

## 濉溪县夏大豆生育期降水变化特征分析

张怀念<sup>1,2</sup>, 周景春<sup>2</sup>, 王志刚<sup>2</sup>

(1. 南京大学 大气科学学院, 江苏 南京 210093; 2. 濉溪县气象局, 安徽 濉溪 235100)

**摘要:**以濉溪县 1961~2010 年 6 月中旬~9 月下旬降水量、雨日为研究对象, 利用曲线回归和方差分析外推、小波分析法, 研究夏大豆生育期降水的演变规律及突变特征, 为旱涝预警、防灾减灾提供依据。结果表明: 夏大豆生长期降水量整体呈略有下降的趋势, 但未达到显著水平。历年平均降水量和雨日季节变化为近似抛物线。全生育期降水量变化主周期为 5 a, 雨日变化主周期为 14 a。大豆播种期、苗期、花荚期和鼓粒期降水量变化主周期分别为 11、8、11 和 7 a, 雨日变化主周期分别为 19、12、23 和 5 a。根据变化主周期, 利用前 40~46 a 资料, 预测 2001~2011 年夏大豆全生育期降水量和鼓粒期雨日, 准确率分别为 63.6% 和 54.5%。

**关键词:**濉溪县; 夏大豆生育期; 降水量; 雨日; 周期变化

**中图分类号:** S565.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-9841(2012)05-0766-05

## Analysis of Precipitation during Growth Period of Summer Soybean in Suixi County

ZHANG Huai-nian<sup>1,2</sup>, ZHOU Jing-chun<sup>2</sup>, WANG Zhi-gang<sup>2</sup>

(1. College of Atmospheric Science, Nanjing University, Nanjing 210093, Jiangsu; 2. Meteorology Bureau of Suixi County, Suixi 235100, Anhui, China)

**Abstract:** The precipitation and rainy days from mid June to late September of Suixi County in 1961-2010 were used to analyze the evolution and mutation characteristics of precipitation during summer soybean growth period by curvilinear regression and analysis of variance extrapolation method and wavelet analysis method, to provide reference for disaster warning and prevention. The results showed that precipitation during summer soybean growth period generally had a slight downward trend, but did not reach the significant level, the average precipitation and rainy season changed like the parabola. The main changing period of the whole growing period precipitation and rainy days were 5 and 14 years, respectively. The main changing cycle of precipitation in sowing, seedling, flowering and seed-filling were 11, 8, 11 and 7 years and rainy days were 19, 12, 23 and 5 years, respectively. Based on the main changing cycle and the data of past 40-46 years, we predicted the precipitation of whole growth period and the rainy days of seed-filling stage in 2001-2011 years, and the accuracy rates were 63.6% and 54.5%, respectively.

**Key words:** Precipitation; Rain days; Periodic variation; Summer soybean growth period; Suixi County

大豆是一种需水较多的作物, 每形成 1 g 干物质需要消耗 600~800 g 水, 生产 1 kg 大豆籽粒, 耗水量达 2 kg 左右<sup>[1]</sup>。在大豆的一生中充分满足其生态需水, 是获得高产稳产的重要因素之一。在温度、降水、日照时数 3 个主要气象要素中, 降水的年际间变异系数最大。大田生长条件下, 降水是目前唯一可以人为干预的气象要素。对临沂市、河南省、冀州市、榆林和淮河流域近 50 a 降水量变化特征分析结果表明: 临沂市、淮河流域年降水量整体呈略微减少趋势, 河南省年降水呈弱上升趋势, 榆林降水变化具有随机性; 演变过程存在明显的多时间尺度特征, 具有 15 a 左右的近似主周期<sup>[2-6]</sup>。本研究针对濉溪县夏大豆生长发育的降水气象条件, 分析降水量、雨日的演变规律及突变特征, 以对濉溪县夏大豆生育期的降水变化规律有进一步的认识, 为提高预测水平、合理利用水资源和旱涝预

警、防灾减灾提供依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 研究区概况

濉溪县地处苏鲁豫皖四省交界、淮海经济区腹心, 位于黄淮平原南部。属暖温带半湿润季风气候区, 四季分明, 光照充足, 雨量适中。土地皆为平原, 地势平坦, 地面高程 23.5~32.4 m, 自西北向东南缓倾, 坡降万分之一。土壤有砂姜黑土和潮土 2 大土类, 其中砂姜黑土占全县耕地总面积的 64.4%。1961~2010 年的平均年降水量为 840.3 mm。

濉溪县是安徽省夏大豆面积最大的县之一。常年播种面积 7 万  $\text{hm}^2$  左右, 占夏播作物的 50%, 产量 1 800~2 400  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。通常 6 月中旬播种, 播后 5~6 d 出苗(6 月 20 日前后), 出苗后 28~36 d

收稿日期: 2012-05-09

基金项目: 淮北市重点科技计划项目(20110307)。

第一作者简介: 张怀念(1981-), 男, 工程师, 从事农业气象研究与应用。E-mail: zhnqx@163.com。

初花(7月20日前后),花后9~16 d结荚,荚期5~7 d,花荚期19~23 d,顶部结荚(8月10日前后)后6~9 d鼓粒,9月下旬收获,全生育期95~105 d。

## 1.2 数据来源与统计分析

1961~2010年夏大豆生育期降水量和 $\geq 0.1$  mm雨日资料来自濉溪县气象局。按播种期、苗期、花荚期、鼓粒期和全生育期分别进行统计分析。利用Excel 2003、DPS v7.05等统计软件,建立夏大豆生长期降水季节变化数学模型;采用方差分析周期外推<sup>[7]</sup>和小波分析法<sup>[2]</sup>,对50 a濉溪县夏大豆生长期降水演变规律进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 降水的季节性变化

濉溪县夏大豆生育期50 a平均降水量493.1 mm,占全年降水量的58.7%; $\geq 0.1$  mm雨日39.0 d,占全年的41.7%。6月中下旬、7月上旬和9月逐旬的降水量变异系数较大,且 $>100\%$ 。

以旬次为自变量( $x$ ,设6月中旬为1,6月下旬为2),以50 a平均降水量或雨日(以下均为 $\geq 0.1$  mm雨日)为应变量( $y$ ),分析表明:降水量和雨日与

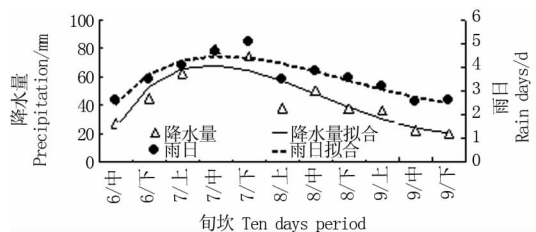


图1 濉溪县6月下旬—9月下旬降水曲线

Fig.1 Precipitation curve from mid June to late September of Suixi county

旬次呈曲线相关关系,近似于抛物线(图1)。回归方程为:降水量 $y = -41.43 + 120.99x - 65.03x^{3/2} + 9.12x^2$ ,  $F = 10.419^{**}$ ;雨日 $y = -0.13 + 4.66x - 2.44x^{3/2} + 0.32x^2$ ,  $F = 11.28^{**}$ 。拟合效果良好,真实反映了夏大豆播种—成熟期降水动态变化趋势。雨日( $x$ )与降水量( $y$ )呈极显著直线相关关系, $y = -9.73 + 15.37x$ ,  $F = 363.79^{**}$ 。

濉溪县历年平均7月中下旬降水量最大,雨日最多。此时正处夏大豆花荚期。由此可见,濉溪县6月中旬~9月下旬降水量的季节性变化与夏大豆需水特性吻合。

### 2.2 夏大豆生育期降水的周期性变化

2.2.1 全生育期 濉溪县50 a平均6月中旬~9月下旬降水量493.1 mm,变异系数32.6%。整体上呈略有下降趋势(年减少0.8 mm),但变化趋势不明显(图2)。夏大豆全生育期需降水320~550 mm。只要降水时间分布合理,濉溪县6月中旬~9月下旬86%以上年份的降水量能够满足夏大豆生理生态需水。

方差分析周期外推表明:降水量变化周期置信度 $>0.95$ 的时间尺度有5、21和9 a,其中5 a为一

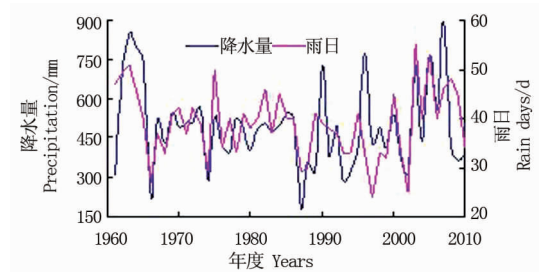


图2 夏大豆全生育期降水

Fig.2 Total precipitation during whole growth period of summer soybean in 1961-2010 years

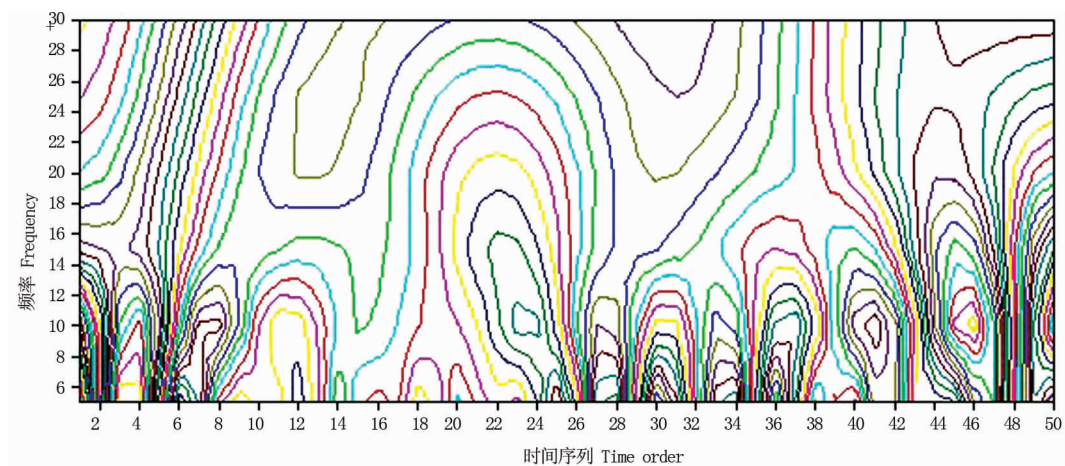


图3 夏大豆全生育期降水量小波示意图

Fig.3 Wavelet schematic diagram of precipitation during whole growth period of summer soybean

个变化周期的置信度达 0.9899。

小波分析表明:在近似 5 a 的时间尺度上的周期变化最明显,有良好的连续性,表现出时域上的全域性,正负相位相间交替出现,信号较强且能量分布较均匀,振荡能量中心分别在 1965、1990、

1996、2006 和 2010 年附近(图 3)。

方差分析周期外推表明:雨日置信度 >0.95 的变化周期有 14、5 和 23 a,其中 14 a 为一个变化周期的置信度达 0.9833。小波分析显示:在近似 14 a 的时间尺度上的周期变化最明显(图 4)。

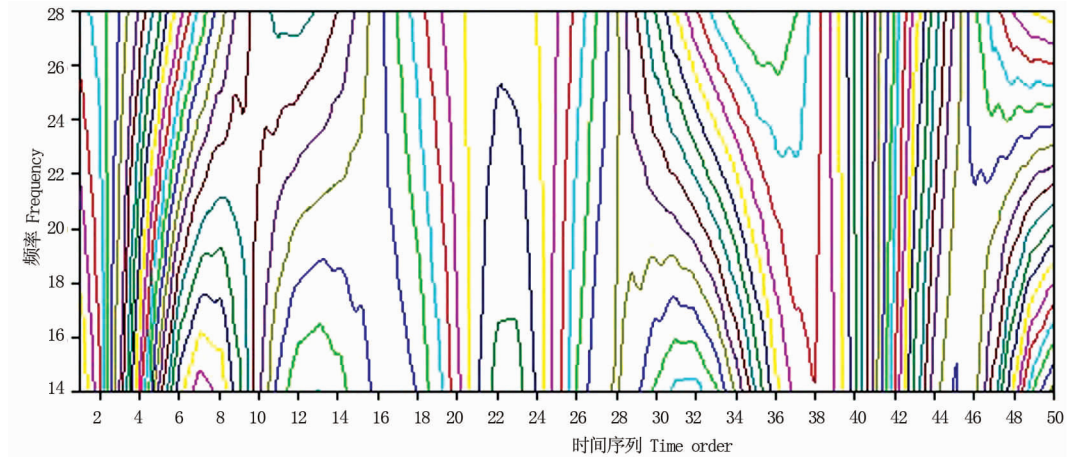


图 4 夏大豆全生育期雨日小波示意图

Fig.4 Wavelet schematic diagram of rainy days during whole growth period of summer soybean

2.2.2 不同生长发育期 濉溪县夏大豆播种期(6月中旬)、苗期(出苗~初花,6月下旬~7月中旬)、花荚期(初花~终荚,7月下旬~8月上旬)和鼓粒期(终荚~成熟,8月中旬~9月下旬)50 a 平均降水量分别为 27.3、187.3、112.4 和 166.2 mm,年际间变幅较大,变异系数分别为 125.5%、63.2%、60.3% 和 51.8%。初花期前降水量呈略有上升趋势,但不明显;花荚期降水量下降趋势明显;鼓粒期略有下降,也不明显(图 5,表 1)。

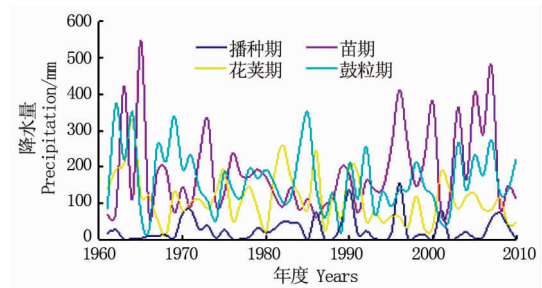


图 5 夏大豆不同生长发育时段降水量

Fig.5 The precipitation in different growth periods of summer soybean

表 1 濉溪县夏大豆生长期降水变化和主周期

Table 1 Suixi County summer soybean growth period and the main period of precipitation change

		平均数 $\bar{X}$	标准差 ( $\sigma$ )	$\bar{X} - \sigma$ 频次(a) Frequency	回归系数 Regression coefficient	r	置信区间 Confidence interval	时间尺度 Time scalea	主周期 Primary period
降水量 Precipitation	播种期 Sowing	27.3	34.2	5a 无降水	0.26	0.11	0.95-0.9961	11、5、9、6	11
	苗期 Seedling	187.3	118.4	2	1.23	0.15	0.9593	8	8
	花荚期 Flowering-podding	112.4	67.7	7	-1.43	0.31 *	0.9040	11	11
	鼓粒期 Seed-filling	166.2	86.1	8	-0.88	0.15	0.95-0.9819	7、23	7
雨日 Rain days	播种期 Sowing	2.6	1.9	5a 无降水	-0.002	0.02	0.95-0.9958	19、5、18、13、11	19
	苗期 Seedling	12.2	3.1	6	0.03	0.13	0.97-0.9860	12、13、10、17、8	12
	花荚期 Flowering-podding	8.6	3.2	6	-0.02	0.11	0.95-0.9859	23、19	23
	鼓粒期 Seed-filling	15.7	4.8	7	-0.03	0.09	0.95-0.9914	5、23、4、7	5

濉溪县夏大豆播种期、苗期、花荚期和鼓粒期 50 a 平均雨日分别为 2.6、12.2、8.6 和 15.7 d,变异系数较降水量小,分别为 72.5%、25.5%、37.3% 和 31.0%。除苗期雨日略有增加外,其余均略有减

少,变化趋势都不明显(图 6,表 1)。

方差分析周期外推和小波分析表明:濉溪县夏大豆播种期、苗期、花荚期和鼓粒期降水量和雨日的周期变化多数存在多时间尺度特征<sup>[5]</sup>。降水量

主周期分别为 11、8、11 和 7 a,雨日主周期分别为 19、12、23 和 5 a。降水量和雨日的时间尺度不一致(表 1)。同一时段,雨日的时间尺度多于降水量,置信度多数高于降水量。

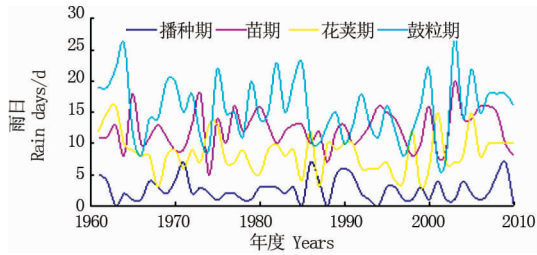


图 6 夏大豆不同生长发育时段雨日  
Fig.6 The rainy days of summer soybean in different growth periods

根据上述降水主周期分析结果,以全生育期降水量和鼓粒期雨日为例,利用前 40~46 a 的历史资料,预测 2001~2011 年降水,验证主周期分析结果的准确性。

考虑到降水量和雨日的年际间变异系数较大,这里设  $\bar{x} \pm 1/2\sigma$  为正常值,小于  $\bar{x} - 1/2\sigma$  为偏少,大于  $\bar{x} + 1/2\sigma$  为偏多。全生育期降水量正常值 410~570 mm,鼓粒期雨日正常值为 14~18 d。

以降水量偏多频次差值与偏少频次的差值为依据进行降水量预测,差值  $\geq 1$  预测降水量偏多,等于 0 预测正常,  $\leq -1$  则偏少。结果偏少的年份有 8 a,偏多年份 2 a,正常年份 1 a。与实际降水量吻合的有 7 a,准确率为 63.6%(表 2)。

表 2 2001~2011 夏大豆全生育期降水量预测

Table 2 Forecast of Preaipitation during whole growth period of summer soybean in 2001-2011

预测年份 Forecast year	前 40~46 a 对应频次 Frequency/a			频次 Frequency /a	实际降水量 Actual precipitation /mm	与实际相符与否 Coincidence
	$< \bar{x} - 1/2\sigma$	$\bar{x} \pm 1/2\sigma$	$> \bar{x} + 1/2\sigma$			
2001	3	4	1	-2	384.2	√
2002	2	5	1	-1	314.5	√
2003	2	5	1	-1	727.4	×
2004	3	4	1	-2	408.1	√
2005	1	5	2	1	770.9	√
2006	4	4	1	-3	558.4	×
2007	3	5	1	-2	895.6	×
2008	2	5	2	0	412.6	√
2009	3	5	1	-2	364.8	√
2010	1	5	3	2	386.0	×
2011	4	5	1	-3	335.8	√

以周期年份雨日平均值为主,进行鼓粒期雨日预测,雨日 14~18 d 的视为正常, <14 d 且偏多与偏少频次差值  $\leq -1$  的视为偏少, >18 d 的视为偏

多。结果偏少的年份有 4 a,正常年份 7 a。与实际雨日吻合的有 6 a,准确率为 54.5%(表 3)。

表 3 2001~2011 年夏大豆鼓粒期雨日预测

Table 3 Forecast of rainy days in seed-filling period of summer soybean in 2001-2011

预测年份 Forecast year	前 40~46 a 对应频次 Frequency/a			周期年份平均 Average /d	频次 Frequency /a	实际雨日 Actual rain days/d	与实际相符与否 Coincidence
	$\leq 13$	14-18	$\geq 19$				
2001	4	4	0	13.5	-4	7	√
2002	2	5	1	15.6	-1	8	×
2003	5	2	1	13.9	-4	27	×
2004	2	3	3	17.1	1	14	√
2005	2	3	3	17.4	1	22	×
2006	5	4	0	12.8	-5	15	×
2007	3	5	1	14.8	-2	18	√
2008	5	2	2	15.3	-3	18	√
2009	2	4	3	16.8	1	18	√
2010	2	3	4	17.9	2	16	√
2011	5	5	0	13.0	-5	27	×

### 3 结论与讨论

濉溪县 1961 ~ 2010 年 6 月中旬 ~ 9 月下旬降水量总体呈略有下降趋势,但未达到显著水平,这与吕学梅等<sup>[2]</sup>对临沂市、袁喆等<sup>[6]</sup>对淮河流域年降水变化的研究一致;变化明显呈现出多一少一多的阶段性趋势<sup>[3]</sup>,其中,1961 ~ 1965 年为多雨期,其后进入平年期、少雨期,直至 1996 年又进入降水逐渐增多时期。大豆花荚期降水量减少趋势明显。

濉溪县 6 月中旬 ~ 9 月下旬历年平均降水量和雨日季节变化呈近似抛物线变化趋势,7 月中下旬降水量最大,雨日最多。降水量的季节性变化与夏大豆需水特性吻合。

濉溪县夏大豆生长期降水量和雨日周期变化多数存在多时间尺度特征。全生育期降水量变化主周期为 5 a,雨日变化主周期为 11 a。播种期、苗期、花荚期和鼓粒期降水量变化主周期分别为 11、8、11 和 7 a,雨日变化主周期为 19、12、23 和 5 a。

根据降水变化主周期,利用前 40 ~ 46 a 的资料,以偏多与偏少频次的差值或对应年份平均值为依据,进行 2001 ~ 2011 年夏大豆全生育期降水量和鼓粒期雨日预测,准确率分别为 63.6% 和 54.5%。预计 2012 年夏大豆生长期降水量偏少、雨日正常可能性大。

### 参考文献

[1] 闫春娟,宋书宏,王文斌,等. 大豆水分生理生态研究进展[J].

大豆科学,2010,29(3):514-518. (Yan C J, Song S H, Wang W B, et al. Research outline of water physiology and ecology in soybean[J]. Soybean Science, 2010, 29(3): 514-518. )

[2] 吕学梅,高安春,王新,等. 1961 ~ 2008 年临沂降水变化特征的气候分析[J]. 安徽农业科学,2009,37(33):17567-17570. (Lü X M, Gao A X, Wang X, et al. Climatic analysis of precipitation variation characteristics in Linyi city from 1961 to 2008[J]. Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(33): 17567-17570. )

[3] 王友贺,申双和,谷秀杰. 1965 ~ 2009 年河南省降水量的时空演变特征[J]. 气象与环境科学,2011,34(3):56-60. (Wang Y H, Shen X H, Gu X J. Time-space evolution feature of precipitation in Henan province from 1965 to 2009[J]. Meteorological and Environmental Science, 2011, 34(3): 56-60. )

[4] 杨恩欣,师素玲,何玉娟. 冀州市 1955 ~ 2009 年降水变化特征分析[J]. 山东气象,2010,30(4):1-5. (Yang E X, Shi S L, He Y J. Variation characteristics of precipitation in Jizhou city from 1955 to 2009[J]. Shandong Meteorology, 2010, 30(4): 1-5. )

[5] 王化齐,张茂省,党学亚. 榆林地区降水蒸发时间序列的多尺度特征和突变分析[J]. 水电能源科学,2010,28(9):1-3,47. (Wang H Q, Zhang M S, Dang X Y. Multiscale characteristics and sudden change analysis of precipitation and evaporation series in Yulin area[J]. Hydroelectric Energy Science, 2010, 28(9): 1-3, 47. )

[6] 袁喆,杨志勇,郑晓东,等. 近 50 年来淮河流域降水时空变化特征分析[J]. 南水北调与水利科技,2012,10(2):24-29. (Yuan Z, Yang Z Y, Zheng X D, et al. Spatial and temporal variations of precipitation in Huaihe river basin in recent 50 years[J]. Water Transfers and Water Science, 2012, 10(2): 24-29. )

[7] 田承骏. 时间序列分析的方差分析周期外推法[J]. 应用数学学报,1984,7(2):129-132. (Tian C J. The successive average method for seasonal adjustment of time series[J]. Journal of Applied Mathematics, 1984, 7(2): 129-132. )

(上接第 765 页)

[16] 刘玉平,李志刚,李瑞平. 不同密度与施氮水平对高油大豆产量及品质的影响[J]. 大豆科学,2011,30(1):79-82. (Liu Y P, Li Z G, Li R P. Effects of different planting densities and N-fertilizer levels on yield and quality of soybean[J]. Soybean Science, 2011, 30(1): 79-82. )

[17] 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. (Yang J Y, Xu H F. Effect of planting date and planting density on yield and traits of vegetable soybean[J]. Soybean Science, 2006, 25(2): 185-187. )

[18] 张艳,佟斌,吴晓秋,等. 肥密处理对不同大豆品种产量和品质的影响[J]. 大豆科学,2010,29(3):444-447. (Zhang Y, Tong B, Wu X Q, et al. Effects of different fertilizer level and planting

density on yield and quality of soybean[J]. Soybean Science, 2010, 29(3): 444-447. )

[19] 张洪刚,周琴,何小红,等. 播期、密度和肥料对菜用大豆南农 9610 产量和品质的影响[J]. 江苏农业学报,2008,24(5):662-667. (Zhang H G, Zhou Q, He X H, et al. Effects of sowing date, planting density and N, P and K fertilizer on yield and quality of vegetable soybean[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2008, 24(5): 662-667. )

[20] 刘伟明,吴卿法,朱申龙,等. 不同播种期与种植密度对浙秋豆 2 号农艺性状的影响[J]. 种子,2010,29(8):82-84. (Liu W M, Wu Q F, Zhu S L, et al. Study on effect of different sowing time and planting density on growth, agronomic traits and yield of soybean variety Zheqiudou No. 2[J]. Seed, 2010, 29(8): 82-84. )