 北京工商大学学报(自然科学版), 2012, 30(2): 1-6.
- [5] HASHIMOTO Y, HAMAGUCHI M, FUKUI M. Fermented Soybean Foods and Diabetes [J]. Journal of Diabetes Investigation, 2023, 14(12): 1329-1340.
- [6] 马文强, 冯杰, 刘欣. 微生物发酵豆粕营养特性研究 [J]. 中国粮油学报, 2008, 23(1): 121-124.
- [7] 李超, 任海红, 谢梦真, 等. 播期与密度对大豆影响的研究进展 [J]. 中国种业, 2022(3): 30-34.
- [8] 杨燕竹, 杜青, 陈平, 等. 玉米大豆播期衔接对间作大豆干物质积累及产量的影响 [J]. 华北农学报, 2017, 32(3): 96-102.

- [9] 徐婷. 播期和密度对套作大豆光合特性、干物质积累及产量的影响 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2014.
- [10] 王英杰, 唐才宝, 潘素君, 等. 外源 6-BA 和 BR 对不同灌溉方式下水稻光合特性及产量的影响 [J]. 分子植物育种, 2022, 20(20): 6930-6938.
- [11] YU T, XIN Y N, LIU P. Effects of 6-Benzyladenine (6-BA) on the Filling Process of Maize Grains Placed at Different Ear Positions under High Planting Density [J]. Plants, 2023, 12(20): 3590.
- [12] 杨文钰, 雍太文, 王小春, 等. 玉米-大豆带状复合种植技术体系创建与应用 [J]. 中国高新科技, 2020(15): 149-151.
- [13] 孙万军, 高超, 雍太文, 等. 大豆-玉米带状套作对大豆生育期、倒伏和产量的影响 [J]. 四川农业科技, 2023(7): 19-23.
- [14] 杨燕竹, 杜青, 陈平, 等. 玉米大豆播期衔接对间作大豆干物质积累及产量的影响 [J]. 华北农学报, 2017, 32(3): 96-102.
- [15] 郑殿峰, 宋春艳. 植物生长调节剂对大豆氮代谢相关生理指标以及产量和品质的影响 [J]. 大豆科学, 2011, 30(1): 109-112.
- [16] 宫香伟, 刘春娟, 冯乃杰, 等. S3307 和 DTA-6 对大豆不同冠层叶片光合特性及产量的影响 [J]. 植物生理学报, 2017, 53(10): 1867-1876.
- [17] 高超, 陈平, 杜青, 等. 播期、密度对带状间作大豆茎叶生长及产量形成的影响 [J]. 作物学报, 2023, 49(11): 3090-3099.
- [18] 袁圆, 汪波, 周广生, 等. 播期和种植密度对油菜产量和茎秆抗倒性的影响 [J]. 中国农业科学, 2021, 54(8): 1613-1626.
- [19] 徐英豪, 陶佩君. 河北省夏玉米机械收获损失影响因素分析——以辛集市为例 [J]. 安徽农业科学, 2020, 48(5): 226-228, 231.
- [20] 汤复跃, 陈渊, 梁江, 等. 大豆、木薯播期对间作大豆产量和主要农艺性状的影响 [J]. 大豆科学, 2012, 31(3): 395-398.
- [21] 张东来, 徐瑶, 王家睿, 等. 大豆生育期间抗倒伏性状变化规律的研究 [J]. 作物杂志, 2016(2): 112-117.
- [22] 韦丁一, 高少凡, 苏海英, 等. 赤霉素及其抑制剂对油菜抗倒伏性的影响 [J]. 江苏农业科学, 2022, 50(12): 69-74.
- [23] 杨崇庆, 曹秀霞, 张炜, 等. 叶面喷施烯效唑对旱地胡麻抗倒性和产量性状的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(3): 49-52, 271.
- [24] 罗凯, 杜青, 陈平, 等. 3种植物生长调节剂对套作大豆氮素积累、分配及籽粒品质的影响 [J]. 华北农学报, 2020, 35(4): 137-144.
- [25] 李欣欣, 廖红, 赵静. GA3、ABA 和 6-BA 对大豆根系生长的影响 [J]. 华南农业大学学报, 2014, 35(3): 35-40.
- [26] SADEGHI-SHOAE M, FATHOLAH TALEGHANI D, HABIBI D. Some Reactions of Physiological and Morphological Characteristics to Foliar Application of Paclobutrazol in Autumn Sugar Beet (*Beta Vulgaris*) [J]. Biosciences, Biotechnology Research Asia, 2017, 14(1): 225-231.
- [27] ZHANG W P, LI Z X, GAO S N, et al. Resistance Vs. Surrender: Different Responses of Functional Traits of Soybean and Peanut to Intercropping with Maize [J]. Field Crops Research, 2023, 291: 108779.

责任编辑 任剑乔