大豆科学 Soybean Science
http://ddkx.haasep.cn
2021,40(4):490-496
DOI:10.11861/j.issn.1000-9841.2021.04.0490

播期对鲜食春大豆衢春豆1号农艺性状和可溶性糖含量的影响

许竹溦,雷　俊,邵晓伟,汪寿根,陈润兴

(衢州市农业林业科学研究院,浙江 衢州 324000)

摘　要:为研究浙西地区不同播期对鲜食春大豆产量和可溶性糖含量的影响,以鲜食春大豆品种衢春豆1号为试验材料,设置3月16日、3月23日、3月30日、4月6日、4月13日、4月20日和4月27日共7个播期处理,比较不同播期下鲜食大豆生育期、农艺性状和产量,棉子糖、蔗糖和水苏糖等可溶性糖含量的变化情况。结果表明:随着播期的延迟,营养生长时间缩短,生殖生长时期逐渐变长,且各处理差异显著;大豆农艺性状中单株荚重、单粒荚数、主茎节数和单株有效荚数呈现先增加后减少的趋势,百粒鲜重、每荚粒数和百荚鲜重呈现逐步减少的趋势,而底荚高度逐渐增高,秕荚数逐渐增多;大豆可溶性糖除棉子糖含量随着播期的推迟而下降,可溶性总糖、蔗糖、水苏糖、果糖和葡萄糖含量均呈现先增加后减少的总体变化趋势,4月6日播期下的大豆籽粒可溶性总糖、蔗糖、水苏糖含量达到最高峰,分别为107.60,42.20和34.67 mg·g^{-1},且这3种可溶性糖含量和百荚鲜重、单株荚数、百粒鲜重和每荚粒数4个荚相关性状极显著正相关,结合产量综合分析表明3月下旬至4月上旬为浙西地区春季大豆种植的适宜时期。

关键词:播期;春大豆;农艺性状;可溶性糖含量

Effects of Sowing Date on Agronomic Traits and Soluble Sugar Content of Fresh Spring Soybean Cultivar Quchundou 1

XU Zhu-wei, LEI Jun, SHAO Xiao-wei, WANG Shou-gen, CHEN Run-xing

(Quzhou Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Quzhou 324000, China)

Abstract: In order to study the effects of different sowing dates on the yield and quality of spring soybean in the western of Zhejiang Province, a fresh spring soybean variety Quchundou 1 was used as experimental material, a total of seven sowing dates were set on March 16th, March 23th, March 30th, April 6th, April 13th, April 20th and April 27th to explore the changes of growth period, agronomic traits, yield and soluble sugar content of fresh soybean under different sowing dates. The growth period, agronomic traits, yield and soluble sugar content of raffinose, sucrose and stachyose in fresh soybean were studied under different sowing dates. The results showed that, with the delay of sowing date, the vegetative growth time was shortened, and the reproductive growth period was gradually longer, with significant difference among the different treatments. The pod weight per plant, pod number per pod, node number of main stem and effective pod number per plant increased firstly and then decreased, 100-seed fresh weight, seed number per pod and 100-pod fresh weight showed a decreasing trend, while the bottom pod height and blighted pod number increased gradually. Except raffinose, the contents of total soluble sugar, sucrose, stachyose, fructose and glucose increased firstly and then decreased. The content of total soluble sugar, sucrose and stachyose content reached the highest on April 6th, which were 107.60, 42.20 and 34.67 mg·g^{-1} respectively, and these three soluble sugar contents were significantly correlated with the four pod correlation characteristics of 100-pod fresh weight, pods number per plant, 100-seed fresh weight and seeds number per pod. Combined with the comprehensive analysis of yield, it was indicated that the optimum period for spring soybean planting in Western Zhejiang was from late March to early April.

Keywords: Sowing date; Spring soybean; Agronomic traits; Soluble sugar content

大豆是我国粮食安全体系中的重要作物之一,在改善膳食结构、畜禽饲料加工、稳定进出口贸易和消费等方面具有至关重要的作用[1]。大豆是喜温短日照作物,适宜的播期直接关系到其生长状况及对气候资源的利用程度。在不同生育期内大豆所处栽培环境的光、温、水等因子存在一定差异[2],太阳总辐射量、植株有效积温和不同时期叶片冠层对所截获的光照利用程度的影响也不尽相同,因此影响了各器官中营养物质的转运分配和作物籽粒产量及品质形成[3]。栾晓燕等[4]和宁海龙等[5]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长前期生育进程,干物质

收稿日期:2021-03-01
基金项目:浙江省"十四五"农业新品种选育重大专项;衢州市科技计划(2020K35)。
第一作者:许竹溦(1994—),女,硕士,助理农艺师,主要从事大豆良种选育与栽培技术研究。E-mail:1594283255@qq.com。
通讯作者:陈润兴(1963—),男,学士,推广研究员,主要从事大豆良种选育与栽培技术研究。E-mail:qzcrx@163.com。

积累和产量下降,且不同熟性品种间差异明显。刘剑丽等[6]通过分期播种试验,建立了春播大豆的光温效应模型,通过模拟参数分析得到不同阶段的播期对大豆生育进程、形态性状和荚相关性状等均存在不同程度的影响。

衢州人素有食用鲜食毛豆的喜好,每年春季鲜食大豆种植面积达6 000 hm^2 以上,衢春豆 1 号作为 2018—2020 年的主栽品种,2020 年种植面积达 350 hm^2。而衢州位于浙江金衢盆地,春季潮湿多雨,早晚温差显著,寒潮影响较大,春大豆成熟期又常为雨热同期的夏季,病虫害增加,对大豆的生产和采收造成了较大的影响,因此探寻衢州适宜的播期对于保障大豆产量稳定显得尤为重要。前人的研究主要集中于播期和密度对大豆品种间差异及对光温利用效率等方面。孙国伟等[7]研究发现播期、密度和品种三者互作对大豆产量产生影响,密度主要影响单株荚数和单株粒重,而影响不同品种产量的主要因素是百粒重。赵朝森等[8]研究表明播期和密度对春大豆天隆一号产量有显著影响,随播期的延迟先增后减,随密度增加先增后减,早播延长了营养生长期,必须加大种植密度才能提高产量。高永刚等[9]研究表明不同播期大豆开花期和鼓粒期的光合特性差异显著,光合参数间的协同作用影响大豆的生长状况和产量的形成。对于探索不同播期下鲜食大豆可溶性糖含量的研究鲜有报道,而可溶性糖含量直接影响鲜食大豆的甜度、口感和风味等品质特性。因此,本研究通过研究不同播期对鲜食春大豆衢春豆 1 号的农艺性状及产量和可溶性糖含量的影响,旨在寻找出适合衢州市生态气候条件的最适播期,为浙江衢州地区鲜食春大豆品质结构优化,稳产种植和产业发展提供技术支撑和理论依据,并为推广应用建立春季大豆新品种选育栽培评价体系提供理论支撑。

1　材料与方法

1.1　材料

试验材料选取衢州市农业林业科学研究院经多年人工杂交选育,2017 年通过浙江省农作物品种审定委员会审定的春季鲜食品种衢春豆 1 号,其母本为浙农 6 号,父本为优质耐倒伏春大豆品种沈鲜 3 号[10],该品种有限结荚习性,株型收敛,叶片卵圆形,白花,灰毛,青荚绿色,弯镰形,荚宽粒大,抗大豆花叶病毒病 SC15 和 SC18 株系,产量10 425 $kg\cdot hm^{-2}$ 左右,2020 年衢州市春季种植面积约为 350 hm^2。

1.2　试验设计

试验于 2020 年春季在衢州市农业林业科学研究院东湖基地内进行,衢州属亚热带季风气候,春季雨水多,供试土壤为黏土,土壤速效磷含量为 136.5 $mg\cdot kg^{-1}$,速效钾 366.5 $mg\cdot kg^{-1}$,有机质 31.4 $g\cdot kg^{-1}$,碱解氮 136.5 $mg\cdot kg^{-1}$,pH7.57。试验采用随机区组设计,3 次重复。小区面积 13 m^2,长 5 m,宽(连沟宽)2.6 m,畦宽 1.3 m,周围设置保护行,种植密度为 19.5 万株· hm^{-2}。

试验设置 7 个播种期,分别为 3 月 16 日、3 月 23 日、3 月 30 日、4 月 6 日、4 月 13 日、4 月 20 日和 4 月 27 日,分别编号为 A1、A2、A3、A4、A5、A6 和 A7,分别记录不同播种期的出苗期、开花期和采收期,在出苗后、三叶期和花期 3 个时期施肥,整个生育期施入“丹王”硫酸钾型复合肥料($N-P_2O_5-K_2O$,17% -17% -17%)复合肥 750 $kg\cdot hm^{-2}$,施肥量配比为基肥:三叶期:花荚期 =2:1:1,种植后及时中耕、除草、施肥、排灌和防治病虫害。豆荚色泽翠绿、籽粒饱满时采收,测定农艺性状后将籽粒剥出,切片烘干后测定可溶性糖含量。

1.3　测定项目与方法

1.3.1　农艺性状　不同播期的 3 个小区分别连续取 6 株植株,参照《国家鲜食大豆品种区域试验调查记载项目及标准》测定株高、底荚高度、主茎节数、有效分枝数、秕荚数、单粒荚数、多粒荚数、百荚鲜重、单株荚重、百粒鲜重、标准荚长与宽、每荚粒数、单株有效荚数和单株总荚数。

1.3.2　可溶性糖含量　可溶性总糖采用张志良[11]的植物可溶性糖方法进行,大豆样品先置烘箱中烘干,然后用粉碎机磨成粉,过筛后备用。精确称取大豆样品 0.1 g 于 2 mL 离心管中,加入 900 μL 80% 乙醇溶液,超声 15 min,3 500 r·min 离心 10 min,上清液转入另一个 2 mL 离心管中;再向沉淀中加入 900 μL 80% 乙醇溶液,如上重复浸提 2 次,将上清液合并,获得可溶性糖提取液,采用改进苯酚-硫酸法测定可溶性糖总量[12],每个样品重复 3 次。采用高效液相色谱法测定蔗糖、水苏糖、棉子糖、果糖和葡萄糖含量[13]。

1.4　数据分析

试验所得数据使用 WPS 2010、SPSS 23.0 和 Graph Prism 9.0 软件进行统计分析。

2　结果与分析

2.1　不同播期对鲜食春大豆生育期的影响

由表 1 可知,播期对春大豆的生育进程有较大影响,随着播期的推迟,播种—出苗阶段(VE)呈现出先增加后减少的趋势,衢州 3 月天气昼夜温差大,寒潮有反复,影响出苗,其中 A2 和 A3 处理受低温

影响出苗,VE 期为 11 d;4 月开始温度上升,随着播种期后移,出苗期(VE)从 11 d 逐渐缩短至 4 d。出苗—开花期(VE ~ R1)为营养生长时期,开花期—鼓粒期(R1 ~ R6)为生殖生长时期,随着播期的延迟,营养生长时间缩短,最短为 A7 处理(27 d);生殖生长时期逐渐变长,最长仍为 A7 处理(55 d),且除 A2 与 A3 处理间无显著差异外,其他不同时期各播期处理间差异显著。6 月 15 日开始采收,全生育期天数随着播期处理延迟呈现先减少后增加趋势,生育期最短的是 A3 和 A4 处理为 77 d,较最长生育期的 A1 相差 6 d;从 A6 播期开始营养生长期短于 30 d,生殖生长期高于 50 d,生育期超过 80 d,表明播期对大豆各生育阶段均有影响,春播时间越晚,受到环境因素的影响越大,主要差异体现在营养生长与生殖生长期天数的差异[14]。

表 1 不同播期处理下对春大豆生育期的影响

Table 1 The effects of different sowing dates on growth period of spring soybean

处理 Treatment	播种期(月 - 日) Sowing date /(month-day)	出苗期(月 - 日) Emergence stage /(month-day)	开花期(月 - 日) Flowering period /(month-day)	采收期(月 - 日) Harvest time /(month-day)	VE /d	VE ~ R1 /d	R1 ~ R6 /d	生育期 Growth period /d
A1	3 - 16	3 - 24	5 - 4	6 - 15	8 b	41 a	42 f	83 a
A2	3 - 23	4 - 3	5 - 9	6 - 22	11 a	36 b	44 e	80 b
A3	3 - 30	4 - 10	5 - 13	6 - 26	11 a	33 c	44 e	77 c
A4	4 - 6	4 - 14	5 - 15	6 - 30	8 b	31 d	46 d	77 c
A5	4 - 13	4 - 20	5 - 18	7 - 8	7 c	28 e	51 c	79 b
A6	4 - 20	4 - 26	5 - 24	7 - 15	6 d	28 e	52 b	80 b
A7	4 - 27	5 - 1	5 - 28	7 - 22	4 e	27 f	55 a	82 a

同列数值后若无相同小写字母表示在 0.05 水平差异显著($P < 0.05$),下同。

The values in the same column followed with no same lowercase indicate the difference is significant at the level of 0.05. The same below.

2.2 不同播期对鲜食春大豆农艺性状的影响

由表 2 可知,播期对春大豆植株农艺性状和荚相关性状影响显著。随着春季播期的延迟,株高呈现先升高后降低的总体趋势,底荚高度基本随着春季播期的延迟而增加,A1 处理底荚高度最低为 4.7 cm,A7 处理底荚高度最高为 8.1 cm,二者差异显著。由于 3 月底冻害严重影响植株长势,A1 处理主茎节数为最小值 7.2 个,但有效分枝数为最大值 4.6 个,A1 处理有效分枝数除与 A5 处理差异不显著外,均显著高于其他处理。A4 播期后播种的春大豆随着播期的延迟秕荚数逐渐增加,A1 ~ A4 处理秕荚数差异不显著,A5 ~ A7 处理秕荚数均显著高于 A1 ~ A4 处理,A7 处理秕荚数最多为 33.6 个,显著高于其他处理。A5 处理单粒荚数显著高于其他处理,多粒荚数除与 A2 处理差异不显著外,均显著高于其他处理。不同播期对百荚鲜重影响较大,从 A1 开始随着播期的推迟,各处理百荚鲜重逐渐减少,A5、A6 和 A7 处理间差异显著,A7 播期百荚鲜重最低为 195.9 g,显著低于其他处理。从 A4 开始随着播期的推迟单株荚重、百粒鲜重和每荚粒数逐渐减少,从 A5 开始随着播期的推迟单粒荚、多粒荚和单株有效荚数显著减少。综合各个性状表现来看,最优播期处理为 A3、A4 和 A5 处理。

表 2 不同播期对大豆农艺性状的影响

Table 2 The effects of different sowing dates on agronomic characters of soybean

处理 Treatment	株高 PH/cm	底荚高度 BPH/cm	主茎节数 MSPN/个	有效分枝 EBN/个	秕荚数 NOWP/个	单粒荚数 SGP/个	多粒荚数 MGP/个
A1	37.6 ± 2.4 c	4.7 ± 0.5 c	7.2 ± 0.5 b	4.6 ± 0.8 a	3.6 ± 0.6 d	4.8 ± 1.3 b	24.5 ± 1.6 bc
A2	47.1 ± 1.2 b	6.1 ± 0.4 bc	8.3 ± 0.8 ab	3.5 ± 0.7 b	4.5 ± 1.2 d	5.7 ± 1.1 b	26.9 ± 1.2 ab
A3	45.7 ± 1.7 b	5.9 ± 2.1 bc	8.2 ± 0.3 ab	3.1 ± 0.4 bc	3.9 ± 0.8 d	6.3 ± 1.5 b	23.3 ± 2.7 c
A4	50.6 ± 1.4 a	5.8 ± 0.9 bc	8.4 ± 0.1 ab	3.2 ± 0.6 bc	2.6 ± 1.1 d	5.0 ± 0.8 b	22.6 ± 2.3 c
A5	45.7 ± 1.8 b	6.4 ± 0.4 abc	8.8 ± 0.8 a	3.8 ± 0.4 ab	8.9 ± 0.7 c	10.9 ± 1.0 a	29.7 ± 1.9 a
A6	46.3 ± 0.8 b	7.3 ± 0.7 ab	8.4 ± 0.7 ab	2.3 ± 0.3 c	16.9 ± 2.3 b	6.2 ± 1.1 b	22.3 ± 1.3 c
A7	46.6 ± 2.9 b	8.1 ± 0.6 a	8.5 ± 0.8 a	2.9 ± 0.5 bc	33.6 ± 5.5 a	5.1 ± 0.3 b	21.8 ± 0.6 c

续表 2

处理 Treatment	百荚鲜重 PFW/g	单株荚重 PWP/g	百粒鲜重 HFW/g	每荚粒数 EPGN/个	单株有效荚数 EPP/个	单株总荚数 TPP/个
A1	326.9 ± 9.9 a	85.8 ± 4.2 b	78.7 ± 3.3 a	2.3 ± 0.1 a	29.3 ± 2.8 bc	32.9 ± 3.1 cd
A2	315.4 ± 8.9 ab	89.0 ± 4.7 b	78.6 ± 1.6 a	2.3 ± 0.1 a	32.6 ± 2.0 b	37.1 ± 3.2 c
A3	300.2 ± 10.2 b	82.5 ± 11.4 b	79.3 ± 2.9 a	2.3 ± 0.1 a	29.6 ± 2.9 bc	33.5 ± 3.7 cd
A4	297.3 ± 17.1 bc	95.7 ± 3.7 a	77.4 ± 3.9 a	2.1 ± 0.1 b	27.5 ± 2.4 c	30.1 ± 2.0 d
A5	277.3 ± 14.8 c	69.7 ± 5.4 c	68.1 ± 1.3 b	1.9 ± 0.2 c	40.6 ± 1.4 a	49.5 ± 1.6 b
A6	227.4 ± 10.6 d	61.0 ± 4.0 cd	46.7 ± 4.7 c	1.8 ± 0.1 c	28.5 ± 1.3 c	45.4 ± 3.6 b
A7	195.9 ± 5.2 e	57.4 ± 4.1 d	39.5 ± 6.7 d	1.7 ± 0.1 c	26.9 ± 0.8 c	60.5 ± 4.7 a

PH – Plant height; BPH – Bottom pod height; MSPN – Main stalk pitch number; EBN – Effective branching number; NOWP – Number of withered pods; SGP – Single seed pod number; MGP – Many seed pod number; PFW – Pod fresh weight; PWP – Pod weight per plant; HFW – 100-seed fresh weight; EPGN – Seeds number per pod; EPP – Effective pods number per plant; TPP – Total pods number per plant. The same below.

2.3　不同播期对鲜食春大豆产量的影响

由图 1 可知,不同播期对春大豆产量影响显著,随着播期的推迟产量呈先增加后减少的总体趋势。A2 处理在播种后遭遇冻害导致出苗慢、苗势弱以至于后期产量下降,表明前期低温对出苗和产量都有一定影响;A3 和 A4 播期的产量除与 A1 处理差异不显著外,均显著高于其他播期处理,其中 A4 的产量最高为 733.53 $kg \cdot hm^{-2}$;A1 ~ A5 处理产量均在 650 $kg \cdot hm^{-2}$以上,A6 和 A7 播期产量显著低于其他处理,A7 处理产量最低,仅为 465.87 $kg \cdot hm^{-2}$,较 A4 下降了 57.45%,差异显著。综合表 2 农艺和产量性状,表明 A3 和 A4 播期为最适播期,3 月底至 4 月初播种利于获得高产;春季鲜食大豆衢春豆 1 号播期范围最迟为 A5,即 4 月 13 日之后播种的春大豆产量严重下降。

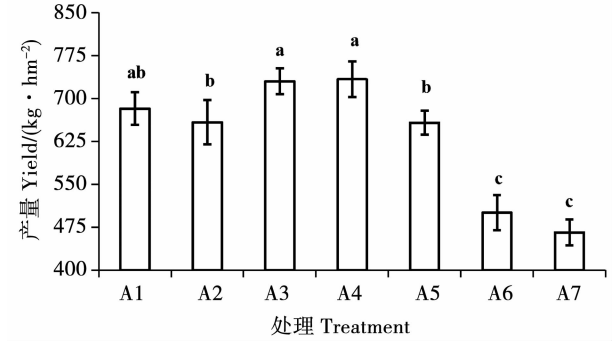

图 1　不同播期处理对大豆产量的影响

Fig. 1　The effects of different sowing date on soybean yield

2.4　不同播期对大豆可溶性糖含量的影响

随着春季播期的推迟,不同播期对春大豆可溶性糖含量影响显著[15]。由图 2 可知,从 3 月 16 日 A1 播期开始,可溶性总糖、蔗糖、水苏糖、果糖和葡萄糖呈现先增加后减少的趋势。A4 处理可溶性总糖、蔗糖和水苏糖含量均为最大值,分别为 107.60, 42.20 和 34.67 $mg \cdot g^{-1}$,A7 处理均为最小值,较 A4 分别显著减少了 6.72%、16.03% 和 10.51%。A5 ~ A7 处理间除蔗糖外其他 5 种可溶性糖含量均无显著差异;蔗糖含量 A1 ~ A5 处理间无显著差异,显著高于 A6 和 A7 处理;水苏糖含量 A1 和 A4 处理间无显著差异,显著高于除 A2 外的其他处理。棉子糖含量与其他可溶性糖含量变化趋势不同,随着播期的延迟逐渐下降,表明较短的生育期可能会影响棉子糖转化过程,A1 处理棉子糖含量最高为 10.63 $mg \cdot g^{-1}$,A5 ~ A7 处理棉子糖含量均小于 10 $mg \cdot g^{-1}$,A6 和 A7 处理显著低于 A1 ~ A4 处理。A3 处理果糖和葡萄糖含量均为最高,分别为 7.03 和 6.02 $mg \cdot g^{-1}$;果糖含量,A3 处理显著高于除 A4 外的其他处理;而 A3 处理葡萄糖含量仅显著高于 A2,与其他处理均无显著差异。春季后期播种的植株营养生长时间短,而生殖生长时间长,前期营养物质积累少,且鼓粒期环境温度高,湿度偏大,可能影响可溶性糖含量相关酶的活性,使其不能及时转化合成为储藏物质,是导致鲜食大豆籽粒品质下降的一个主要因素。

2.5　不同播期下鲜食春大豆可溶性糖含量与农艺性状的相关性分析

由表 3 可知,除株高、单粒荚数、多粒荚数和单株有效荚数外其余 9 个农艺性状均与多个可溶性糖含量呈显著相关。其中底荚高度和蔗糖含量呈极显著负相关($P < 0.01$),与水苏糖和棉子糖含量呈显著负相关($P < 0.05$);主茎节数与棉子糖含量呈显著负相关($P < 0.05$),与果糖含量呈显著相关($P < 0.05$);有效分枝数与棉子糖含量呈显著相关($P < 0.05$);秕荚数则与可溶性总糖、蔗糖、水苏糖和棉子糖含量呈极显著负相关($P < 0.01$);百荚鲜重、单株荚数、百粒鲜重和每荚粒数均与可溶性总糖、蔗糖、水苏糖和棉子糖含量呈极显著相关($P < 0.01$);单株总荚数与可溶性总糖、蔗糖、水苏糖和棉子糖含量均呈极显著负相关($P < 0.01$),这可能是播种后期单株无效荚增多,大豆鼓粒性变劣,品质降低的结果。

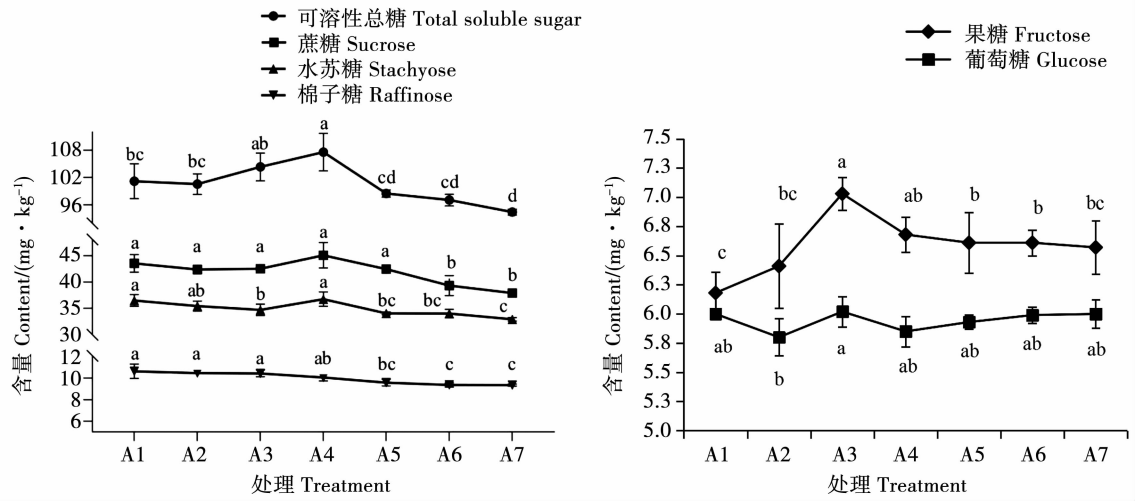

图 2 不同播期下大豆可溶性糖成分含量变化

Fig. 2 The changes of soluble sugar content of soybean under different sowing dates

表 3 不同播期下大豆农艺性状和可溶性糖含量的相关性

Table 3 The correlation between agronomic traits and soluble sugar content of soybean under different sowing dates

农艺性状 Traits	可溶性总糖 Total soluble sugar	蔗糖 Sucrose	水苏糖 Stachyose	棉子糖 Raffinose	果糖 Fructose	葡萄糖 Glucose
株高 PH	0.190	-0.040	-0.110	-0.290	0.360	-0.160
底荚高度 BPH	-0.360	-0.619**	-0.528*	-0.486*	0.080	0.350
主茎节数 MSPN	-0.190	-0.310	-0.320	-0.493*	0.454*	-0.030
有效分枝数 EBN	0.200	0.360	0.400	0.462*	-0.330	-0.230
秕荚数 NOWP	-0.729**	-0.778**	-0.693**	-0.645**	0.020	0.250
单粒荚数 SGP	-0.230	0	-0.360	-0.310	0.140	-0.060
多粒荚数 MGP	-0.150	0.170	-0.060	0.010	-0.130	-0.410
百荚鲜重 PFW	0.656**	0.794**	0.750**	0.762**	-0.160	-0.190
单株荚重 PWP	0.752**	0.824**	0.775**	0.701**	0.060	-0.360
百粒鲜重 HFW	0.710**	0.796**	0.680**	0.718**	-0.020	-0.250
每荚粒数 EPGN	0.617**	0.638**	0.656**	0.873**	-0.060	-0.050
单株有效荚数 EPP	-0.200	0.110	-0.200	-0.140	-0.020	-0.290
单株总荚数 TPP	-0.826**	-0.738**	-0.791**	-0.712**	0.010	0.120

* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著相关。

* and ** indicate significant correlation at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

3 讨 论

鲜食大豆是鼓粒期豆荚色翠绿、籽粒青绿饱满而未老熟时,可采集食用的大豆专用品种[16],富含营养,具有调理肠道,补钾、降血压及胆固醇等作用,深受广大消费者喜爱[17]。鲜食大豆的外观品质包括豆荚饱满程度、色泽及豆粒的大小,决定了菜用大豆的商品性,同时直接受到农艺性状整齐度的影响,而春季鲜食大豆的产量决定了种植户的收益,在保证鲜荚外观与豆粒品质的基础上达到高产以满足农户的需求。

本研究针对衢州的气候,通过春季分期播种的方式,对不同时期的春大豆表型性状和产量进行分析,发现播期对春大豆的生育进程和产量潜力的发挥均有较大影响,这与王继安等[18]研究结果一致。从 3 月 16 日(A1 处理)第一次播种开始,随着播期的推迟,营养生长时间变短,生殖生长时期变长,大豆农艺性状中单株荚重、单粒荚数、主茎节数和单株有效荚数呈现先增加后减少的趋势,百粒鲜重、每荚粒数和百荚鲜重呈现逐步减少的趋势,而底荚高度和秕荚数逐渐增加,北方春大豆播期研究也呈现相同趋势[19-21]。延迟播期后,大豆较快从营养生长进入生殖生长,缩短了营养生长时间,干物质积累过少[22],因此早播有利于提高大豆产量[23],但衢

州春季存在倒春寒现象,土壤温度低湿度大的情况下,种子播种吸涨后易霉烂,显著降低发芽率,3 月 23 日(A2 处理)播种的大豆种子遭遇冻害农艺性状和产量较 A1 处理均显著下降。因此适时播种有利于提高产量,本研究结果表明 A3 和 A4 处理下播种的春大豆单粒荚数显著增加,同时产量最高,即在衢州地区 3 月底至 4 月初为最适播种期,4 月下旬播种后产量会显著下降,随着播期的推迟,产量降低,这与 Egli[24]、曾新宇等[25]和杨加银等[26]等的研究结果一致。

相关研究发现,鲜食大豆的品质性状主要表现在其口感与风味上,而甜度主要取决于可溶性糖含量[27],而鲜食大豆中的可溶性糖含量远高于成熟老豆[28],可溶性糖中蔗糖、水苏糖和果糖等糖分甜度不一[29],其口感极大地决定了消费者的喜好[30]。不同播期下大豆籽粒生长发育进程不同,不同光温下养分积累程度也不一样,本研究测定不同播期下大豆青熟时其可溶性总糖、蔗糖、棉子糖、水苏糖、果糖和葡萄糖含量,结果表明除棉子糖含量随着播种的延迟而下降,其他糖分含量均呈现先增加后减少的趋势。李彦生等[31]研究不同品种鲜食大豆青熟时籽粒蔗糖含量对推迟播期的响应,结果与本研究相似。张林等[32]研究表明适当早播有利于籽粒可溶性糖含量累积,且运转时间延长可有效促进籽粒成熟后期贮藏物质的形成。衢州因位于金衢盆地,地势较低、地下水位高,许多区域土质粘重,且常年 6 月中旬至 7 月上旬适逢梅雨季节,生产上常出现豆荚霉烂现象,生育后期多日连续阴雨天气可能会导致鲜食大豆籽粒中蔗糖的卸载和再合成能力下降,而蔗糖磷酸合成酶活力与蔗糖积累呈正相关[33],同时也拉长了整体的生育期,从经济成本角度上看,3 月底至 4 月初播种最为节本增效,而且 6 月中下旬鲜食毛豆的采收也符合衢州当地饮食习惯。

4　结　论

播期对鲜食春大豆各个阶段生育进程均有较大影响,随着播期的推迟,从播种到出苗期呈现出各处理天数先增加后减少的趋势;营养生长时间逐渐缩短,生殖生长时期逐渐变长;全生育期天数随着播期处理延迟先减少后增加,春播时间越晚,受到环境因素的影响越大。随着春季播期的延迟,鲜食春大豆衢春豆 1 号农艺性状中株高、主茎节数、有效分枝数、单粒荚数、多粒荚数和单株荚重及产量均呈现先升高后降低的总体趋势。A4 处理的产量最高为 733.53 $kg \cdot hm^{-2}$,之后随着播期的推迟显著下降。晚于 A4 播期处理的鲜食春大豆秕荚数逐渐增加,单株荚重、百粒鲜重和每荚粒数逐渐减少;从 A5 开始随着播期的推迟单粒荚、多粒荚和单株有效荚数显著减少,以 A5 播期为分水岭,各个农艺性状由优变劣。A4 处理可溶性总糖、蔗糖和水苏糖含量均为最大值,分别为 107.60,42.20 和 34.67 $mg \cdot g^{-1}$;且多个可溶性糖含量与秕荚数、百荚鲜重、单株荚数、百粒鲜重和每荚粒数等荚相关性状均呈显著相关,综合各个表型性状和可溶性糖含量表现来看,3 月下旬至 4 月上旬为浙西地区春季鲜重大豆种植的适宜时期。

参考文献

[1] 王禹,李干琼,喻闻,等. 中国大豆生产现状与前景展望[J]. 湖北农业科学, 2020,59(21):201-207. (Wang Y, Li G Q, Yu W, et al. Present situation and prospect of soybean production in China [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2020,59(21):201-207.)

[2] 于凤瑶,刘锦江,辛秀君,等. 播期对高蛋白大豆产量及品质的影响[J]. 大豆科学,2008,27(4):620-623. (Yu F Y, Liu J J, Xin X J, et al. Effects of sowing date on yield and quality of high protein soybean[J]. Soybean Science, 2008,27(4):620-623.)

[3] 张林,杨洋,罗友明,等. 播期对春大豆种子品质形成及产量的影响[J]. 作物杂志,2015(2):118-123. (Zhang L, Yang Y, Luo Y M, et al. Effects of sowing date on seed quality formation and yield of spring soybean[J]. Crops, 2015(2):118-123.)

[4] 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. Effects of sowing date on growth stage and photosynthetic product accumulation of different soybean varieties[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2003(4):9-11.)

[5] 宁海龙,孙培乐,宋兆华,等. 不同播期对春大豆生态性状的影响[J]. 大豆科学,2011,30(1):73-78. (Ning H L, Sun P L, Song Z H, et al. Effect of sowing dates on ecological traits of spring soybean[J]. Soybean Science,2011,30(1):73-78.)

[6] 刘剑丽,宁海龙,孙培乐,等. 春大豆播期光温效应的研究[J]. 大豆科学,2011,30(3):428-433. (Liu J L, Ning H L, Sun P L, et al. Effect of light and temperature under different sowing date on spring soybean (*Glycine max* L. Merill)[J]. Soybean Science, 2011,30(3):428-433.)

[7] 孙国伟,付连舜,张凤路,等. 播期及密度对不同大豆品种农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学,2016,35(3):423-427. (Sun G W,Fu L S,Zhang F L, et al. Effects of sowing date and plant density on agronomic traits and yield for different soybeans[J]. Soybean Science,2016,35(3):423-427.)

[8] 赵朝森,王瑞珍,陶国华,等. 不同播期与种植密度对春大豆“天隆一号”农艺及产量性状的影响[J]. 农业科技通讯,2015(12):173-176. (Zhao C S,Wang R Z,Tao G H,et al. Effects of different sowing date and planting density on agronomic and yield characters of spring soybean ‘Tianlong No. 1’[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology,2015(12):173-176.)

[9] 高永刚,高明,杨晓强,等. 播期对大豆开花期和鼓粒期叶片光合特性及产量的影响[J]. 大豆科学,2020,39(2):227-234.

(Gao Y G, Gao M, Yang X Q, et al. Effects of sowing date on photosynthetic characteristics of leaves in flowering and bulking stage and yield of soybean[J]. Soybean Science, 2020, 39(2): 227-234.)

[10] 陈润兴,雷俊,汪寿根,等. 春季鲜食大豆新品种衢春豆 1 号的选育及栽培技术[J]. 大豆科学, 2018, 37(4): 652-654. (Chen R X, Lei J, Wang S G, et al. Breeding of new spring vegetable soybean cultivar Quchundou 1 and cultivation techniques[J]. Soybean Science, 2018, 37(4): 652-654.)

[11] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009: 106-107. (Zhang Z L. The guidance of plant physiology experiment[M]. Beijing: Higher Education Press, 2009: 106-107.)

[12] 姜琼,谢妤. 苯酚-硫酸法测定多糖方法的改进[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(12): 316-318. (Jiang Q, Xie Y. Improvement of phenol sulfuric acid method for determination of polysaccharides [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2013, 41(12): 316-318.)

[13] 郁晓敏,袁凤杰,傅旭军,等. 浙江大豆核心亲本可溶性糖含量分析[J]. 中国粮油学报, 2015, 30(7): 19-22. (Yu X M, Yuan F J, Fu X J, et al. Analysis of soluble sugar content in core parents of soybean in Zhejiang Province[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2015, 30(7): 19-22.)

[14] 鹿文成,闫洪睿,张雷,等. 不同播期对大豆产量和品质的影响[J]. 耕作与栽培, 2005(5): 35-36. (Lu W C, Yan H R, Zhang L, et al. Effects of different sowing dates on yield and quality of soybean[J]. Tillage and Cultivation, 2005(5): 35-36.)

[15] 赵银月,魏生广,代希茜,等. 播期对云南夏播大豆产量及农艺性状的影响[J]. 西南农业学报, 2015, 28(5): 1926-1931. (Zhao Y Y, Wei S G, Dai X Q, et al. Effect of sowing date on yield and agronomic traits of summer soybean in Yunnan[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2015, 28(5): 1926-1931.)

[16] 陈华涛,陈新,顾和平,等. 不同基因型菜用大豆品质构成因子的比较[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(6): 1508-1510. (Chen H T, Chen X, Gu H P, et al. Comparison of quality components of different genotypes of vegetable soybean[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2012, 28(6): 1508-1510.)

[17] 顾卫红,郑洪建,张燕,等. 菜用大豆的国际需求及科研生产动态[J]. 上海农业学报, 2002, 18(2): 45-48. (Gu W H, Zheng H J, Zhang Y, et al. Trends in production, demand and scientific researches on vegetable soybean[J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2002, 18(2): 45-48.)

[18] 王继安,王雪峰,姬长举. 不同播期对极早熟大豆产量及农艺性状的影响[J]. 大豆科学, 2001, 20(2): 149-152. (Wang J A, Wang X F, Ji C J. Effects of planting times on the yield and agronomic characters of extremely early soybeans[J]. Soybean Science, 2001, 20(2): 149-152.)

[19] 李灿东,郭泰,王志新,等. 播期对耐密植大豆品种主要农艺性状及产量的影响[J]. 中国农学通报, 2016, 32(3): 39-42. (Li C D, Guo T, Wang Z X, et al. Effects of different sowing dates on main agronomic traits and yield of close planting soybean cultivars [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(3): 39-42.)

[20] 张维红. 北丰 9 号大豆不同播期的生育表现[J]. 大豆科技, 2013(3): 71-73. (Zhang W H. Performance of soybean variety Beifeng No. 9 under different planting dates[J]. Soybean Science & Technology, 2013(3): 71-73.)

[21] Zhao Z G, Luo R P, Ji Y M, et al. The effect of different sowing dates on yield and properties of Ningxia soybean[J]. Chinese Seed, 2012, 3(1): 24-25, 32.

[22] 申晓慧,姜成,刘婧琦,等. 播期和肥料对大豆新品种合农 63 生长发育和产量构成因素的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2012(9): 27-29. (Shen X H, Jiang C, Liu J Q, et al. Study on the effect of sowing date and fertilizer on growth and yield components of new soybean variety Henong 63[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2012(9): 27-29.)

[23] Pedersen P, Lauer J G. Soybean growth and development in various management systems and planting dates[J]. Crop Science, 2004, 44(2): 508-515.

[24] Egli D B. Mechanisms responsible for soybean yield response to equidistant planting patterns[J]. Agronomy Journal, 1994, 86(6): 1046.

[25] 曾新宇,宗洪霞,张莉,等. 施肥·密度与播期对鲜食大豆主要农艺性状及倒伏性的影响[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(13): 23-26. (Zeng X Y, Zong H X, Zhang L, et al. Effects of fertilization, density and sowing date on main agronomic traits and lodging of fresh soybean[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2020, 48(13): 23-26.)

[26] 杨加银,徐海风. 播期、密度对菜用大豆鲜荚产量及性状的影响[J]. 大豆科学, 2006, 25(2): 185-187, 191. (Yang J Y, Xu H F. Effect of sowing dates and plant densities on fresh pod yield and agronomic characters of vegetable soybean[J]. Soybean Science, 2006, 25(2): 185-187, 191.)

[27] 李彦生. 菜用大豆食用品质形成及调控研究[D]. 哈尔滨: 中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所), 2013. (Li Y S. Formation and regulation of edible quaility in vegetable soybean (*Glycine max* L. Merr.)[D]. Harbin: University of Chinese Academy of Sciences (Northeast Institute of geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences), 2013.)

[28] Tsou S C S, Hong T L. Research in vegetable soybean quality in Taiwan[M]// Shanmugasundaram S. Vegetable Soyean: Research needs for production and quality improvement. Taiwan: Asian Vegetable Research Development Center, 1991: 103-108.

[29] 王镜岩. 生物化学[M]. 第三版. 北京: 高等教育出版社, 2002: 106-108. (Wang J Y. Biochemistry[M]. 3rd Edition. Beijing: Higher Education Press, 2002: 106-108.)

[30] Masuda R. Quality requirement and improvement of vegetable soybean[M]//Asian Vegetable Research Development Center. Vegetable soybean: Research needs for production and quality improvement. Asian Vegetable Research Development Center, 1991: 92-103.

[31] 李彦生,杜明,刘长锴,等. 播期对调控菜用大豆籽粒蔗糖形成关键酶活力的影响[J]. 大豆科学, 2015, 34(4): 606-610. (Li Y S, Du M, Liu C K, et al. Planting date affects key enzymes activities involved in seed sucrose accumulation of vegetable soybean[J]. Soybean Science, 2015, 34(4): 606-610.)

[32] 张林,杨洋,罗友明,等. 播期对春大豆种子品质形成及产量的影响[J]. 作物杂志, 2015(2): 118-123. (Zhang L, Yang Y, Luo Y M, et al. Effects of sowing date on seed quality formation and yield of spring soybean[J]. Crops, 2015(2): 118-123.)

[33] Huber S C, Huber J L. Role of sucrose-phosphate synthase in sucrose metabolism in leaves[J]. Plant Physiology, 1992, 99(4): 1275-1278.