



崔晓培,郑金焕,胡冬梅.播期与密度对大豆生长发育影响的研究进展[J].黑龙江农业科学,2021(9):123-128.

播期与密度对大豆生长发育影响的研究进展

崔晓培,郑金焕,胡冬梅

(荆州农业科学院,湖北 荆州 434000)

摘要:产量和品质一直以来都是大豆生产过程中追求的目标,适宜的播期和密度是保证大豆生产中高产优质的重要栽培措施,为促进大豆高效生产,本文详细综述了播期与密度对大豆生长发育中农艺性状、产量、籽粒品质及其他方面的影响,并结合我国大豆农业生产过程中面临的问题,对今后大豆生产新方向进行了展望。

关键词:播期;密度;大豆;生长发育

大豆(*Glycine max* L.)是世界上主要的油料作物之一,因其丰富的营养和多样化的用途在国民日常生活中发挥着越来越大的作用。在豆科作物中,大豆不仅含有较多的蛋白质和油脂,还含有大量的营养物质,如钙、磷、铁和维生素。大豆属于典型的短日照作物,对光照和温度特别敏感,生长发育易受光温反应的控制,因而在其生长发育周期内直接受播种时间和密度的影响,从而影响到其生产力^[1]。大豆生育期间所面临的光、温、水等生态因素均与产量密切相关,所以,如何有效利用生态资源是充分发挥大豆品种高产优质潜力的关键因素^[2]。

近年来,全球气候在不断变化,导致全球气温异常,旱涝等自然灾害增多。由于气候的多变,作物不能很快适应气候,其生长发育受到影响,对粮食生产产生较大影响。气候变化是影响大豆产量及相关性状的重要因素。适应气候变化并减轻气候变化对作物产量影响的一个重要办法是选择合适的播种期,确定与气候有关的产量限制条件并制定相应的农业适应气候变化战略,这对于减轻粮食安全问题至关重要,全国各地区的品种区域试验已经显示了适宜播期的优势^[3]。环境条件(如光周期和温度)会对大豆形态属性产生影响,影响生长、种子鼓粒、养分吸收和光合速率^[4]。植物空间布局由植物密度决定,植物种植密度影响种内对水、光和养分的吸收,可能改变植物的结构以及对环境资源的利用率。因此,种植密度的调整可以提高产量,使种子成本合理化,并且不涉及

新技术的使用^[5]。播期和密度的差异使得相同大豆品种在同一地点种植所遇到的光、温、水等自然条件不同,致使植株性状、产量性状以及籽粒品质均有差异。所以,在适宜种植区域内,播期与密度的调节和选择不使作物能够充分利用光、水、热等相关气候资源,同时也能保证作物高产、稳产^[6-8]。

播期和密度是影响大豆产量和品质的两个重要因素,对这两个因素进行综合分析为育种家提供一个新的大豆育种方向。本文综述了播期与密度对大豆农艺性状、产量以及相关品质等的影响,旨在为全面了解播期与密度对大豆生长发育过程的影响,在生产实践中提高大豆产量和品质,为大豆高产优质生产提供理论依据,为大豆高效生产技术和应用提供参考。

1 播期对大豆生长发育的影响

1.1 播期对大豆农艺性状的影响

大豆是典型的短日照作物,播期的改变会直接影响大豆生长发育过程中的形态构建。多项研究表明,播种延迟会导致株高降低,严重影响作物的发育周期和产量。由于播期延迟,每株植物的荚果和种子数量减少,可能是由于该阶段的缩短以及整个生育周期的缩短。播期延后导致单位面积内叶面积指数、地上部生物量和底荚高度以及最终株高降低^[9]。袁鸿等^[10]研究结果表明黔豆8号各播期对生育性状影响显著。雷俊等^[11]研究表明品种主要农艺性状随播期延后呈下降趋势。任小俊等^[8]试验结果显示汾豆98的播期对农艺性状影响显著,随着播期的推迟,株高和底荚高度以及主茎节数呈先增加后减少的趋势。陈立君^[12]对东农42进行不同播期动态规律研究,发现播期对大豆植株形态性状影响较大,形态性状中主茎节数降低,但株高性状受环境条件影响较大。

收稿日期:2021-04-22

基金项目:湖北省农业科技创新资助项目(2007-620-001-03)。

第一作者:崔晓培(1989—),女,硕士,农艺师,从事大豆遗传育种和栽培研究。E-mail:1501993727@qq.com。

通信作者:郑金焕(1975—),女,学士,副研究员,从事大豆遗传育种和栽培研究。E-mail:994406946@qq.com。

1.2 播期对大豆产量的影响

1.2.1 对大豆产量构成要素的影响 大豆产量是由单位面积株数、单株荚数和单株粒数以及百粒重构成。国内外多篇研究表明不同播期大豆单株荚数差异显著,单株主茎荚数、单株次枝荚数、单株荚数等性状早播期比晚播期高^[13-14]。延迟播种导致单位面积荚数、单位面积种子数减少,产量下降。播期不同对大豆每荚粒数无统计学意义,每荚粒数取决于基因型,与环境因子无关,只是在种子形成阶段中特殊环境胁迫对其产生影响^[15]。

研究表明,不同播期大豆百粒重差异显著^[16]。早播种的平均种子百粒重高于晚播的平均种子百粒重。这是由于营养生长期短,灌浆期长,早熟栽培品种有更多的时间和生长期来积累光合产物,使百粒重增加。王乐政等^[17]的研究表明齐黄 34 的产量随着播期的推迟先增加后逐渐降低,得出适期早播有利于大豆增产的结论。任小俊等^[8]研究结果显示大豆汾豆 98 的单株有效荚数和单株粒数增多,百粒重、单株粒重在 6 月 3 日播种时最高,同时产量也达到最高值。陈立君^[12]对东农 42 的不同播期动态规律进行研究,发现播期对大豆籽粒产量性状以及植株形态性状影响较大。结果发现,随着播期的推迟,东农 42 产量性状中的单株荚数和鲜粒荚比降低,鲜皮荚比却有所升高;但平均鲜粒重和平均鲜荚重受环境条件影响较大。侯青光等^[18]研究表明产量构成因素中,随着播期的延迟单株有效荚数和单株粒数以及百粒重呈现逐渐升高的趋势,延迟到一定时期后,单株有效荚数和百粒重逐渐下降。

1.2.2 对大豆产量的影响 众所周知,推迟播种期会导致开花提前,使产量降低。不同播期间种子产量差异显著。早播比晚播产量高,这是由于晚播错过了适宜的生长时间,植株的光截获和作物营养分配受到严重影响,导致产量下降,未能发挥其生产潜力。在早播的情况下,植株获得更多的生长发育时间,因此种子产量的提高是合理的。已有研究发现,播期对大豆秸秆产量影响显著。早播比晚播高,这是由于株高、单位面积株数、单株荚数、干物质积累量高的结果,这明显是由于分枝过多所致。播种期对生物产量的影响也较为显著^[19]。有研究表明延迟种植,生物产量下降,原因是开花推迟,顶芽叶持续生长,植株停止生殖生长,然而不同播期下收获指数没有一致的结论。Hanlan 等^[20]揭示了收获指数受种植日期的影响,Turk 等^[21]研究结果表明收获指数不受播种日期的影响。张林等^[22]研究认为不同播期处理

对春大豆产量的影响差异显著,表现为适时早播将有利于提高大豆的产量。

因此,确定合理的大豆播期不仅可以调整其生育期各个阶段与季节同步,而且还能充分发挥优质品种的丰产潜力。在大豆各关键生长时期达到相应的生长发育指标,是大豆高效栽培管理技术的关键,也是大豆生产实现高产、优质的基础。

1.3 播期对大豆其他方面的影响

1.3.1 对大豆籽粒蛋白质和油脂的影响 一般来说,生育后期外界温度的变化影响大豆籽粒中蛋白质和油脂的相关变化,相关生态因子的变化是引起大豆籽粒中蛋白质及脂肪变化的重要因素。李金花等^[23]研究发现大豆籽粒蛋白质含量随播期的推迟而增加,脂肪含量随播期的推迟而降低,而蛋白质与脂肪含量总和变化却不明显。陈立君^[12]也认为随播期的推迟,籽粒蛋白质含量增加,籽粒油脂含量减少。Rotundo^[24]首次描述了大豆种子成分含量和浓度对环境影响的响应,结果显示晚播后期水分的亏缺对籽粒含油量降低程度大于籽粒蛋白质,种子含油量和残留量的减少与蛋白质含量无关,导致种子蛋白质含量在一定程度上增加。张林等^[22]认为日平均温度作为播期中重要的影响因子之一,对春大豆籽粒品质形成影响较大,且呈负效应。随播期的不断推迟,过渡性物质(如可溶性蛋白)积累丰度呈下降趋势,贮藏性物质(粗蛋白质和粗脂肪)含量呈“S”型上升趋势,说明适时早播有利于籽粒早期的品质形成,而晚播会造成籽粒品质下降。同时也有一些相反的研究结果,胡哲等^[25]发现南农 47 籽粒蛋白质含量随播期的延迟呈下降趋势,因此不排除其他环境因子的误差使结论与前人研究不一致,Song 等^[26]研究就发现从开花到种子发育期间的季节性降水量与种子蛋白质浓度的增加呈正相关。

1.3.2 对大豆种子生产的影响 种子活力与成熟期的生产环境和收获脱粒方法有关。在种子生长发育阶段,田间的降雨、温度和相对湿度等不利环境条件可能会导致大豆种子的发芽率和活力下降^[27]。据报道,部分大豆种子不能从一个季节储存到下一个季节,种子质量下降可能与作物成熟和收获期间的不利环境有关。唐桂香等^[28]最早报道了播期是影响大豆种子质量的重要因素。如果推迟播种,就有可能在收获季节遇到降雨,种子质量也会受到影响^[12]。在植物开花期短时间内发生高温会降低花粉的分散和萌发,影响植物的繁殖过程^[29]。部分研究表明,播期不当会使种子在发育过程中遭遇气温不适而导致种子尺寸缩小,甚至影响结实率^[30]。

2 密度对大豆生长发育的影响

2.1 密度对大豆农艺性状的影响

密度是影响大豆株高的重要环境因素。大豆植物具有高度的表型可塑性^[31],为了弥补植株密度低的主要机制是产生大量分枝从而增加单株叶面积,应对植物密度高的主要机制是株高变高使植株获取更多的光照来满足光合作用。一般情况下,随着播种密度的增加,株高也随之增加^[32]。不同品种对播种密度有不同的响应^[33-34]。一般来说,通过基因型与环境互作的显著性可以判断该响应是否存在整体变异,但目前很少关注单株性状对密度增加的响应。Dong 等^[35]发现不同环境不同株系对密度增加的响应差异较大,当密度增加时,遗传因素在改变株高方面起着重要作用。然而,关于大豆对密度变化反应的遗传基础的研究不多。丁建等^[36]发现高油品种长农 13 在密度 17 万~29 万株·hm⁻²时株高随着密度的增加而增加,分枝数随着密度的增加而减少但不显著,主茎节数随密度的增加而显著减少。刘灵艳等^[37]在鲁中地区晚播条件下,齐黄 34 株高与密度呈极显著正相关,主茎节数、茎粗、有效分枝数则与密度呈负相关。武新艳等^[38]研究表明,随着种植密度的增加,晋豆 42 和 3055-6 的株高、底荚高度增加,但是主茎节数、分枝数随着种植密度的增加有减少趋势。多篇研究都有类似的结果,随着种植密度的增加,株高和底荚高度逐渐升高,而主茎节数、茎粗和有效分枝数逐渐降低,底荚高度受植株密度的影响显著^[39]。

2.2 密度对大豆产量的影响

栽培密度是实现粮食产量最大化,从而降低生产成本的重要管理手段。大豆的产量受品种的遗传潜力、环境条件和栽培技术的相互影响。不同基因型的大豆对不同播种密度有不同的响应,一些品种在高密度下表现出更好的高产性能,而另一些品种在低密度下表现出更好的高产性能^[40]。低密度时使单株荚数和单株粒数增加,但受限于群体数量,产量受到影响;高密度使群体数量增加,但受限于有效分枝数和单株荚数,并且高密度植株容易倒伏,也影响产量。

播种密度和品种对产量及部分产量构成因素均有显著影响。Olena 等^[41]研究表明随着播种密度的增加,每荚粒数和收获指数有降低的趋势,但并不显著。武新艳等^[38]发现最佳种植密度范围内产量达到最高,随着种植密度的增加,单株荚数、单株粒数和产量呈现下降趋势,百粒重在达到最佳种植密度时开始呈下降趋势。樊海潮等^[42]认为随密度增加,各品种产量先升高后降低,但达

到最高产量时的密度有所区别。有研究发现不同密度对不同品种的单株粒重没有特殊的影响。长农 13 在一定密度范围内产量随着密度增加而呈正态分布,单株粒数随着密度的增加而降低,呈负相关性但不显著^[36]。李文龙等^[43]认为增加密度可以提高产量,但前提是要保证群体与个体的协调生长。刘灵艳等^[37]的结果表明单株粒数与密度呈极显著负相关,百粒重与密度呈正相关。杨旭等^[39]结果发现,单株荚数、单株粒数和单株粒重随密度增加都有所降低,但密度对每荚粒数和百粒重影响不大。Walter 等^[44]认为大豆种子产量对种植密度的响应取决于产量环境,与高产环境相比,低产量环境要求更高的种植密度,植株密度主要影响单株种子数,在不同产量环境下,植株存活率无差异。育种家需根据产量环境,从高产环境中选育出更有价值的株行。在田间生产过程中,可以根据产量环境调整种植密度来降低种子活力的空间变异;寡分枝品种可以在低产量环境下增加植株密度,而多分枝品种可以通过降低植株密度来增加高产潜力。

2.3 密度对大豆其他方面的影响

2.3.1 对大豆籽粒蛋白质和油脂的影响 国内外对大豆籽粒品质随密度变化的研究报道不多,且研究结果差别较大。胡哲等^[25]发现南农 47 籽粒蛋白质含量随密度的增加而增加。这与 Popovic 等^[45]的研究结果一致,表明光温环境是影响蛋白质含量的主导因素,而不是遗传。随着播种密度的增加,各地品种的蛋白质含量呈上升趋势,但略有上升,影响不显著,蛋白质和含油量之间呈负相关,含油量随播种密度的增大而略有降低。Bellaloui 等^[46]发现大豆植物密度的增加促使籽粒蛋白浓度的增加。但也有研究表明,蛋白质和油脂含量不受播种密度的影响^[41]。Ferreira 等^[47]认为在较大的密度范围内,大豆籽粒中油脂和蛋白质浓度不受试验因素的影响,也不受种内竞争的影响。

2.3.2 对大豆病虫害的影响 大量研究表明尽管大豆密植会增产,但病情指数也会有所提高。大豆生长环境的改变引起了不同的发病率,高密度增加了植物病害和虫害,表现为树冠的湿度增加和通气性变差,导致感染部位的湿润期较长。Monica 等^[48]研究发现随着种群数量的增加,大豆茎枯病的发病率在 4 个物候期呈上升趋势。王永锋等^[49]发现大豆纹枯病的发生级别与普遍率也随着大豆密度的增加而增加。同时,栽培密度对大豆灰斑病的发生也有一定影响。刘丽丽等^[50]研究发现高密度条件下,株行间通风透光较

差,田间小区冠层内的温湿度得不到有效缓解,加剧大豆灰斑病滋生和扩散的速度,加重灰斑病的流行。顾鑫^[51]发现大豆菌核病与栽培密度有很大关系,密度大引起茎秆强度的减弱及子囊盘萌发个数的增多。郭明^[15]研究表明高密度豆天蛾幼虫的发育历期整齐度以及存活率均显著高于低密度。

2.3.3 其他 随着播种密度的增加,株高也随之增加,植株茎秆健壮度减弱,倒伏风险随之增加,倒伏受播种密度的影响显著。杨名方等^[52]研究表明,大豆的结瘤性与种植密度有关,适宜大豆结瘤的最佳种植密度约是大豆正常种植密度的1.5倍,猜测可能与根瘤菌群的需氧性有关。除此之外,植物密度的增加可能会导致营养不平衡和更易受到水分胁迫,会使作物更易受微生物感染。寡分枝植物密度低时还会引起杂草生长,导致产量下降,并使植株更易受到病虫害的影响。

3 播期与密度互作对大豆生长发育的影响

在播期与密度两个因素互作时,研究人员普遍认为播期因子对大豆的生长发育影响作用比密度因子大。赵璇等^[53]研究发现播期因子对石豆4号的生长发育和产量的影响明显大于密度因子,在一定播期范围内密度因子对石豆4号的生长发育和产量影响不显著。张素梅等^[54]发现齐黄34的产量随着播期的延迟、密度的增加呈先增后降趋势,差异极显著。林太赞等^[55]研究结果表明品种产量与播期和种植密度有极显著关系,并且互作差异显著,播期对产量的影响相对占有权重比种植密度要高,且产量随播期的推迟而降低。研究中发现秋大豆生长发育与种植密度相关性不显著,而与播期存在极显著相关,同时发现秋大豆的生育期随播期推迟而缩短。秋大豆植株性状和主要经济性状与种植密度不显著相关,但却与播种期极显著相关,并且随播期推迟而减弱。邓军波等^[19]研究发现播期与密度间的互作对油春1204大豆产量差异的影响未达到显著水平。相反的,孙国伟等^[56]研究结果认为播期和密度互作对大豆产量均产生影响,并且达到极显著水平。这也说明了田间试验的复杂性,在不同年份不同气候区域研究结果都有可能不一致。

4 结语与展望

近几年来,随着人们物质生活水平的不断提高,各种消费量也快速上升,大豆具有营养、医药、食用、饲用及工业原料价值,其年需求量在不断增加,而我国大豆年产量远远不足以满足国内的需

求,绝大部分的大豆需要进口,由于我国对国际大豆市场依存度高,容易引发粮食安全性问题。大豆生育期短,生长发育迅速,容易受气温、日照时间等自然因素的影响。大豆育种面临高产育种和品质育种两个方面的问题。预计到2050年,全球作物需求将增长60%~110%^[57],全球气候的变化已经影响到一些国家的农作物产量,预计这些影响还将继续。确定与天气有关的产量限制条件,并制定出与适应农业气候变化的战略,对于解决粮食安全问题至关重要。适应气候变化来调整播种时间对国家和地区的实际产量和货币效应有积极的作用^[58]。

随着农业种植业结构的变化,不同大豆品种需适应不同的播种期及密度,因此研究适宜的播期与密度对大豆生长发育的影响具有十分重要的意义。近些年大豆生产中受高温热害和长时间降雨等不正常气候影响,部分大豆品种受害严重,生长发育过程受影响,导致产量和品质降低。如经常会遇到部分品种前期生长良好,但后期受精异常,开花结荚少,幼荚不发育,落花落荚严重,籽粒出现皱缩干瘪不饱满;有些品种容易发生贪青晚熟或者症青,不能正常成熟按时收获。大豆结实性差不仅与气温降雨等自然因素有关,还与品种和栽培管理技术措施有关。播期效应对大豆产量、产量性状和优质大豆种子有积极影响^[59]。一般情况下,播种适当提前,产量会有大幅提高。群体产量最高时的密度就是品种适宜的种植密度,密度过高或过低均不利于产量的提高。环境对种子蛋白质和油脂含量和种子重量的总体影响更大,且种子蛋白质和油脂浓度在不同环境中的变异需在更精细的空间上研究^[60]。品种间的微小差异表明,通过育种努力提高种子蛋白质含量的潜力,可能仍需进一步研究环境与品种之间的相互作用。

在日常大豆生产中,不同品种有其特定的播期范围,播种过早,容易遇到气温低,植株营养生长较生殖生长时间长,导致开花迟缓,易出现虽开花但结荚少的现象;播种过晚,生长前期气温高,出苗快,植株个体茎细不健壮,易出现营养生长不足、提前开花等现象。不同品种也有与之相适宜的种植密度,密度过大,群体间生态条件恶化,影响到个体的生长发育,容易引起植株生长密集,个体间水、肥、光竞争激烈、植株间通风透光差,从而导致落花落荚,病虫害的传播,植株茎秆瘦弱,倒伏概率大,抗病性降低,不利于个体及群体产量的形成,严重影响产量和品质;密度过低,植株生长健壮,单株有效荚多,但单位面积总荚数较少,虽

有利于个体的生长发育,单株产量较高,但因群体数量过低而影响单位面积产量的提高,同时在一定程度上也会影响产量。在适宜播期和密度范围内播种大豆能获得高产、稳产的效果,因此在生产实践中应尽量在适宜播期和密度内种植。选育适播期较长、较耐密植的优质高产大豆新品种,使其既能够充分利用有利的自然资源,大幅度提高土地利用效率,又能使群体与个体相互协调发展,是大豆品种改良的重要目标;也是落实中央一号文件“两稳一增”中稳大豆,继续实施大豆振兴计划,提高大豆单产和品质,确保豆制品等食用大豆国内自给的重要举措。

参考文献:

- GEISON R A, FELIPE K, GUSTAVO Z, et al. Sowing periods, agronomic performance and seed quality of soybean cultivars in the planosol soil[J]. Australian Journal of Crop Science, 2019, 13(3): 348-353.
- WU T T, LI J Y, WU C X, et al. Analysis of the independent and interactive photo-thermal effects on soybean flowering[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2015, 14(4): 622-632.
- JUAN I R E, SPYRIDON M, SHAWN P C, et al. Assessing causes of yield gaps in agricultural areas with diversity in climate and soils[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2017, 247: 170-180.
- BATTISTI R, SENTELHAS P C. Drought tolerance of Brazilian soybean cultivars simulated by a simple agrometeorological yield model[J]. Experimental Agriculture, 2015, 51(2): 285-298.
- MARCOS J L, MARCO A N, Mariangela H. Feasibility of lowering soybean planting density without compromising nitrogen fixation and yield[J]. Agronomy Journal, 2014, 106(6): 2118-2124.
- 吴海英, 于晓波, 梁建秋, 等. 夏期对套作专用高蛋白大豆农艺性状、产量及品质的影响[J]. 大豆科学, 2015, 34(5): 801-807.
- 杨旭, 赵云, 周静, 等. 播期对大豆品种山宁 13 号生育期、农艺性状及产量的影响[J]. 山东农业科学, 2014, 44(6): 61-63.
- 任小俊, 任海红, 吕新云, 等. 播期对山西早熟夏大豆农艺性状和产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(22): 31-33.
- RENAN C U, ANDERSON H Y, LEONARDO B, et al. Soybean yield in different sowing dates and seeding rates in a subtropical environment[J]. International Journal of Plant Production, 2019, 13(2): 117-128.
- 袁鸿, 陈佳琴, 朱星陶, 等. 大豆新品种黔豆 8 号的适宜播期研究[J]. 耕作与栽培, 2014(4): 33-35.
- 雷俊, 余文慧, 陈润兴, 等. 不同播种密度对晋鲜 5 号秋延后栽培产量和主要农艺性状的影响[J]. 农业科技通讯, 2015(7): 156-157.
- 陈立君. 不同播期对大豆东农 42 产质量性状动态变化规律研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(3): 122-127.
- RAMON I S A, CÂNDIDO A C, DELACYR S B J, et al. Production and quality of chickpea seeds in different sowing and harvest periods[J]. Journal of Seed Science, 2019, 40(2): 146-155.
- 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.
- 郭明明, 廖怀建, 邓盼, 等. 大豆品种(系)和种植密度对豆天蛾幼虫存活及生长发育的影响[J]. 环境昆虫学报, 2020, 42(6): 1401-1408.
- 张志国, 高峰, 高永刚, 等. 播期对大豆生长状况及产量的影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(7): 22-26.
- 王乐政, 华方静, 曹鹏鹏, 等. 不同播期夏大豆的产量、光合特性和气象因子效应研究[J]. 中国油料作物学报, 2019, 41(5): 750-757.
- 侯青光, 韦贵剑, 卢亚妮, 等. 播期对春大豆产量及农艺性状的影响[J]. 广西农学报, 2011, 26(4): 38-41.
- 邓军波, 杨芳, 陈艳, 等. 播期和种植密度对油春 1204 大豆产量的影响[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(17): 15-18.
- HANLAN T G, BALL R A, VANDENBERG A. Canopy growth and biomass partitioning to yield in short-season lentil[J]. NRC Research Press Ottawa, 2006, 86(1): 101-119.
- TURK M A, TAWAHA A M, EL-SHATNAWI M K J. Response of lentil (*Lens culinaris* Medik) to plant density, sowing date, phosphorus fertilization and ethephon application in the absence of moisture stress[J]. John Wiley & Sons, Ltd(10. 1111), 2003, 189(1): 1-6.
- 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.
- 李金花, 杨青春, 舒文涛, 等. 不同播期和品种对大豆产量及品质的影响[J]. 粮食科技与经济, 2019, 44(9): 83-85, 111.
- ROTUNDO J L, Westgate M E. Meta-analysis of environmental effects on soybean seed composition [J]. Field Crops Research, 2008, 110(2): 147-156.
- 胡哲, 杨红燕, 卢健, 等. 播期和密度对夏大豆南农 47 产量和籽粒蛋白质含量的影响[J]. 浙江农业科学, 2019, 60(8): 1406-1407.
- SONG W W, YANG R P, WU T T, et al. Analyzing the effects of climate factors on soybean protein, oil contents, and composition by extensive and high-density sampling in China[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016, 64(20): 4121-4130.
- 谢小龙. 不同种植方式及播期对大豆代谢、保护酶活性及种子活力的影响[D]. 成都: 四川农业大学, 2014.
- 唐桂香, 汪自强, 董明远, 等. 春播和秋播对南方春大豆种子活力的影响[J]. 作物学报, 1998, 24(2): 243-247.
- 朱雅婧. *GmHMADP* 和 *GmHP61* 参与高温高湿下大豆种子活力形成及 *GmHMADP* 响应铜镉胁迫的功能分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2018.
- 范华兵, 王帅. 大豆不结实的原因分析及预防措施[J]. 大豆科技, 2018(6): 34-36.
- 龚万灼, 吴雨珊, 张继君, 等. 大豆适应苗期荫蔽的表型可塑性研究[C]//龚万灼. 第十五次中国作物生理学术研讨会论文集. 呼和浩特: 中国作物学会, 2016.
- 索荣臻, 王明玖, 王娜, 等. 不同种植密度对饲用大豆品系 15 农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学, 2020, 39(1): 62-67.
- 任小俊, 吕新云, 马俊奎. 种植密度与施肥水平对山西早熟夏大豆产量与主要农艺性状的影响[J]. 大豆科学, 2019, 38(6): 921-927.
- LI Y S, DU M, ZHANG Q Y, et al. Correlation and path

- coefficient analysis for yield components of vegetable soybean in north-east China[J]. *Legume Research-An International Journal*, 2013, 36(4): 284-288.
- [35] DONG Q Z, ZHANG K X, SUN X, et al. Mapping QTL underlying plant height at three development stages and its response to density in soybean [*Glycine max* (L.) Merri.] [J]. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 2020, 34(1): 395-404.
- [36] 丁建, 徐振华, 岳本奇, 等. 不同栽培密度对大豆品种长农 13 的产量及产量构成的影响 [J]. *农业与技术*, 2016, 36(24): 52-54.
- [37] 刘灵艳, 孟维伟, 张正, 等. 晚播条件下种植密度对大豆品种齐黄 34 农艺性状及产量的影响 [J]. *山东农业科学*, 2015, 47(9): 56-58.
- [38] 武新艳, 张振晓, 张小虎. 种植密度对大豆产量及农艺性状的影响 [J]. *农业科技通讯*, 2014(4): 103-104.
- [39] 杨旭, 赵云, 周静, 等. 播期和种植密度对大豆新品种山宁 15 号产量及构成因子的影响 [J]. *农业科技通讯*, 2016(4): 31-34.
- [40] 李筱雨, 李相涛, 张冬菊, 等. 不同种植密度对大豆新品种开豆 46 产量的影响 [J]. *农业科技通讯*, 2020(9): 152-154.
- [41] OLENA S, JENS H, SABINE Z, et al. Effect of sowing density on grain yield, protein and oil content and plant morphology of soybean (*Glycine max* L. Merrill) [J]. *Plant, Soil and Environment*, 2019, 65(12): 594-601.
- [42] 樊海潮, 张继雨, 王俊涛, 等. 种植密度对大豆新品种产量及农艺性状的影响 [J]. *山东农业科学*, 2020, 52(2): 38-42.
- [43] 李文龙, 李喜焕, 王瑞霞, 等. 河北省夏播极早熟区施肥与密度对大豆农艺性状和品质的影响 [J]. *河北农业科学*, 2015, 19(1): 10-13.
- [44] WALTER D C, RAI S, FERNANDO H A, et al. Soybean seed yield response to plant density by yield environment in North America [J]. *Agronomy Journal*, 2019, 111(4): 1923-1932.
- [45] POPOVIC V, VIDIĆ M, JOCKOVIĆ P, et al. Variability and correlations between yield components of soybean. (*Glycine max* L. Merr.) [J]. *Genetics*, 2012, 44: 33-45.
- [46] BELLALLOUI N, BRUNS H A, ABBAS H K, et al. Agricultural practices altered soybean seed protein, oil, fatty acids, sugars, and minerals in the Midsouth USA [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2015, 6(31): 1-14.
- [47] FERREIRA, ANDRÉ S, BALBINOT J, et al. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains [J]. *Bragantia*, 2016, 75(3): 362-370.
- [48] MONICA F, RICARDO T C, FERNANDO G, et al. Effect of soybean plant density on stem blight incidence [J]. *Summa Phytopathologica*, 2019, 45(3): 247-251.
- [49] 王永锋, 张跃进, 裴桂英, 等. 大豆纹枯病与其种植密度的关系 [J]. *安徽农业科学*, 2001(5): 623-631.
- [50] 刘丽丽, 傅连舜. 不同栽培密度对大豆灰斑病发生和流行影响的初步研究 [J]. *农业科技通讯*, 2016(5): 88-91.
- [51] 顾鑫. 不同栽培密度对大豆菌核病病情指数的影响 [J]. *农学学报*, 2015, 5(11): 26-29.
- [52] 杨名方, 张崇玉, 付贲中, 等. 施肥及种植密度对大豆根瘤类菌体产生的影响 [J]. *江苏农业科学*, 2015, 43(4): 105-107.
- [53] 赵璇, 金素娟, 牛宁, 等. 播期与密度对石豆 4 号主要农艺性状及产量的影响 [J]. *河北农业科学*, 2015, 19(2): 21-24.
- [54] 张素梅, 刘玉芹, 徐冉. 播种期和密度对大豆品种齐黄 34 产量的影响 [J]. *作物杂志*, 2016(2): 100-104.
- [55] 林太赞, 张胜, 刘伟明. 秋大豆不同播种期与种植密度对植株生长及其产量的关系模型 [J]. *科技通报*, 2016, 32(4): 84-86, 91.
- [56] 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.
- [57] TADESSE W, SANCHEZ-GARCIA M, ASSEFA S G, et al. Genetic gains in wheat breeding and its role in feeding the world [J]. *Crop Breeding, Genetics and Genomics*, 2019, 1: 1-28.
- [58] SPYRIDON M, JAMES E S, SHAWN P C. Defining optimal soybean sowing dates across the US [J]. *Scientific Reports*, 2019, 9(1): 1-7.
- [59] PARTHA K K, TUHIN S R, MD S H K, et al. Effect of sowing date on yield and seed quality of soybean [J]. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 2016, 9(4): 1-7.
- [60] KRISTEN P M, ROBERT H G. Effect of seeding date, environment and cultivar on soybean seed yield, yield components, and seed quality in the Northern Great Plains [J]. *Agronomy Journal*, 2020, 112(3): 1666-1678.

Research Progress on the Effects of Sowing Date and Density on Soybean Growth and Development

CUI Xiao-pei, ZHENG Jin-huan, HU Dong-mei

(Jingzhou Academy of Agricultural Sciences, Jingzhou 434000, China)

Abstract: Yield and quality are always the goals pursued in the soybean production process. The appropriate sowing date and density are important cultivation measures to ensure high yield and high quality in soybean production. In order to promote the efficient production of soybean, this article reviewed in detail the effects of sowing date and density on agronomic traits, yield, grain quality and other aspects of soybean growth and development. We prospected the new direction of soybean production in the future, combining with the problems faced in the process of soybean agricultural production in our country.

Keywords: sowing date; density; soybean; growth and development