

大豆干物质转化能力性状研究

孙海波¹, 王庆钰², 李景文², 王洪玉², 王英², 田佩占^{1,2}

(¹吉林省平安农业科学院大豆研究所, 吉林 长春 130062; ²吉林大学植物科学学院, 吉林 长春 130062)

摘要:转化能力性状是重要的产量能力性状之一。在2005年和2007年分别对212和191个共403个大豆品系的转化能力性状进行了研究,以确定其在育种中利用和选择方法。两年分别进行了7个和6个试验,每个试验供试材料的主要生育期类型及其变幅都不相同。结果表明:在2005年正常年份测定转化能力性状是准确的,而在2007年不正常年份所测定的结果是不准确的。在正常年份,从中晚熟到早熟4个熟组的平均转化能力依次提高。在不良年份,转化能力受抑制导致籽粒产量降低,不同熟期组间转化能力的顺位也发生异常变化。在正常年份,品种间的收获重、籽粒重、表观收获指数的变异系数较小,而茎重的变异幅度却较大;籽粒重、表观收获指数的变异系数较小,而茎重的变异幅度却较大。不正常气候条件下则有相反趋势。由于取材不同,生育期和转化能力性状间相关性有很大差异。不同试验的籽粒重与粒茎比的相关系数差异很大,达到极显著和显著水准的不到50%。实际收获指数与粒茎比的相关系数都达到了显著或极显著水平,利用粒茎比或表观收获指数作指标就可以有效地选择实际收获指数。同等成熟期材料的粒茎比变异幅度明显,在不同成熟期的材料中都可以获得高转化能力材料。筛选出一批高转化能力的种质。

关键词:大豆;干物质;转化能力

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2009)02-0226-04-0233-06

Transformation Ability Characteristics of Dry matter in Soybean

SUN Hai-bo¹, WANG Qing-yu², LI Jing-wen², WANG Hong-yu², WANG Ying², TIAN Pei-zhan^{1,2}

(¹Soybean Research Institute, Ping'an Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130062, Jilin; ²College of Plant Science, Jilin University, Changchun 130062, Jilin, China)

Abstract: Transformation ability characteristics of dry matter were one of important high-yielding traits. Two hundred and twelve soybean lines belonging to 7 maturity group in 2005 and 191 lines belonging to 6 maturity group in 2007 were adopted to investigate transformation traits of harvest weight (HW), seed weight (SW), apparent harvest index (AHI), stem weight (SW), seed-stem ratio (SSR) and actual harvest index (AHI). The data of transformation ability were accurate in 2005 (normal year), but not accurate in 2007 (arid year). Average transformation ability of four groups from middle-late maturing to early maturing was increased in proper order in 2005. The inhibition of transformation ability led to the decrease of seed yield and the disorder of transformation ability among different maturing groups in 2007. In 2005, variation coefficient (CV) of HW, SW and AHI were smaller, while variation coefficient of SW was relatively bigger, and opposite trend was presented in 2007. Correlation between maturity and transformation ability varied greatly among different maturing group soybeans. CV between SW and SSR varied greatly among different maturing groups and less than fifty percent of them reached significant level, while CV between AHI and SSR was significant. Selection for AHI using SSR or AHI was efficient. Obvious difference in SSR existed in same maturing group lines. Soybeans with high transformation ability could be obtained in different maturing period materials and germplasms with high transformation ability had been screened.

Key words: Soybean; Dry matter; Transformation ability

作物的经济系数或收获指数是表示干物质生产量转化为籽粒产量的能力的性状。一些学者仍对此进行了研究,但差异很大,低者为-0.35,高者达

0.985^[1-8]。关于品种生育期性状对收获指数的影响几乎都得到了一致的结论,例如,王彦丰的结果^[9],生育日数与粒/茎比值的相关系数为-0.9499,赵凯的

收稿日期:2008-08-22

基金项目:孙海波(1978-),男,硕士研究生,研究方向为大豆遗传育种。

作者简介:田佩占,研究员。E-mail:peizhantian@163.com。

结果为 $-0.8099^{[10]}$ 。Schapaugh 与 Wilcox 的两年结果,品种成熟期与表观收获指数和实际收获指数的相关系数分别为 -0.73^{**} 、 -0.82^{**} 、 -0.94^{**} 、 $-0.95^{**[11]}$,这都是在供试材料生育期差异很大时得到的结果。同一熟期组不同品种间的差异亦有报道,如胡明祥对经济系数即实际收获指数测定结果是中早熟品种为 $0.322 \sim 0.426$,高低相差 32.3% ;中熟品种为 $0.286 \sim 0.376$,相差 31.5% ;中晚熟品种为 $0.276 \sim 0.320$,相差 15.9% ^[11]。Schapaugh 与 Wilcox 测定的结果:3个早熟品种的表观收获指数差异为 13% ,6个中早熟品种为 9% ,6个中熟品种为 28% ,9个中晚熟品种为 19% ^[1]。

采用更多熟期组及更多材料研究和确定实际收

获指数、表观收获指数和粒茎比之间的关系;生育期与收获指数和粒茎比的关系,并对在育种中如何确定和选择转化能力高的材料等问题进行讨论。

1 材料与方法

1.1 材料

2005年为212份供试材料,分为7个试验;2007年为191份材料,6个试验。每个试验供试材料的成熟期变幅和主要成熟期类型各有不同(表1)。其中试验1和2为育种入选鉴定品系;试验3~6为不同成熟期组的产量比较材料;2005年试验7是青豆、黑豆及大粒黄豆材料。

表1 供试材料的数量、成熟期变幅及主要成熟期类型

Table 1 Number, range and main types of maturing periods of experiment materials

年份 Years	试验 Experiment							合计 Total
	1	2	3	4	5	6	7	
材料数 No. materials	45	47	15	43	16	14	32	212
2005 成熟期幅度 Range of maturing periods	9.11-9.24	9.13-9.23	9.18-9.23	9.12-9.22	9.12-9.19	8.31-9.9	9.13-9.21	
主要类型* Main types of maturing period	中、中晚 Middle, Middle-late	中熟 Middle	中晚熟 Middle-late	中熟 Middle	中早熟 Middle-early	早熟 Early	中熟 Middle	
材料数 No. materials	35	34	33	33	28	28		191
2007 成熟期幅度 Range of maturing periods	9.10-9.24	9.10-9.25	9.15-9.24	9.16-9.22	9.8-9.17	8.25-9.10		
主要类型 Main types of maturing period	中晚熟 Middle-late	中晚熟 Middle-late	中晚熟 Middle-late	中熟 middle	中早熟 Middle-early	早熟 early		

供试材料的成熟期类型的划分:中晚熟为9月20至25日,中熟为9月16至19日,中早熟为9月11至15日,早熟为9月10日以前。

Classification of maturing periods of experimental materials; Middle-late 9.20 to 9.25; Middle 9.16 to 9.19; Middle-early 9.11 to 9.15; early before 9.10.

1.2 方法

各试验均采用顺序排列方法,3次重复,每次重复都按每个材料的排列顺序先后依次种植。4行区,行距65 cm,行长5 m。收获时,每个小区两端各去掉30 cm,其余全部收获,在子叶节处收割。经风干30 d,称取收获重,脱粒后称取籽粒重。还选取试验3~6中1~10号材料,于落叶后各收集每小区中各2行的全部落叶(仍为两端各去掉30 cm)。经充分风干后称取叶干重。完全干后的籽粒含水量为 13% ,材料间相差很小。

两年的播种期均为4月27至28日试验1、2、3、4、5、7的留苗密度为 $18.5 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$,试验6为 $24.5 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ 。两年的气象条件有较大差异。2005年,大

豆生育期降雨量比常年稍多,没有发生旱情,日照稍少,温度与常年相近,视为平年或正常年份,多个推广品种的平均产量为 $2900 \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 左右。而2007年是个不正常的干旱年份。除苗期墒情较好,出苗齐全外,只在7月和8月各有一次透雨,其余时间均显旱象,多个推广品种的平均产量只有近 $1800 \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。8月下旬的干旱对早熟品种的鼓粒特别不利。

计算实际收获指数、表观收获指数、粒茎比的方法是:实际收获指数 = 籽粒重/[籽粒重 + 茎重(包括荚皮) + 叶重];表观收获指数 = 籽粒重/[籽粒重 + 茎重(包括荚皮)];粒茎比 = 籽粒重/茎重(包括荚皮)。

2 结果与分析

2.1 年份和生育期对植株各部分干重及收获指数、粒茎比的影响

两年结果列于表 2 和表 3。2005 年和 2007 年有明显不同。在不考虑叶重时(表 2),2005 年各试验的收获重平均比 2007 年高近 $100 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,籽粒重增加 $75.4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,而茎重仅增加 $24.2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。说明在不良年份中,茎重保持相对稳定,而籽粒重受害更重。收获重的降低中,籽粒重的降低占 75%。同时也带来了表观收获指数和粒茎比明显下降了 15%、27%。而在有叶重参与时(表 3),2007 年的总干重较 2005 年降低了 $87.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,其中叶重下降 $7.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,茎重仅下降 $4.9 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,其余都是籽粒的下

降,为 $74.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,占 85% 以上。导致实际收获指数、表观收获指数、粒茎比分别下降了 21%、19% 和 32%。可见在不良年份条件下,主要是籽粒产量所受的剧烈影响导致了转化能力性状的大幅度下降。从因果关系上说,不良条件影响了转化能力导致籽粒产量的降低。

不同年份的气候生态条件对不同品种性状表现的影响也有明显差异。在 2005 年正常年份,品种间的收获重、籽粒重、表观收获指数的变异系数较小,而茎重的变异幅度却较大。但在 2007 年不正常气候条件下,品种间的收获重、籽粒重、表观收获指数的变异系数较大,但茎重的变异幅度却相对较小。这是由于在灾害条件下,各熟期品种植株均生长不良,普遍矮小所致。

表 2 各试验的平均表现、标准差和变异系数

Table 2 Average performance, standard difference and variation coefficient of characters determined

年份 Year	试验 Exp.	收获重			籽粒重			茎重			表观收获指数			粒茎比		
		Harvest weight/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$			Seed weight/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$			Stem weight/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$			Apparent harvest index			Seed stem ratio		
		X	S	CV%	X	S	CV%	X	S	CV%	X	S	CV%	X	S	CV%
2005	1	522.8	66.2	12.7	233.0	31.2	13.4	289.9	48.1	16.6	0.447	0.043	9.6	0.820	0.144	17.6
	2	588.7	61.9	11.1	250.2	27.5	11.0	308.4	45.8	14.1	0.449	0.037	8.2	0.826	0.125	15.1
	3	584.2	39.6	6.8	259.8	16.9	6.5	324.4	40.5	12.5	0.446	0.036	8.1	0.814	0.118	14.4
	4	551.3	64.1	11.6	251.6	30.3	12.0	299.7	42.1	14.2	0.458	0.031	6.8	0.848	0.109	12.9
	5	526.4	50.1	9.5	246.5	18.7	7.6	280.0	40.9	14.6	0.471	0.016	2.3	0.894	0.118	13.2
	6	418.5	48.9	11.5	239.6	23.1	9.8	178.9	29.1	16.3	0.575	0.025	4.3	1.356	0.123	9.1
	7	511.2	53.0	10.4	223.9	26.5	11.8	287.3	38.9	13.5	0.439	0.037	8.4	0.786	0.113	14.3
	平均 Mean	527.0	55.1	10.6	246.8	29.0	10.2	280.2	41.1	14.7	0.474	0.031	6.6	0.926	0.123	13.7
2007	1	387.0	52.8	13.6	150.6	25.7	17.1	236.5	36.0	15.2	0.389	0.041	0.5	0.641	0.104	16.2
	2	432.1	52.6	12.2	169.5	27.0	15.9	262.6	33.5	12.7	0.392	0.034	8.7	0.650	0.094	14.5
	3	453.4	49.6	10.9	186.7	24.0	12.8	266.7	30.6	11.5	0.412	0.026	6.3	0.704	0.074	10.5
	4	450.7	52.3	11.6	183.6	21.1	11.5	267.1	40.0	15.0	0.408	0.034	8.3	0.699	0.091	13.0
	5	426.3	58.0	13.6	172.2	22.5	13.1	254.1	40.7	16.0	0.405	0.031	7.7	0.686	0.094	13.7
	6	414.8	51.7	12.5	165.8	23.5	14.3	250.0	38.1	15.2	0.400	0.039	9.8	0.670	0.113	16.8
	平均 Mean	427.4	52.0	12.4	171.4	24.0	14.1	256.2	36.5	14.3	0.401	0.034	8.6	0.675	0.095	14.1

* 试验 7 不参加平均数计算 Results of experiment 7 were not participated in compute of the mean.

在 2005 年,试验 3~6 表现出有规律的变化(表 3),随着生育期的缩短,从中晚熟到早熟共 4 个熟期组品种的总干重、叶重、茎重逐渐降低,最早比最晚品种组分别降低 33.6%、49.0%、44.9%。实际收获指数、表观收获指数、粒茎比相应提高了 37%、30%、66%。唯有粒重相对稳定,只降低 7%。在中晚熟、中熟、中早熟 3 个熟期组之间,上述指标的变化都很缓慢。但早熟品种与中早熟品种之间的变化却非常剧烈。叶重、茎重剧烈下降和收获指数、粒茎比剧烈提高并存。而其首要条件是籽粒重的相对稳定。最值得关注的是试验 6 较试验 5 茎重从 280 g

$\cdot \text{m}^{-2}$ 下降到 $180 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,达 36%,最为显著;其次是叶重下降近 $50 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,达 30%;但籽粒产量只下降了 2.7%。这是早熟品种容易获得高的收获指数和粒茎比的基本原因。但在 2007 年灾害条件下,随着品种生育期的缩短,品种的叶重、茎重虽然也在下降,但幅度很小,分别为 $31.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $12.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,比率为 18.0% 和 4.7%。而籽粒重下降 $30.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 16.2%。营养体,特别是茎重的相对稳定,籽粒重的剧烈下降,导致收获指数和粒茎比的剧烈下降。从正反两个方面说明茎和叶是籽粒产量形成的主要源泉,正常的生产条件可以大大提高物质转化

能力,保证籽粒产量形成良好生态条件的异常所处的时期不同,对不同生育期类型品种影响程度不同也导致了随着生育期的缩短,收获指数和粒茎比没有正常年份那样有规律性变化。表现出中熟较高,其次是中晚熟品种、中早熟品种,而早熟品种却为最低。对两年均参加试验的30份材料

进行分析的结果;2005年生育期与粒茎比的相关系数为-0.7828,2007年为0.4678,而两年粒茎比间的相关系数为-0.3375,在正常年份和非常年份正好获得了相反的结果。说明了应在正常年份测定转化能力性状,在不正常年份测定的结果也不准确。

表3 试验3~6各10个材料的器官干重及实际收获指数、表观收获指数和粒茎比

Table 3 Dry weight of each organs, actual harvest index, apparent harvest index and seed-stem ratio of each ten materials in experiment 3~6

年份 Year	试验 Experiment	总重 Total weight /g·m ⁻²	叶重 Leaf weight /g·m ⁻²	茎重 Stem weight /g·m ⁻²	粒重 Seed weight /g·m ⁻²	实际收获指数 Actual harvest index	表观收获指数 Apparent harvest index	粒茎比 Seed-stem ratio
2005	3	805.0	221.4	323.9	259.7	0.322	0.444	0.802
	4	746.6	195.8	299.2	251.6	0.336	0.457	0.841
	5	690.7	162.7	280.1	247.9	0.361	0.473	0.885
	6	534.6	113.0	180.5	241.1	0.442	0.575	1.336
	平均 Mean	694.2	173.2	270.9	250.1	0.365	0.487	0.966
2007	3	641.8	176.4	275.6	189.8	0.296	0.407	0.689
	4	623.7	173.7	264.1	185.9	0.300	0.411	0.713
	5	594.9	166.9	261.3	166.7	0.280	0.389	0.638
	6	566.5	144.7	262.8	159.0	0.280	0.374	0.601
	平均 Mean	606.7	165.4	266.0	175.3	0.289	0.395	0.660

2.2 生育期和粒茎比(表观收获指数)的相关性

计算结果列入表4。由于粒茎比和表观收获指数成一致变化,在这里只测定了前者与其它性状的相关。从表4可见,两年中,各试验内供试材料的生育期与粒茎比在大多数情况下呈负相关,变化幅度为-0.0040~-0.7528;少数呈正相关,变幅为0.0654~0.3759,可见变幅之大,尤其是正常年份

2005年各试验的相关系数差异更大。在供试材料为10个时,两年中试验3~6的生育期与粒茎比的相关性与上述结果也很相似。这显然是由于各试验取材不同而造成的差异,而这种相关性也给选择高收获指数或高粒茎比的材料带来了机会,在不同成熟期的材料中都可以得到高转化能力的优良材料,成为育种的有力基础。

表4 生育期和粒茎比的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between maturing period and seed-stem ratio

年份 Year	试验 Experiment						
	1	2	3	4	5	6	7
2005	-0.3583*	-0.1839	-0.0040	-0.4294**	-0.7528**	-0.3273	0.1335
n = 10			-0.2206	-0.4037	-0.6673*	-0.2946	
2007	0.3759*	-0.3411	-0.0900	-0.0263	0.0654	-0.1306	-0.0552
n = 10			-0.4743	-0.2762	-0.4455	0.3629	

2.3 实际收获指数与粒茎比的相关性

实际收获指数与粒茎比的相关系数都达到了显著或极显著水平(表5),说明利用粒茎比或表观收获指数作指标就可以有效地选择干物质转化能力,减少了测定实际收获指数时必须收集叶的麻烦。而两者呈较高度正相关的原因在于叶所占的比重较小,仅为20%~30%(表3),此结果与杜维广等的研究相近^[11]。

表5 试验3-6, N = 10时实际收获指数与粒茎比的相关系数

Table 5 Correlation coefficients between actual harvest index and seed-stem ratio

年份 Year	试验 Experiment			
	3	4	5	6
2005	0.8357*	0.7916**	0.8992**	0.8597**
2007	0.7032*	0.6054*	0.8483**	0.8180**

2.4 同熟期材料的粒茎比的差异

在对 2005 年同等成熟期材料的粒茎比进行分析时发现,即或同一天成熟,尽管粒茎比的平均数相差

不大,但变异幅度却很明显,高者比低者高出 12% ~ 71%,平均高 45%。这同样说明在不同成熟期的材料中都可以获得高转化能力的材料(表 6)。

表 6 2005 年 2 个试验中相同成熟期试验材料粒茎比的变幅及其平均数

Table 6 Range and mean of seed-stem ratio of same maturing period materials in two experiments in 2005

成熟期 Maturing period M/d	试验 1 Experiment 1				试验 2 Experiment 2			
	材料数 No. materials	幅度 Range	平均数 Mean	高:低 High/low	材料数 No. materials	幅度 Range	平均数 Mean	高:低 High/low
9/14	4	0.63 - 0.97	0.784	1.54	-	-	-	-
9/15	8	0.79 - 1.00	0.864	1.26	6	0.72 - 1.05	0.840	1.46
9/16	9	0.73 - 1.10	0.888	1.51	8	0.74 - 0.98	0.846	1.32
9/17 - 18	6	0.69 - 0.77	0.738	1.12	11	0.69 - 0.95	0.842	1.38
9/19 - 20	9	0.66 - 0.98	0.776	1.48	13	0.68 - 1.16	0.844	1.71
9/21 - 2	9	0.64 - 1.07	0.821	1.67	-	-	-	-

2.5 籽粒产量与转化能力性状的相关性

从表 7 可见,籽粒产量与粒茎比之间绝大多数情况下呈正相关,少数呈负相关。正相关的变化幅

度为 0.1027 ~ 0.7360,21 个相关系数中有 10 个达到显著或极显著,差异很大。

表 7 籽粒产量和粒茎比的相关系数

Table 7 Correlation coefficients between seed yield and seed-stem ratio

年份 Year	试验 Experiment						
	1	2	3	4	5	6	7
2005	0.3898 **	0.3372 *	0.5383	0.7360 **	0.2221	-0.3647	0.3098
2007	0.4145 **	0.6436 **	0.6479 **	0.2720	0.1987	0.4878 **	
n = 10							
2005	—	—	0.6705 *	0.1027	0.3250	-0.3920	—
2007	—	—	0.6637 *	0.2904	0.4249	0.6466 *	—

*5% 显著水准, **1% 显著水准 *, ** indicate significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

2.6 具有较高转化能力性状的种质

各熟期组高转化能力材料的表观收获指数都在 0.5 以上,最高为 0.61。也有随着成熟期的延迟,表观收获指数下降,籽粒重和收获重增加的趋势。它们是早熟材料东农 163、黑农 45、垦丰 9、垦丰 12;中早熟材料黑农 47、黑农 46、97-4026 和 04-5083;中熟材料 YS03-3035、04-6189、吉林 35、03-5029、04-6166、02-6095、98-4032;中晚熟材料 04-6090、04-6150。

在 17 份材料中,只有 YS-3035 和黑农 47 具有高的收获重,前者还是个不稳定的分离材料。可见把高生物重与高收获指数结合起来有一定难度。因此,有必要把收获指数和生物产量分别作为选育目标,向各自方向选择,然后再加以综合,选育出生物产量高、且具有高收获指数的高产新品种或新材料。

3 结论与讨论

从粒茎比的公式:粒茎比 = 籽粒产量/茎重可以确定粒茎比与籽粒产量成正比,应该把提高粒茎比等转化能力性状看作是提高籽粒产量的有效途径之一。但各试验所测得的相关系数相差如此之大,是由于每个试验的取材不同所导致,不能用部分结果去否定整体规律。不能用某个试验的相关系数大小决定是否把粒茎比等作为育种目标。但用其作为确定两种方法之间的关系是合理的。

在正常年份测定转化能力性状是准确的,在不正常年份所测定的结果是不准确的。在不良年份条件下,主要是籽粒产量所受的剧烈影响导致了转化能力的大幅度下降。从因果关系上说,不良条件影响了转化能力导致籽粒产量的降低。随着生育期的缩短,从中晚熟到早熟共 4 个熟期组

平均转化能力参数相应提高。各试验由于取材不同而造成相关性的很大差异给选择高转化能力材料带来了机会。实际收获指数与粒茎比的相关系数都达到了显著或极显著水平,利用粒茎比或表观收获指数作指标就可以有效地选择实际收获指数。

参考文献

- [1] Schapaugh Jr W T, Wilcox J R. Relationship between harvest indices and other plant characteristics in soybean [J]. *Crop Science*, 1980, 20: 529-533.
- [2] 顾文祥. 江淮下游地区大豆地方品种几个生理性状遗传变异的初步研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 1984 (Gu W X. Preliminary studies on inheritance and variation of several physiological characters of local soybean varieties in lower reaches of Yangtze and Huaihe rivers [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 1984.)
- [3] 冯其虎, 张复宁. 江苏淮东北地区夏大豆品种更替中产量及有关性状的改良与展望 [J]. *大豆科学*, 1991, 10 (3): 172-178. (Feng Q H, Zhang F N. Improvement and prospect for yield and relative characters in substitution of summer soybean cultivars in the northern part of the Huaihe valley of Jiangsu province [J]. *Soybean Science*, 1991, 10 (3): 172-178.)
- [4] 赵福林. 大豆高产生理育种基础研究十年 [C]. 全国第五次大豆学术讨论会论文, 1994. (Zhao F L. Studies on Physiological breeding basis of soybean high-yielding in ten years [C]. Fiveth Soybean Conference in China, 1994.)
- [5] 张恒善. 丰产大豆干物质生产与分配特点的研究 [J]. *大豆科学*, 1983, 2 (1): 75-81. (Zhang H S. Studies on production and distribution of dry matter of high-yielding soybean [J]. *Soybean Science*, 1983, 2 (1): 75-81.)
- [6] Morrison M J, Voldeng H D, Cober E R. Physiological changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada [J]. *Agronomy Journal*, 1999, 91: 685-689.
- [7] Mehete S S, Jamadagni B M. Biomass partitioning and growth characters in relation to plant architecture in soybean [J]. *Soybean Genetic Newsletters*, 1996, 23: 92-97.
- [8] 杜维广, 张桂茹, 栾晓燕, 等. 大豆转化系数的研究 I、转化系数及产量间的相关分析 [J]. *中国油料*, 1989 (1): 25-28. (Du W G, Zhang G R, Luan X Y, et al. Study on conversion indexes of soybean I. correlation analysis conversion indexes and yield of seeds [J]. *Oil Crops of China*, 1989 (1): 25-28.)
- [9] 王彦丰. 大豆早熟品种高产的生理基础 [J]. *中国油料*, 1981, 1, 52-56. (Wang Y F. Physiological basis of high-yielding of early maturing cultivars in soybean [J]. *Oil Crops in China*, 1981, 1, 52-56.)
- [10] 赵凯. 大豆不同类型品种粒茎比与产量等性状关系的研究 [J]. *大豆科学*, 1984, 3 (4): 281-285. (Zhao K. Studies on relationship between seed-stem rate and yield characters of different type cultivars in soybean [J]. *Soybean Science*, 1984, 3 (4): 281-285.)
- [11] 胡明祥, 李开明, 于德洋, 等. 大豆高产株型研究 [J]. *吉林农业科学*, 1980 (3): 1-14. (Hu M X, Li K M, Yu D Y, et al. A Study on high-yielding plant shape in soybean [J]. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 1980, (3): 1-14.)
- (上接第 232 页)
- [5] 林文雄, 吴杏春, 梁义元, 等. UV-B 辐射胁迫对水稻叶绿素荧光动力学的影响 [J]. *中国生态农业学报*, 2002, 10 (1): 8-12. (Lin W X, Wu X C, Liang Y Y, et al. Effects of enhanced UV-B radiation stress on kinetics of chlorophyll fluorescence in rice *Oryza sativa* L [J]. *Chinese Journals of Eco-Agriculture*, 2002, 10 (1): 8-12.)
- [6] 罗南书, 钟章成. 田间增加 UV-B 辐射对玉米光合生理的影响 [J]. *生态学杂志*, 2006, 25 (4): 369-373. (Luo N S, Zhong Z C. Effects of enhanced ultraviolet-B radiation on photosynthesis of maize [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25 (4): 369-373.)
- [7] 唐莉娜, 林文雄, 梁义元, 等. UV-B 辐射对水稻蛋白质及核酸的影响 [J]. *中国生态农业学报*, 2004, 12 (1): 40-42. (Tang L N, Lin W X, Liang Y Y, et al. Effects of enhanced ultraviolet-B radiation on soluble protein and nucleic acid in rice leaves [J]. *Chinese Journals of Eco-Agriculture*, 2004, 12 (1): 40-42.)
- [8] Feng H Y, An L Z, Chen T, et al. The effect of enhanced ultraviolet-B radiation on growth, photosynthesis and stable carbon isotope composition ($\delta^{13}C$) of two soybean cultivars (*Glycine max*) under field conditions [J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2003, 49 (1): 1-8.
- [9] Murali N S, Teramura A H. Effects of supplemental ultraviolet-B radiation on the growth and physiology of field-grown soybean [J]. *Environmental and Experimental Botany*, 1986, 26 (3): 233-242.
- [10] Sims D A, Gamon J A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 81: 337-354.
- [11] 邹琦. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 129-130. (Zhou Q. *Plant physiology experiment directions* [M]. Beijing: Agricultural Press, 2000: 129-130.)
- [12] People M B, Rato J S, Atkins C A. Mobilization of nitrogen in fruiting plants of a cultivar of cowpea [J]. *Journal of Experimental Botany*, 1983, 34: 563-578.
- [13] 郑有飞, 简慰民, 李秀芬, 等. 紫外辐射对大豆影响的进一步分析 [J]. *环境科学学报*, 1998, 18 (5): 549-552. (Zheng Y F, Jian W M, Li X F, et al. Effect of enhanced solar ultraviolet radiation on soybean [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1998, 18 (5): 549-552.)