

间作对鲜食大豆生长发育及产量形成的影响

方萍, 刘卫国, 邹俊林, 汪扬媚, 任梦露, 张超凡, 邓榆川, 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:为探寻玉米-大豆间作体系中鲜食大豆生长发育及产量的形成规律, 本文选用鲜食大豆品种浙鲜豆4号和四川地区常采青食用的本地普通大豆品种川豆8号, 在玉米间作和大豆单作条件下, 对大豆形态建成、干物质积累过程、产量形成等进行了研究。结果表明: 间作下大豆株高、底荚高显著增大, 茎粗减小, 叶面积指数(LAI)、比叶重(SLW)在鼓粒期前有所降低; 各器官干物质的阶段积累、日积累量也较净作降低, 浙鲜豆4号前期各营养器官物质积累时间短, 积累量少, 后期虽然荚积累速率较快, 但由于基础物质少, 生殖生长时间短, 导致最终产量不高; 间作下的分枝数、主茎有效节数、单株荚数、单株粒数、百荚鲜重、百荚粒重、单株产量显著降低, 百粒鲜重差异不显著, 经济系数增大; 相对川豆8号, 浙鲜豆4号在形态和产量上受间作的影响较小, 但除百粒鲜重外, 其余产量构成指标均极显著低于川豆8号。可见, 在玉米间套作体系中, 为了提高鲜食大豆产量, 应选择株高较低, 茎粗较大, 有效分枝数、单株荚数多、对间作环境适应性强的大豆品种。

关键词:间作; 鲜食大豆; 生长发育; 产量形成

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

DOI: 10.11861/j.issn.1000-9841.2015.04.0601

Influence of Intercropping on Growth, Development and Yield Formation of Vegetable Soybean

FANG Ping, LIU Wei-guo, ZOU Jun-lin, WANG Yang-mei, REN Meng-lu, ZHANG Chao-fan, DENG Yu-chuan, YANG Wen-yu

(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University/Key Laboratory of Crop Ecophysiology and Farming System in Southwest China, Ministry of Agriculture, Chengdu 611130, China)

Abstract: In order to know the influence of intercropping on growth and development and yield formation of vegetable soybean, vegetable soybean Zhe 4 and Chuan 8 were selected to plant under maize-soybean intercropping and soybean monoculture. The morphogenesis, dry matter accumulation and yield formation were studied. The results showed that the stem diameter, phase accumulation, date accumulation, branches, main stem effective nodes, pods per plant, seeds per plant, fresh 100-pod weight, 100-pod seeds weight, fresh 100-seed weight, yield per plant of the intercropping soybean were lower than monoculture soybean. Except for fresh 100-seed weight the differences between two planting patterns of other indexes were significant. Leaf area index(LAI), specific leaf weight(SLW) were lower before full seed stage. The plant height, bottom pod height and economic efficient were higher. As Zhe 4 the accumulation time of the vegetative organs was short and the matter accumulation was little at the earlier stage so that the yield was low though the pod accumulate quickly. Compared to Chuan 8, Zhe 4 changed less on morphology and yield under intercropping. All of the yield traits of the Zhe 4 were lower than those of Chuan 8 except for fresh 100-seed weight. It's obviously to see under maize-soybean intercropping in order to plant vegetable soybean with good quality and high yield we should choose those varieties with low plant height, big stem diameter, more effective branches and pods per plant and strong adaptability to intercropping environment.

Keywords: Intercropping; Vegetable soybean; Growth and development; Yield formation

我国西南地区热量和水资源丰富, 复种指数高, 适宜间作套种^[1]。小麦-春玉米-大豆三熟带状套作种植作为农业部主推技术, 经过10余年来的发展, 技术日趋成熟, 在我国西南地区得到了广泛应用, 为当地农民增收和农业增产做出了重要贡献^[2]。但是, 近年来, 我国西南地区油菜种植面积逐年增大^[3], 而小麦种植面积和产量锐减^[4]。因此, 油(菜)茬夏玉米-大豆带状间作种植有望成为该区域一项新的种植模式, 得以大面积推广应用, 这为鲜食大豆的发展提供了广阔的空间。

鲜食大豆的生长发育及产量品质形成规律与普通大豆有所不同^[5], 玉米-鲜食大豆间作的研究和应用主要集中在浙江、福建等沿海地区^[6-8], 西南

地区鲜见报道。本文通过对玉米大豆间作条件下鲜食大豆生长发育规律及产量构成进行研究, 旨在为在西南地区实现优质、高产鲜食大豆栽培提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2014年在四川农业大学教学科研园区进行。供试材料为鲜食大豆品种浙鲜豆4号(由浙江省农业科学院提供, 适宜在南方大部分地区种植)和对照材料四川本地常作采青食用的普通春大豆品种川豆8号(四川农业大学提供, 其商品性好, 抗病、抗倒性较好)。玉米品种为正甜68(由广东省

收稿日期: 2015-03-09

基金项目: 国家自然科学基金(31201170); 四川省科技厅育种攻关项目(2011N20098-4)。

第一作者简介: 方萍(1990-), 女, 硕士, 主要从事大豆栽培生理研究。E-mail: fangping630@163.com。

通讯作者: 刘卫国(1979-), 男, 副教授, 主要从事大豆资源及生理生化研究。E-mail: lwgsy@126.com。

杨文钰(1958-), 男, 教授, 主要从事大豆栽培生理研究。E-mail: mssiyangwy@sicau.edu.cn。

农业科学院作物研究所提供)。试验用土为壤土,肥力情况为:全氮 0.324%,全磷 0.312%,全钾 1.96%,有机质 3.663%。

1.2 试验设计

试验采用两因素裂区试验设计,主因素为种植方式,设玉米-大豆间作(A1)和大豆净作(A2)2个处理;副因素为品种,川豆8号(B1)和浙鲜豆4号(B2)2个处理,3次重复,小区面积为32 m²。大豆净作采用等行距种植,行距为50 cm,穴距为20 cm,每穴留3株。玉米-大豆间作体系下,每个品种连续种两带,一带用于取样,一带用于测产,带长8 m、带宽2 m,采用玉米、大豆2:2宽窄行带状种植,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,玉米、大豆穴距20 cm,玉米穴留1株,大豆穴留3株。玉米底肥施尿素37.5 kg·hm⁻²、过磷酸钙600 kg·hm⁻²、氯化钾150 kg·hm⁻²,苗肥施90 kg·hm⁻²尿素,拔节肥施尿素150 kg·hm⁻²,攻苞肥施碳铵750 kg·hm⁻²;大豆底肥施氯化钾60 kg·hm⁻²、过磷酸钙600 kg·hm⁻²,V3时期追肥施纯N30 kg·hm⁻²。玉米采用育苗移栽,4月5日播种,4月19日移栽,7月19日收获;大豆4月12日播种,浙鲜豆4号7月5日收获,川豆8号7月24日收获。

1.3 测定项目与方法

在大豆V4(四节期)、R2(盛花期)、R4(盛荚期)、R6(鼓粒期)期,每小区在同一带内随机选取5株具有代表性、长势一致的植株,测定其茎、叶、柄、荚的鲜重;选取大、中、小叶子各5片,用直径为1 cm的打孔器分别打4个孔,称取小孔的重量,计算叶面积;将各部位分装,在105℃下杀青30 min后继续在75℃烘至恒重,测定干物质重,计算比叶重;在成熟期从每个小区未取样的一带内连续取20株,测定其株高、底荚高、茎粗、分枝数、主茎总节数、主茎有效节数、单株荚数、单株粒数、百荚鲜重、百荚粒重、百粒鲜重,并计算经济系数。

叶面积指数(LAI) = 平均单株叶面积(m²) × 株数/10000(m²);

比叶重(SLW) = 叶干重/叶面积;

经济系数 = 籽粒产量/地上部植株干物质重。

1.4 数据分析

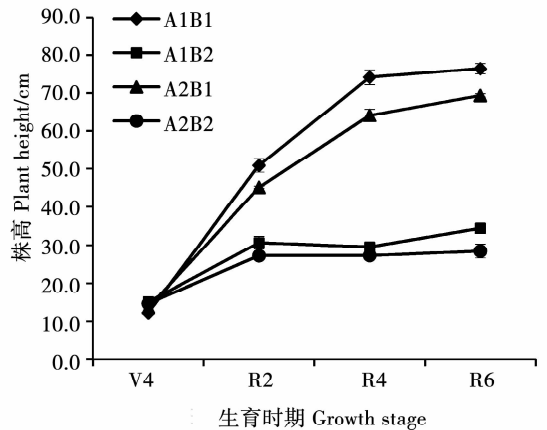
利用Excel 2007和DPS 7.05软件处理数据和绘图,方差分析用LSD最小显著差数法进行显著性比较。

2 结果与分析

2.1 间作对鲜食大豆植株形态的影响

2.1.1 株高 由图1可以看出,大豆生长到V4期后,各处理间株高开始出现差异,到R2期时,川豆8号的株高极显著高于浙鲜豆4号,随后川豆8号株高继续增加,直至收获,而浙鲜豆4号到R2期后,株高基本停止生长。在间作系统中,V4期后,玉米

的株高开始超过大豆,大豆受到荫蔽胁迫逐渐加重,蔽荫性反应导致川豆8号的株高显著提高,但对浙鲜豆4号的影响较小。



A1: 间作; A2: 净作; B1: 川豆8号; B2: 浙鲜豆4号。下同。
A1: Intercropping; A2: Monoculture; B1: Chuan 8; B2: Zhe 4.

The same below.

图1 不同种植模式下大豆株高

Fig. 1 The plant height of the soybeans under different cropping patterns

2.1.2 茎粗 川豆8号茎粗在R2期已达R6期茎粗的60%以上,浙鲜豆4号的茎粗达80%以上(图2)。川豆8号茎粗极显著高于浙鲜豆4号;间作导致大豆茎秆变细,但川豆8号两种模式间在R6期表现出极显著差异,而浙鲜豆4号的两种模式间差异不显著。

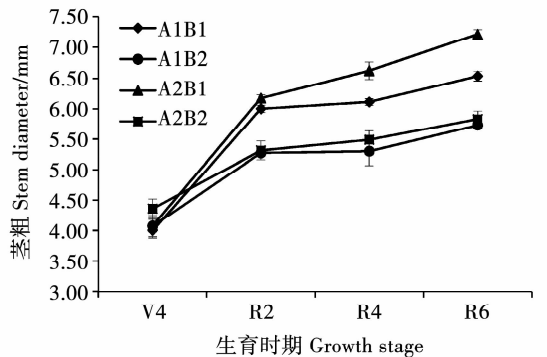


图2 不同种植模式下大豆茎粗

Fig. 2 The stem diameter of the soybeans under different cropping patterns

2.1.3 叶面积指数 大豆叶面积指数(LAI)随着生育时期的推进逐渐增加,到R4期时达到最大,随后略有降低(间作川豆8号除外)。V4期后,川豆8号的LAI极显著高于浙鲜豆4号。间作在一定程度上降低了川豆8号的叶面积指数,但对浙鲜豆4号的影响不显著(图3)。

2.1.4 比叶重 由图4可知,川豆8号的比叶重极显著高于浙鲜豆4号,且随着生育期的推进,两品种的变化规律差异较大,川豆8号的比叶重先增加,在R4期达到最大值后逐渐降低;浙鲜豆4号从V4期开始,快速下降,到R2期时达到最小值,其后变化较小。间作对两品种的比叶重影响较小。

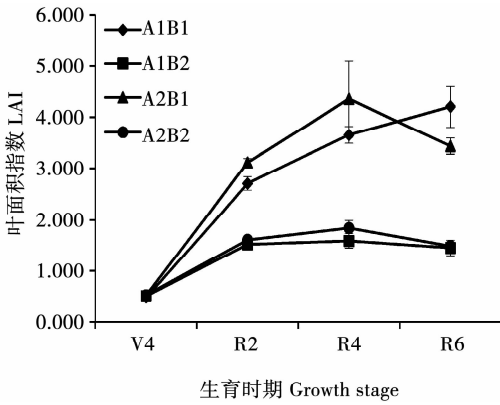


图3 不同种植模式下大豆叶面积指数

Fig. 3 The LAI of the soybeans under different cropping patterns

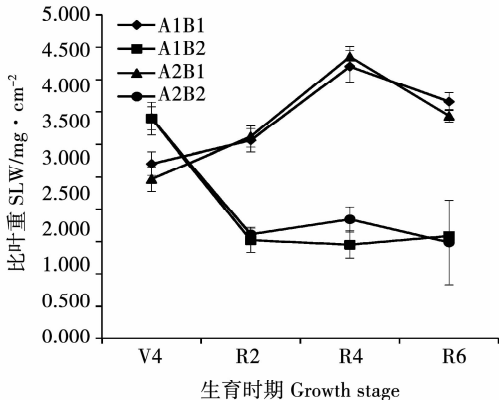


图4 不同种植模式下大豆比叶重

Fig. 4 The SLW of the soybeans under different cropping patterns

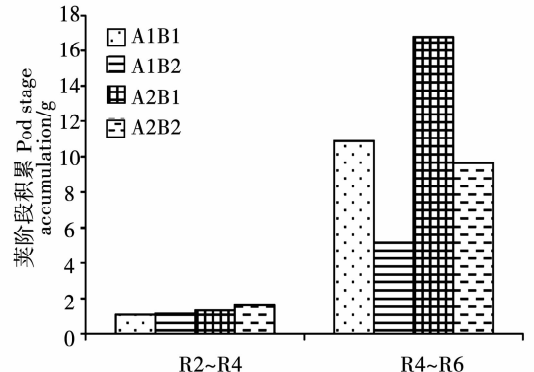
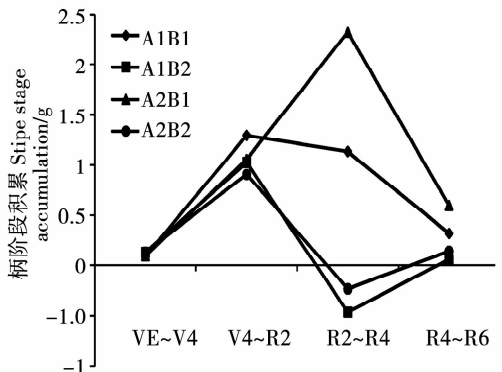
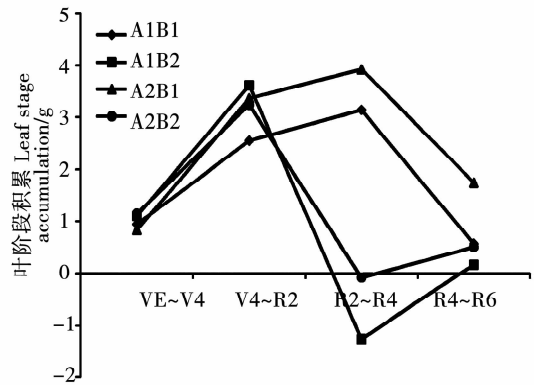
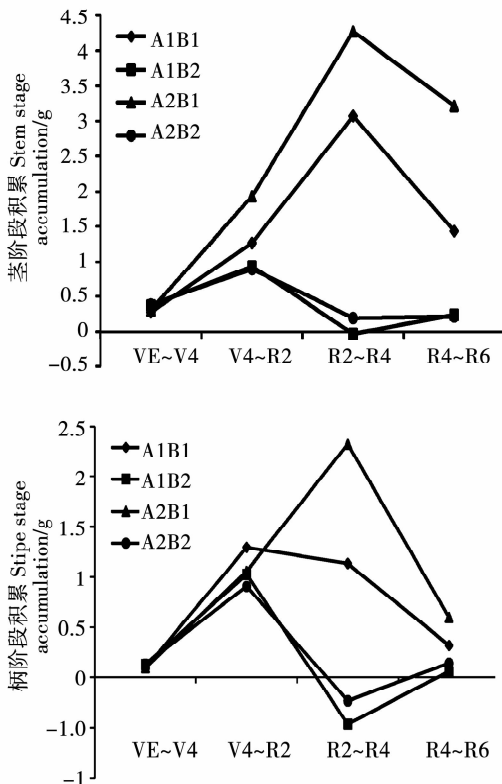


图5 不同种植模式下大豆干物质阶段积累及分配

Fig. 5 The dry matter accumulation and distribution of the soybeans under different cropping patterns

2.2 间作对鲜食大豆干物质积累与分配的影响

与川豆8号相比,浙鲜豆4号生长周期短,茎、叶、柄的阶段积累量在整个时期呈现出先升高后降低,再升高的趋势(图5),物质积累在V4~R2期达到最大,间作叶和柄的阶段积累量高于净作,但差异不显著,在R2~R4期间积累量最小,间作的茎、叶、柄的阶段积累量显著低于净作,并且叶和柄表现为负增长,后积累量又有升高的趋势,但量很小;间作荚阶段积累量小于净作,R4~R6时期差异极显著。浙鲜豆4号在R2~R4期间,物质积累主要集中在荚,营养器官中的干物质也大量转移到荚中,从而表现出茎、叶、柄的在R2~R4期间物质积累量接近0甚至为负。川豆8号的茎、叶在调查时期内均是间作显著小于净作,柄在V4~R2前表现为间作大于净作。两个大豆品种之间荚积累量在R4~R6时期表现出显著差异,其与两者前期的物质积累量有关,浙鲜豆4号前期物质积累时间短,积累量少。

玉米在浙鲜豆4号R2时期前未对大豆造成遮荫,川豆8号的生长周期长,生育时期滞后。所以,浙鲜豆4号在R2时期前,两种模式之间物质积累差异不显著,而川豆8号则表现出一定差异。两个品种的生育时期有显著差别,物质大量积累时期、转移时期、转移量都存在显著的差别。

2.3 间作对产量及产量构成的影响

2.3.1 农艺性状 由表1可以看出,成熟期,间作下两个大豆品种除株高和底荚高外,其余农艺性状指标均低于净作;浙鲜豆4号株高、底荚高、主茎有效节数受间作影响较川豆8号大。浙鲜豆4号农艺性状指标均极显著低于川豆8号,其中分枝数极少,是其单株产量低的一个直接原因。

2.3.2 产量及产量构成 由表2可知,除经济系数外,间作中两个大豆品种的产量和产量性状指标都较净作有所降低。其中,川豆8号单株荚数和单株粒数分别显著降低17.49%、21.14%,浙鲜豆4号分别显著降低30.06%、29.68%;川豆8号百荚鲜

重、百荚粒重和百粒鲜重分别降低17.32%、22.69%、7.64%,浙鲜豆4号分别降低16.91%、19.92%、1.96%。即间作对浙鲜豆4号百荚鲜重、百荚粒重、百粒鲜重和单株产量的影响相对川豆8号较小,而单株荚数、单株粒数则相反;

经济系数上,两个品种均是间作高于净作,且浙鲜豆4号高于川豆8号,这是由于间作能够促进营养物质向籽粒中转化,而浙鲜豆4号因为在百荚鲜重、百荚粒重和百粒鲜重具有明显优势,在单株荚数和单株粒数上处于劣势,为适应遮光环境,将大部分营养物质早、快、多的转移至籽粒中,而使其经济系数增大。

表1 不同种植模式下大豆的农艺性状

Table 1 The agronomic traits of soybeans under different cropping patterns

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	底荚高 Bottom pod height/cm	茎粗 Stem diameter/mm	分枝数 Branches	主茎总节数 Main stem nodes	主茎有效节数 Main stem effective nodes
A1B1	75.7 aA	17.8 aA	6.58 bB	2.0 aA	13.1 aA	7.8 aA
A1B2	32.8 cC	10.6 cB	5.09 dC	0.1 bB	8.7 bB	5.5 cB
A2B1	69.7 bB	16.9 bA	7.19 aA	2.3 aA	12.7 aA	8.3 aA
A2B2	29.5 dD	8.8 dC	5.24 cC	0.4 bB	9.0 bB	6.3 bB

不同大小写字母表示在1%和5%水平下差异显著。下同。

The different capital and lowercase letters mean significant at 1% and 5% level, respectively. The same below.

表2 不同种植模式下大豆的产量性状

Table 2 The yield traits of soybeans under different cropping patterns

处理 Treatment	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	百荚鲜重 Fresh 100-pod weight/g	百荚粒重 100-pod seeds weight/g	百粒鲜重 Fresh 100-seed weight/g	单株产量 Yield per plant/g	经济系数 Economic efficient
A1B1	30.2 bB	56.7 bB	160.992 dD	85.678 cC	52.654 cB	28.682 bB	0.476 aA
A1B2	11.4 dD	20.5 dD	232.645 bB	108.521 bB	65.143 aA	15.061 dD	0.514 aA
A2B1	36.6 aA	71.9 aA	194.713 cC	110.818 bB	57.008 bB	40.946 aA	0.449 aA
A2B2	16.3 cC	31.6 cC	279.995 aA	135.521 aA	66.443 aA	18.011 cC	0.473 aA

3 讨论

3.1 间作对鲜食大豆生长动态的影响

间作条件下,玉米遮荫使低位作物大豆生长环境发生了很大变化,尤其是对光、温、水等产生了极大影响^[9-10]。作物形态具有可塑性,对自然环境的改变会在形态上产生相应的响应机制^[11-13]。本研究发现,在受到玉米遮荫后,鲜食大豆浙鲜豆4号株高升高,茎粗、比叶重减小,而叶面积指数无明显变化,与间作对普通大豆的影响结论一致^[14-17];间作条件下,苗期玉米对大豆的荫蔽较轻,前期干物质在叶中积累,后逐渐向茎转移,到生殖生长时期,受玉米的荫蔽逐渐加重,干物质积累量减少,且主要向荚中转运。与川豆8号相比,浙鲜豆4号的形态变化受间作遮荫影响小,但营养器官中干物质积累

时间较短,尤其是叶片中的干物质积累在进入生殖生长时期后就明显降低,干物质积累总量不多,后期分配到籽粒中的干物质少,从而导致最终产量较低。说明鲜食大豆与玉米间作后要获得高产,需要前期物质积累量快、后期物质转运受玉米影响小的品种,这与套作大豆需要前期耐荫、后期恢复生长快的要求截然不同^[15,18]。

3.2 间作对鲜食大豆产量的影响

鲜食大豆与玉米套作后,有效分枝数、主茎节数、总荚数、单株荚数、单株粒数、总荚数、百粒重等产量性状与净作比均降低,从而导致单株产量有所降低,且遮荫时间越长单株产量降幅越大。但间作下鲜食大豆的经济系数高于净作,说明与玉米间作后,荫蔽促进干物质从茎叶向籽粒中转移,但品种间有所不同。相对川豆8号,间作下浙鲜豆4号的

光合产物转换率更高,各产量性状的降低幅度小于川豆 8 号,减产幅度较小,并且更早、更快地将营养器官中的物质向籽粒中转移。这两个大豆品种在形态上的显著差异是两者对间作响应不同的重要原因。浙鲜豆 4 号具有植株较矮、主茎较粗的特点,对间作环境有较强的适应性。但是,由于其分枝数、单株荚数、单株粒数少,其最终产量不高。

4 结 论

鲜食大豆作为间作系统中的低位作物,生长中后期受玉米遮荫影响,光照减弱,光合作用降低,营养器官中光合产物积累少,从而导致产量降低;但选择生育期较短、株高矮、主茎粗的品种,其较早开始物质转移,受玉米荫蔽影响小,经济系数高,减产幅度低。因此,选择早熟、耐荫品种,加强苗期管理,促进前发,是实现西南地区间作鲜食大豆高产的关键。

参考文献

- [1] 吴迅,张明荣,吴海英,等. 我国南方耐荫大豆的现状与前景[J]. 黑龙江农业科学,2009(5):148-150. (Wu X, Zhang M R, Wu H Y, et al. The status and prospects of soybean with great tolerance to shading in southern of China[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2009(5):148-150.)
- [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] 王汉中. 我国油菜产需形势分析及产业发展对策[J]. 中国油料作物学报,2007,29(1):101-105. (Wang H Z. Strategy of rapeseed industry development based on the analysis of rapeseed production and demand in China[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2007,29(1):101-105.)
- [4] 徐锐钊,张红玲. 我国西南地区小麦产业发展特点、问题与政策建议[J]. 农业展望,2012(7):44-48. (Xu R L, Zhang H L. Wheat industry development, problems and policy suggestions in Southwest of China[J]. Agricultural Production Outlook, 2012(7):44-48.)
- [5] 张惠君,敖雪,王海英,等. 菜用大豆与普通大豆产量及品质的比较[J]. 大豆科学,2009,28(6):1011-1015. (Zhang H J, Ao X, Wang H Y, et al. Comparison on seed yield and quality among vegetable-type and grain-type soybean [*Glycine max* (Merr.) L.] cultivars[J]. Soybean Science, 2009, 28(6):1011-1015.)
- [6] 白岩琼,杨恩庶,冯桂真,等. 中国菜用大豆研究进展[J]. 中国农学通报,2006,22(8):377-380. (Bai Y Q, Yang E S, Feng G Z, et al. Research advances of China vegetable soybean[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2006,22(8):377-380.)
- [7] 韩天富,盖钧镒. 世界菜用大豆生产、贸易和研究的进展[J]. 大豆科学,2002,21(4):278-284. (Han T F, Gai J Y. Advances in production, trade and research of vegetable soybean in the world[J]. Soybean Science, 2002, 21(4):278-284.)
- [8] 马丽萍,张彩英. 张丽娟. 菜用大豆的研究进展[J]. 河北农业科学,2001,5(3):53-57. (Ma L P, Zhang C Y, Zhang L J, et al. Research advances of vegetable soybean[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2001, 5(3):53-57.)
- [9] 黄高宝. 集约栽培条件下间套作的光能利用理论发展及其应用[J]. 作物学报,1999,25(1):16-24. (Huang G B. Development of light utilization theory for wheat/corn intercropping in condition of intensive cultivation[J]. Acta Agronomica Sinica,1999, 25(1):16-24.)
- [10] 王一,杨文钰,张霞,等. 不同生育时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, et al. Effects of shading at different growth stages on different traits and yield of soybean[J]. Acta Agronomica Sinica, 2013, 39(10):1871-1879.)
- [11] Franklin K A. Shade avoidance[J]. New Phytologist, 2008, 179(4):930-944.
- [12] 陈小林,杨文钰,陈忠群,等. 不同施氮水平下净、套作大豆茎秆特征比较研究[J]. 大豆科学,2011,30(1):101-104. (Chen X L, Yang W Y, Chen Z Q, et al. Characteristics of stem between sole-cropping and relay-cropping soybean under different nitrogen applied levels[J]. Soybean Science, 2011, 30(1):101-104.)
- [13] 刘卫国,蒋涛,余跃辉,等. 大豆苗期茎秆对荫蔽胁迫响应的生理机制初探[J]. 中国油料作物学报,2011,33(2):141-146. (Liu W G, Jiang T, She Y H, et al. Preliminary study on physiological response mechanism of soybean (*Glycine max*) stem to shade stress at seedling stage[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2011, 33(2):141-146.)
- [14] 吴其林,王竹,杨文钰,等. 苗期遮荫对大豆茎秆形态和物质积累的影响[J]. 大豆科学,2007,26(6):868-872. (Wu Q L, Wang Z, Yang W Y, et al. Seeding shading affects morphogenesis and substance accumulation of stem in soybean[J]. Soybean Science, 2007,26(6):868-872.)
- [15] 王竹,杨文钰,吴其林,等. 玉/豆套作荫蔽对大豆光合特性与产量的影响[J]. 作物学报,2007,33(9):1502-1507. (Wang Z, Yang W Y, Wu Q L, et al. Effects of shading in maize/soybeans relay-cropping system on photosynthetic characteristics and yield of soybean[J]. Acta Agronomica Sinica, 2007, 33(9):1502-1507.)
- [16] 陈艳秋,宋书宏,张立军,等. 夏播菜用大豆生长动态及干物质积累分配的研究[J]. 大豆科学,2009,28(3):467-471. (Chen Y Q, Song S H, Zhang L J, et al. Growth tendency, dry matter accumulation and distribution of summer sowing vegetable soybean[J]. Soybean Science, 2009, 28(3):467-471.)
- [17] 黄建成,林国强,徐树传,等. 群体配置对菜用大豆产量及生理指标的影响[J]. 中国油料作物学报,1997,19(1):29-31. (Huang J C, Lin G Q, Xu S C, et al. Effects of population disposition on yield and physiological index of vegetable soybean[J]. Chinese journal of Oil Crops Sciences: 1997,19(1):2931.)
- [18] 杨峰,崔亮,武晓玲,等. 不同空间配置套作大豆后期农学参数及光谱特征分析[J]. 中国油料作物学报,2012,34(3):2682-272. (Yang F, Cui L, Wu X L, et al. Soybean agronomic and hyperspectral characteristics at later stage under spatial patterns of maize-soybean intercropping[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2012,34(3):268-272.)