

大豆植株光合性能与干物质 及荚粒形成关系的研究

邹冬生* 郑丕尧

(北京农业大学作物生态生理研究室)

提 要

大豆生育期间,群体中的单株干物质日增量、单株光合速率及单株光合面积均呈单峰曲线变化。其中,日增量在开花期以前和鼓粒期以后受光合面积的支配,而在开花期至鼓粒期则主要受光合速率的制约。

群体中的单株各节位间,叶片平均光合速率、平均光合面积、总光合势和总光合量与荚数、粒数及总粒重的高低分布趋势基本一致、均以中上部节位最大,基部和顶部节位最小。各指标间,以总光势和总光合量与籽粒数及总粒重的线性正相关较强,达显著水平。

结果还表明,盆栽植株各节位叶片的光合性能和荚粒形成量,均优于群体中的单株各对应节位叶。

关键词 光合性能;产量形成;相关性

前 言

关于大豆光合作用与产量的关系,小岛睦男(1968,1975)和 Buttery(1981)从品种及其亲本间进行了比较分析^[5,6,10]。Gordon 等(1982)、wells 等(1982)、杨洪安(1984)、杜维广等(1982,1988)、楚奎锡(1988)、和 Boerman 等(1988)则从生育时期间进行了比较研究^[13,17,1,2,4,9]。但由于光合速率的测定方法,测定时间及测定条件不同,众多研究结果间既有一致的,也有相矛盾的。尤其是迄今还很少见到,把大豆植株各节位叶片光合性能与荚粒形成对应起来的研究。显然,开展这方面的研究会更加逼近大豆生产中植株光合产物的

* 现在湖南农学院农学系工作

本文于1989年8月16日收到 This paper was received on Aug. 6, 1989.

积累和产量形成的实情,从而为大豆高产栽培提供更加切合实际的理论依据。

材料与 方法

本研究于 1987 年至 1988 年,先后在联邦德国的 Hoheneim 大学和北京农业大学进行。栽培方式为盆栽和田间群体栽培。供试材料为大豆“吉林 20 号”品种。盆栽材料于 5 月 17 日播入内装混有 5% 细砂的壤土瓷盆(直径为 20cm、深为 19cm)。每盆出苗后定苗 3 株。基肥用量折算成每公顷 135kg P_2O_5 、225kg K_2O 。播种时用根瘤菌拌种(结瘤好)。生育期间保持土壤相对持水量为 80~85%(土壤最大持水量为 21%)。大田材料于 5 月 2 日播种。每公顷定苗密度为 30~31 万株。田间土壤为壤土,肥力中等。播前灌水造墒。播种时每公顷施磷酸二胺 173kg,并用根瘤菌拌种。苗期和开花期各浇一次水。人工除草。

光合速率、呼吸速率、蒸腾速率及水分扩散导性均用 Minicuvette— CO_2 和 H_2O 分析系统,作同步活体测定。叶面积用光电叶面积仪测定。茎、叶柄和荚的表面积,用 Davis 等(1980)提出的玻璃细珠表涂法^[11]测定。群体植株干物质的日增量,按加藤荣等(1985)推荐的方法^[7]计算。干重测定时,取样洗净后按叶部(叶片+叶柄)、茎、荚部(荚+粒)分开,经 105℃ 杀青 1 小时后于 80℃ 烘至恒重。

结果与 分析

群体单株生育进程中,地上部各器官及整株干物质积累趋势的测定结果(图 1)表明,整株干物质积累呈“S”型曲线趋势。这与 Hanway 等(1971)^[14]的结果一致。图 1 还指出,开花前,植株干物质主要在叶部迅速积累;但大约在接近开花期后,茎秆中的积累量也逐渐明显地加强。叶片部干物质积累最大值出现在结荚期,后因下部叶片和叶柄脱落比重的不断增加而迅速下降。茎秆干物质积累的最大值出现在鼓粒初期,随后也呈下降趋势。这可能与茎秆贮藏物向籽粒转运有关^[12]。荚部(荚+籽粒)干物质积累量,在进入结荚期后加速增加,但接近成熟时其增加量明显变少。

对供试材料不同生育时期的功能叶片、叶柄、茎秆及荚等器官的光合速率、蒸腾速率、呼吸速率及水分扩散导性的测定结果(表 1)指出:在植株各测定生育时期中,叶柄、茎秆及荚的单位面积光合速率、蒸腾速率、呼吸速率及水分扩散导性均明显地较叶片低。可见大豆植株生育过程中,光合产物的合成及蒸腾耗水都主要通过叶片进行。因此,植株干物质的日增量与同期植株叶片光合面积及光合速率间必然存在着某种内在联系。对植株干物质日增量与同期植株叶片光合面积及光合速率的同步测定结果(图 2)进行相关性分析表明植株干物质日增量,在出苗至开花期间与光合面积呈极显著偏正相关($r=0.9531$);在开花至鼓粒中期则与光合速率呈极显著偏正相关($r=0.9713$),与光合面积呈极显著偏负相关($r=-0.9619$)。在鼓粒至成熟期间,植株干物质日增量的减少与光合面积的减少呈极

显著偏正相关($r=0.9637$),但与光合速率的下降关系不大($r=0.2818$)。由此可见,促使大豆生育前期叶片面积迅速增加,改善中期群体结构以提高植株整体光合速率,以及延缓后期叶片面积下降的速度,便能使植株具有较高的干物质积累。

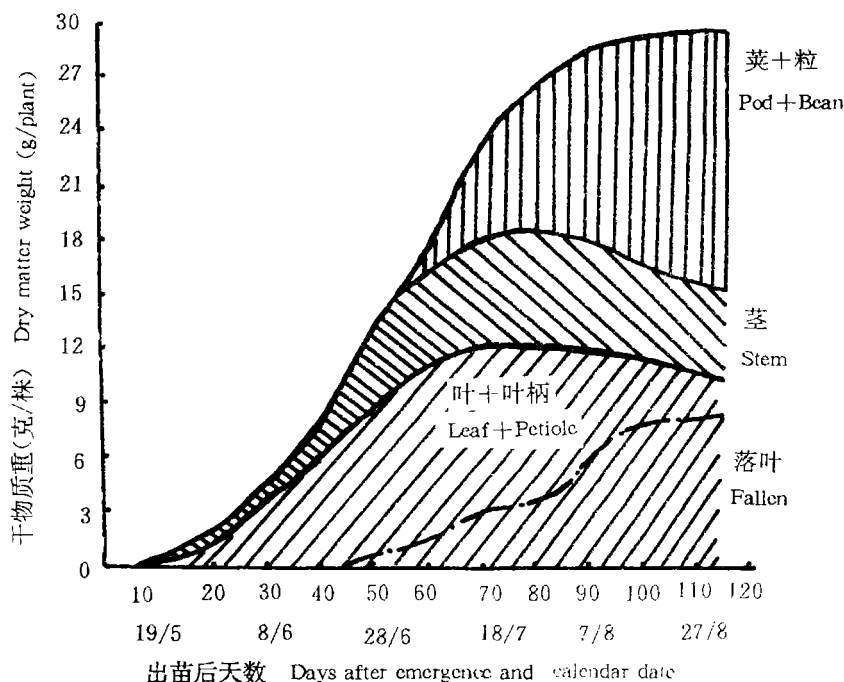


图 1 生育过程中大豆群体单株地上部器官及整株干物质积累变化

Fig. 1 Seasonal cumulative dry matter in various parts of soybean plant
(field experiment, Jilin 20, Beijing 1988)

进一步对群体中的单株各节位叶片光合性能和荚粒形成作对应剖析。结果如图 3 指出,群体中植株荚数、粒数及粒重分布在 2、4 至 13 节上(从子叶节算起),其中尤以 7—11 节位多(即中上部节位多)。植株各节位间,叶片光合性能的分布表现出:平均光合速率(大于 $5\text{mg CO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$ 的光合速率 \times 同期叶片面积取加权平均)、平均叶面积(光合速率大于 $5\text{mg CO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$ 期间叶面积各次测定值的加权平均)、总光合势(平均叶面积 \times 光合时间其中光合时间为光合速率大于 $5\text{mg CO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$ 的天数 $\times 10$ 小时),及总光合量(平均光合速率 \times 总光合势)在植株主茎各节位间以 4~14 节位较大,其中也以中上部 8~12 节位叶具有明显优势。对全株各节位间,叶片光合性能参数与荚数、粒数及粒重的线性相关性分析表明,除平均叶面积与荚数粒数及粒重间的线性相关系数均未达到显著水平外(这与一般研究结果有出入),平均光合速率、总光合势、总光合量均分别与荚数、粒数及粒重呈显著或极显著线性正相关($r=0.7936-0.9584$)。不过各对应关系的一级和二级偏相关

表 1 不同生育时期大豆植株、叶片、叶柄、茎秆、荚等器官的
光合速率、蒸腾速率、呼吸速率及水导性的比较

Table 1 Several variables for various parts of soybean plant

测定时期 Stage	指 标 Variable	测定植株部位				
		叶 Leaves	叶柄 Petioles	茎 Stems	荚 Pods	根 Roots
一叶期	A	26.35	3.16	1.05	—	—
First	R	3.41	1.33	1.15	—	3.26
leaf	E	3697	312	221	—	—
(6/14)	G	0.285	0.024	0.013	—	—
三叶期	A	27.19	3.62	1.43	—	—
Third	R	3.15	1.74	1.36	—	2.15
leaf	E	3896	326	193	—	—
(7/1)	G	0.297	0.024	0.011	—	—
六叶期	A	26.96	3.74	1.61	—	—
Sixth	R	3.73	1.48	1.27	—	2.42
leaf	E	3814	363	221	—	—
(7/20)	G	0.306	0.023	0.013	—	—
九叶期	A	26.45	2.81	1.03	2.15	—
Ninth	R	3.86	1.54	1.26	4.15	1.64
leaf	E	3746	399	241	414	—
(8/4)	G	0.289	0.026	0.013	0.038	—
十二叶期	A	26.53	2.12	0.98	3.16	—
Twelgth	R	3.22	1.44	1.29	2.13	1.17
leaf	E	3638	341	213	497	—
(8/22)	G	0.274	0.023	0.014	0.034	—
十四叶期	A	25.96	1.86	1.13	1.26	—
Fourteenth	R	2.63	1.53	1.84	1.49	1.24
leaf	E	3515	344	239	476	—
(9/1)	G	0.268	0.024	0.012	0.033	—

注: A 为光合速率(mg CO₂/dm². hr) E 为蒸腾速率(mg H₂O/dm². hr), G 为相应器官表层对水分扩散的导性(cm/sec), R 为呼吸速率, 其单位在地上部器官为 mg CO₂/dm². hr, 在根中为 mg CO₂/g 根重小时(Hohenheim, 1987)。

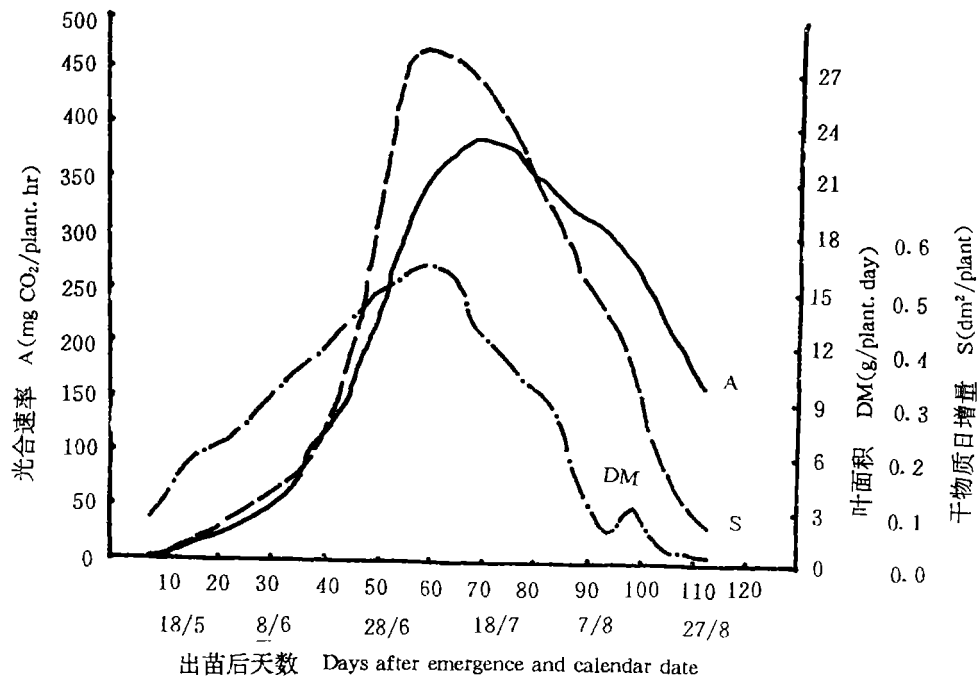


图 2 生育进程中大豆群体单株总干物质(DM)日增量与同期叶面积(S)和光合速率(A)的关系

Fig. 2 Seasonal changes of net photosynthetical rate (A) leaves ares (S) and diurnal dry matter cumulation of single plant in soybean community (Jilin 20, Beijing 1988)

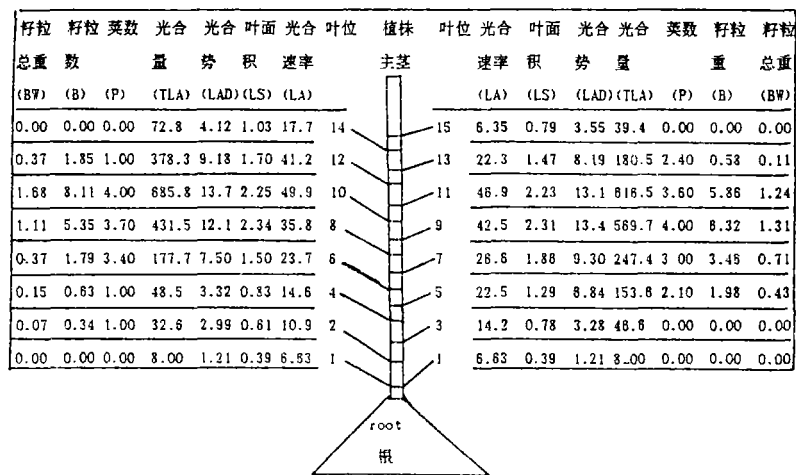


图 3 吉林 20 号品种群体植株主茎各节位叶光合性能,荚粒及籽粒重的垂直分布结果

Fig. 3 Vertical distribution of photosynthetical performance and number of pod, bean weight of bean (Jilin20, Beijing 1988)

注:光合速率(mg CO₂/dm². hr),叶面积(dm²/叶),光合势(m². hr/叶),光合量(mg m²/叶),荚数(个),粒数(粒),粒重(g)

系数均未达到显著水平。然而,对植株中部和中上部节位间,叶片光合性能与荚数、粒数及

籽粒重间的线性相关分析则表明,平均叶面积和总光合势均与荚数呈显著正相关($r=0.6809-0.6974$),与粒数和粒重呈极显著正相关($r=0.8971-0.9376$);光合速率和总光合量与荚数的正相关系数均未达到显著水平($r=0.3603-0.5531$),但两者均与粒数、粒重呈极显著正相关($r=0.8178-0.9167$)。同样对这些显著或极显著线性正相关系进行一级和二级偏相关分析,结果均未达到显著偏相关水平。这说明,各节位间,光合性能参数与粒数、粒数及粒重间只存在明显的分布趋势一致性,而其间的内在机制则很复杂,并不存在明确的对应关系。

表 2 吉林 20 号品种在盆栽和田间群体培养条件下,植株各节位间叶片光合蒸腾性能及荚粒数和总籽粒重的分布

Table 2 Comparison of photosynthetic and transpirational performance and yield component of soybean plant between pot experiment and field experiment (1987~1988)										
叶位 Leaf position		1	3	5	7	9	11	13	15	17
叶面积	P	0.0049	0.0082	0.0151	0.0224	0.0279	0.0215	0.0209	0.0153	0.0113
Leaf area(m ₂)	F	0.0039	0.0078	0.0129	0.0186	0.0231	0.0219	0.0147	0.0079	0.0000
光合势	P	1.911	4.756	10.273	15.491	23.231	16.547	14.205	9.156	5.876
LAD(m ₂ . hr)	F	1.209	3.276	6.837	9.300	13.398	13.140	8.085	3.55	0.0000
光合速率	P	10.37	15.94	32.70	51.73	58.04	60.68	51.82	35.73	18.14
A(mg CO ₂ /dm ₂ . hr)	F	6.63	14.23	22.26	26.60	42.53	46.92	22.32	11.07	0.0000
蒸腾速率	P	1.2293	1.9680	4.0364	6.7242	8.1057	7.1928	6.5415	4.4039	2.3420
E(g H ₂ O/2. hr)	F	0.9927	2.0786	3.4953	4.2197	6.4891	6.9540	3.3134	1.7460	0.0000
光合速率×光合势	P	19.81	75.82	335.92	801.29	1348.3	1007.1	736.10	327.11	106.50
A×LAD(mg. m ₂)	F	8.020	46.62	153.55	27.38	569.86	616.52	180.45	39.400	0.0000
蒸腾速率×蒸腾势	P	2.3492	9.359	41.461	104.15	188.30	119.02	92.922	40.322	13.760
E×LAD(g. m ₂)	F	1.207	6.807	23.897	39.23	86.94	91.38	26.785	6.198	0.0000
水份利用率	P	8.4326	8.1000	8.102	7.693	7.160	8.462	7.921	8.112	7.739
WUE(A×LAD/E×LAD)	F	6.644	6.849	6.426	6.305	6.552	6.747	6.736	6.356	0.0000
荚数	P	0	1.3	1	5	6.6	4	3	2.2	1.7
No. of pod	F	0	0	2.1	3	4	3.6	2.4	0	0
粒数	P	0	1.6	2	6.1	11	9	5	6	1.4
No. of seed	F	0	0	2	3.5	6.3	5.9	0.85	0	0
粒重	P	0	0.2	0.42	1.61	2.26	1.84	1.06	0.48	0.41
Yield of seeds(g)	F	0	0	0.43	0.71	0.31	1.24	0.11	0	0

“P”为盆栽植株,“F”为田间群体栽培植株 LAD—leaf area duration

表 2 指出,在盆栽条件下和田间群体栽培条件下,同一品种植株主茎对应节位叶片的平均光合速率、平均叶面积、总光合势、总光合量、平均蒸腾速率、总蒸腾量、水分利用效

率,以及荚数、粒数和粒重均有不同程度的差异(10—100%)。这说明,栽培环境条件明显地影响植株叶片光合、蒸腾性能、及荚粒形成。其中,盆栽植株因透光与生长条件较好,其中部和上部节位叶片的光合、蒸腾性能,以及荚数、粒数和粒重均明显优于田间群体栽培植株对应节位。可见,通过改善栽培条件,实现光合性能与籽粒产量构成优化具有很大的潜力。

讨 论

Belikov 等(1966)^[8]和 Pate(1977)^[15]对大豆植株不同节位叶片光合产物的 C^{14} 示踪结果指出,叶片光合产物的大部分进入同节位荚中。尤其是下部节位叶片光合产物进入同节位荚中的比例较上部节位大(Shibles 等 1975)^[15]然而本研究则表明,虽然植株各节位的总光合量与粒数和粒重均呈极显著线性正相关,但它们的偏正相关系数却没有达到显著水平。这意味着植株各节位叶片光合产物总量与粒数、粒重之间的关系很复杂,似乎并不存在直接的对应关系。因此,我们认为,企图以某一生育时期,甚至全生育期中的个别光合性能参数来比较分析产量形成是不可靠的。只能用包括栽培条件、各光合性能参数,以及群体结构参数的动态综合网络,借助于计算机技术来剖析光合性能与产量形成的关系,才真正有意义。

此外,特别值得指出的是,在目前有关光合性能与产量形成关系的研究中,各研究者之间对光合性能参数的测定方法、测定时间、测定条件及指标划分标准的可比性和客观性都较差。这也是以往各研究者间所获得结果不一致的原因之一。所以在光合性能与产量形成关系这个研究领域中,还有许多基本问题需要探索或重新认识。

参 考 文 献

- [1] 杜维广、王育民、谭克辉,1982,大豆品种(系)间光合活性的差异及其与产量的关系,作物学报,2:131—135
- [2] 杜维广、张桂茹、黄承运,1988,大豆高光效与高产相关性的研究,大豆科学
- [3] 杨洪安,1984,大豆品种及群体光合速率的测定,中国油料,2:33—35
- [4] 楚奎锡,1988,高产大豆叶面积消长规律和光合势、净同化率与产量相关模型的研究,大豆科学,3: 215—222
- [5] 小島睦男,川崎良一,1968,大豆子实生产に関する研究,第5报:大豆の光合能力の品种间差异とその安定性,日作记,37:667—675
- [6] 小島睦男,1975,大豆にすける光合能力遗传,农业技术,10:443—447
- [7] 加藤荣等编著,1985,个体群体物质生产的测定与分析,光合作用研究方法,候光良等译,能源出版社,(75—90)
- [8] Belikov, I. F., and L. I. Pirsii, 1966, Violation of the local distribution of assimilates in soybean, Soviet Plant Physiol., 13:361—364
- [9] Boerman, H. R., and D. A. Ashley, 1988, Canopy photosynthesis on seed fill duration in recently developed soybean cultivars and selected plant introductions, Crop Sci., 28:137—140.

- [10] Buttery, B. R., R. I. Buzzell, and W. L. Findlay, 1981, Relationships among photosynthetic rate, bean yield and other characters in field growth cultivars of soybean, *Canadian J. of Plant Sci.*, 61:191—198
- [11] Davies, C. E., and V. Benecke, 1980, Fluidized bed coating of conifer needles with glass beads for determination of leaf surface area, *Forest Sci.*, 1:29—32
- [12] Dunphy, E. J., 1972, Soybean water—soluble—carbohydrate, nutrient, yield, and growth pattern responses to phosphorus and potassium fertility differences, Ph. D. Thesis, Iowa State University Library, Ames.
- [13] Gordon, A. J., J. D. Heskth, and D. B. Peter, 1982, Soybean leaf photosynthesis in relation to maturing classification and stage of growth, *Photosynth. R.*, 3:81—93
- [14] Hanway, J. J. and Weber, C. R. 1971, Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* L. Merrill) Varieties, *Agron. J.*, 63:227—230
- [15] Pate, J. S., P. J. Sharkey, and C. A. Atkins, 1977, *Plant Physiol.*, 59:506—510
- [16] Shibles, R. M., I. C. Anderson, and A. H. Bibgson, 1975, *Agron. J.*, 60:95—97
- [17] Wills, R., L. I. Schulze, D. A. Ashley, H. R. Boerman, and R. H. Brown, 1982, Cultivar differences in canopy apparent photosynthesis and their relationship to seed yield in soybean, *Crop Sci.* 22:886—890

STUDIES ON THE RELATIONSHIP BETWEEN PHOTOSYNTHETIC CAPACITIES AND FORMATIONS OF DRY MATTER AND SEED YIELD IN SOYBEAN PLANTS

Zou Dongsheng Zheng Piyao

(Lab. of Crop Eco—physiology, Beijing Agricultural University)

Abstract

The diurnal dry matter increment of single plant changed mainly with net photosynthetic rate and leaf area of plant during soybean growth and development stage. There was a positive correlation between dry matter increment and leaf area of single plant in the period before blooming and after filled green bean. But during other growth stages, it correlated with net photosynthetic rate per plant positively. In the community of soybean, the nodes which located at the positions between middle and upper parts of main stem showed dominant positions in vertical distributions of leaf area (LS), total leaf area duration (LAD), average value of leaf net photosynthetic rate (LA), total leaf photosynthate (TLA), number of pods (P), number of beans (B) and total bean weight (BW). The results of regression analysis among those variables indicated that the correlation between TLA and B or BW and between LAD and P, B, or BW were high ($r=0.9167-0.9376$), but the correlation between LS and P, B, or BW and between LA and P, B, or BW in lower nodes of main stem were low. Furthermore, pot—culture condition had a some improvement than under field—culture condition on LA, LS, LAD, TLA, P, B, BW, transpiration and water using efficiency in each corresponding node of main stem.

The results also showed that the relationships between photosynthetic capability and bean yield were so complex that it is impossible to explain directly the formation of bean yield by means of net photosynthetic rate per unit leaf area, leaf index or leaf area duration individually. Therefore we suggested that photosynthetic capacity, community structure and ecological conditions must be considered together in the period of plant growth and development.

Key words Photosynthetic performance; Yield form; Correlation

黑龙江省大豆研究会第四次委员会议在哈召开

1991年6月4日在哈尔滨召开了黑龙江省大豆研究会第四次会议。我国著名大豆遗传育种学家、上届主任委员王金陵教授出席了会议并作了第三届委员会工作报告。与会者对第三届委员会的工作给予了充分肯定和高度评价;会议选举产生了以黑龙江省农科院院长、大豆专家许忠仁研究员为主任委员的第四届委员会。会议一致通过王金陵教授任名誉主任委员。最后许忠仁同志对研究会今后的工作安排发表了如下意见:

1. 7月中旬组织有关专家对辽宁、吉林、黑龙江三省的大豆生产情况和科研工作进行检查。

2. 加强国际合作与交流,年内将与苏联、美国、日本等国的大豆专家进行学术研讨。

3. 对黑龙江省大豆品种布局、高产栽培等组织专题考察,为领导决策提出咨询建议。

4. 拟1992年在哈尔滨召开东北地区或全国大豆学术讨论会。

崔文馥