植物营养与肥料学报 2000,6(2):207～213
Plant Nutrition and Fertilizer Science

不同大豆品种积累硒的特性及基因型差异

李志玉[1], 郭庆元[1], 徐巧珍[1], 孙素云[1], 沈金雄[1], 陈泽宪[2]
(1. 中国农业科学院油料作物研究所,农业部油料作物改良中心重点实验室,湖北武汉 430062;
2. 华中理工大学化学系, 湖北武汉 430074)

摘要: 田间试验结果表明,在低硒土壤上,施硒极显著提高植株、子粒中的积硒量,增加幅度植株为夏大豆＞秋大豆＞春大豆,子粒为秋大豆＞夏秋大豆＞春大豆;并筛选出富集硒能力强的品种10份。在富硒土壤上种植的不同春大豆品种,植株、子粒硒积累量也存在显著差异。在不同硒浓度条件下,同一大豆品种各生育阶段硒积累量存在差异,其大小顺序为成熟期＞花期＞苗期。施硒浓度以1.0mg/L单株积累量最高。

关键词: 大豆;积硒量;基因型差异
中图分类号:S143.7;S565.1　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-505X(2000)02-0207-07

早期对硒的研究主要集中在确定含硒土壤的地理分布和硒指示植物;探讨硒对植物生长发育的影响和高浓度硒对植物的毒害[1~6]。后来证明硒是食物链中一个十分重要的微量元素,硒缺乏会导致人和动物的许多疾病,植物硒是人和动物硒的主要来源[7,8]。尽管如此,至今还不能确切阐明硒在植物营养上的功能,但从人体健康出发,研究不同植物类型、不同作物品种硒积累的差异以及筛选富硒种质十分必要。大豆等作物硒的研究虽然取得了一定进展[9~11],但硒在植物体内的有效性尚缺乏系统研究。为此,我们在已有研究的基础上,选用我国南方及黄淮大豆产区春、夏、秋不同大豆品种(系),于1994～1996年研究了不同生态区大豆品种富硒的特性,以期筛选出富硒及营养特性好的大豆品种。

1 材料与方法

1.1 供试材料和设计

选用农艺性状、物候期性状以及共生固氮性状已鉴定的不同类型春大豆品种(系)23份,夏大豆24份,秋大豆10份。由中国农业科学院油料所品种资源室大豆组提供。

1.1.1 低硒土壤的田间试验　试验设在本所试验场,土壤类型为石灰性冲积土,土壤有效硒0.335mg/kg,pH为7.8,有机质2.73%,速效氮(N)68.3mg/kg,速效磷(P)6.40mg/kg,速效钾(K)136.95mg/kg。于1994年春、夏两季进行不同品种的田间对比试验。设(1)对照(Se_0),喷施等量的清水;(2)喷硒(Se_1),即喷施0.025%亚硒酸钠溶液,于花、荚期各喷洒1次,用量525kg/hm^2。裂区设计,主区为喷硒处理,副区为品种,不设重复,小区面积2m^2。成熟期取各处理10株进行考种,并测定植株地上部含硒量、干物质产量。

1.1.2 富硒土壤的田间试验　1994年4月在湖北鄂西双河进行。土壤有效硒含量为5.89mg/kg,选用当地品种为对照,用油料所品种资源大豆组提供的23份春大豆品种(系),进行品比试验。每品种播种3行,重复3次,不设硒处理,按当地习惯种植管理。成熟期每品种取样10株,分析测定植株、种子硒含量和干

收稿日期:1999-02-05
基金项目:中国农业科学院院长基金资助(9415—9).
作者简介:李志玉(1952—),女,湖北人,中国农科院油料所副研究员,从事油料作物(大豆、油菜)植物营养与施肥研究。

物质产量。

1.1.3 溶液培养试验 选用不同粒色、蛋白质含量的3个春大豆品种(系)。于1994年3月在所内温、网室进行。培养液采用Hogland改良法。试验容器为1.5L塑料桶,上放打孔塑料筛(孔径为1.8cm),内装石英砂(经清选处理)压盖栽培。设硒浓度0.0、0.01、0.05、0.10、0.50、1.0、10.0 mg/L 7个处理,重复8次,催芽播种。苗期、花期和成熟期进行生育性状调查,并取样分析测定植株干物质产量及植株硒含量。

1.2 测定方法

采用常规分析方法测定土壤理化性状,荧光分光光度法测定土壤、植株和种子硒含量。

2 结果与讨论

2.1 低硒土壤施硒条件下不同类型大豆品种的硒积累量

2.1.1 施硒对春大豆植株、子粒硒积累量的影响 表1表明,春大豆花期叶面喷施0.025%亚硒酸钠溶液比不喷硒极显著增加植株和子粒硒积累量(t值=6.52** $>t_{0.01,22}$=2.82、t值=9.27$>t_{0.01,22}$=2.82),其增加幅度子粒(6.7~135.7倍)大于植株(1.0~23.2倍)。不施硒处理,植株硒积累量最高的白黄豆是最低的武引六月爆的25.8倍,而子粒硒积

表1 不同春大豆品种植株、子粒硒积累量的差异(μg/plant)

Table 1 Difference of Se accumulation in shoot and grain of spring soybean varieties

品种名称 Varieties	Se_0		Se_1		Se_1/Se_0	
	地上植株 Shoot	子粒 Grain	地上植株 Shoot	子粒 Grain	地上植株 Shoot	子粒 Grain
泰兴黑豆	0.633	0.781	8.545	105.960	13.5	135.7
76—225	0.570	0.743	5.261	93.223	9.2	125.5
铁荚泰兴黑豆	7.520	0.995	11.193	114.450	1.5	115.0
$86A_1$-2-4-K	4.925	1.410	11.098	89.301	2.3	63.3
8905—1	0.515	1.051	4.031	104.540	7.8	99.5
鄂豆4号	3.328	2.148	6.527	87.694	1.9	40.8
90—8	1.092	1.747	2.147	40.349	2.0	23.1
油1383	1.735	1.418	8.040	111.772	4.6	78.8
浙春1号	5.094	2.965	13.813	138.236	2.7	46.6
8905—2	0.499	1.332	2.141	69.041	4.3	51.8
武引六月爆	0.434	1.096	4.179	81.638	9.6	74.5
矮脚早	0.533	1.238	9.405	72.822	17.6	58.8
武昌六月爆	0.667	1.769	9.314	61.673	14.0	34.9
五月乌	0.583	1.278	13.538	72.278	23.2	56.5
牛毛红	4.436	1.784	11.939	53.736	2.7	29.2
洪湖六月爆	0.778	2.124	0.790	38.389	1.0	18.2
洪六乙	0.950	1.190	1.079	14.330	1.1	12.0
白黄豆	11.187	3.018	14.160	34.388	1.3	11.4
湘春10号	0.978	1.402	11.376	64.107	11.6	21.2
恩施六月黄	0.581	1.136	12.184	27.247	21.0	24.0
恩86—49	0.628	1.871	5.386	13.227	8.6	7.1
六月黄	0.597	1.459	1.206	37.343	2.0	25.6
本地绿黄豆	0.893	5.321	7.404	35.405	8.3	6.7
平均(x)	2.137	1.708	7.598	67.876	7.5	50.4

累量品种间每株相差 4.578μg，最高的本地绿黄豆是最低的 76—225 的 7.16 倍。施硒处理，品种间植株、子粒的变化范围分别为每株 0.79～14.16μg、13.227～138.236μg。施硒与不施硒比较，品种间植株、子粒硒积累量分别增加 1.0～23.2 倍、6.7～135.7 倍。泰兴黑豆、铁荚泰兴黑豆、76—225、8905—1 尽管植株硒积累量增加幅度不大(1.0～13.5 倍)，但子粒硒的积累量增加幅度较大(99.5～135.7 倍)，表现了较强的富积硒的能力。而白黄豆、洪湖六月爆、洪六乙、恩 86—49、本地绿黄豆植株、子粒硒增加量均未超出 20 倍，表现出对低硒胁迫有较高的耐性。

2.1.2　施硒对夏大豆植株、子粒硒积累量的影响　表 2 看出，不施硒处理，每株硒积累量平均为 12.197μg，品种间相差 29.382μg，最高的光化八月炸是最低的宝应粉皮豆的 12.1 倍；子粒硒积累量品种间每株相差 18.069μg，最高的鄂黄 11 是最低的沔阳牛啃桩的 3.6 倍。施硒处理，品种间植株、子粒的变化范围分别为每株 31.297～355.536μg、76.144～951.366μg。品种间施硒与不施硒比较，子粒增加幅度为 4.7～46.0 倍，大于植株 2.8～31.6

表 2　夏大豆品种植株、子粒硒积累量的影响(μg/plant)

Table 2　Difference of Se accumulation in shoot and grain of summer soybean varieties

品种名称 Varieties	Se_0		Se_1		Se_1/Se_0	
	地上植株 Shoot	子粒 Grain	地上植株 Shoot	子粒 Grain	地上植株 Shoot	子粒 Grain
大粒黄	14.160	13.104	355.536	238.40	24.4	18.2
82—10	10.252	—	323.849	—	31.6	—
中豆 24	6.517	13.230	154.560	153.544	23.7	11.6
猴子毛①	11.560	10.632	141.978	120.962	12.3	11.4
82—16	4.937	8.472	136.358	241.003	5.3	28.4
早黄豆	11.298	21.952	31.297	102.983	2.8	4.7
豫豆 2 号	7.700	11.453	97.983	76.144	12.7	6.6
清远大青豆	14.721	8.349	128.759	323.882	8.7	38.8
1138—2	9.809	11.700	173.712	317.016	17.7	27.1
猴子毛②	8.352	13.858	235.790	200.460	28.2	14.5
京山布袄豆	11.340	23.920	126.618	284.954	11.2	11.9
鄂黄 11	12.348	25.080	237.924	308.918	19.3	12.3
八月炸	24.062	24.544	228.684	491.921	9.5	20.0
青豆子 2	10.696	17.620	203.100	277.800	19.0	15.8
光化八月炸	32.037	23.001	231.317	951.366	7.2	41.4
宝应粉皮豆	2.655	17.974	62.016	615.400	23.4	34.2
浦东关青豆	8.772	18.240	144.514	385.776	16.5	21.2
被子棵黄豆	12.496	18.499	200.208	223.704	16.0	12.2
穗选黄豆	16.422	—	217.980	—	13.3	—
沔阳牛啃桩	22.770	7.011	275.770	129.363	12.1	18.5
吴江青豆 4	16.641	22.232	162.678	265.822	9.8	12.0
吴江青豆 3	10.752	7.140	136.620	328.380	12.7	46.0
荆 589—1	6.993	16.826	111.474	424.835	15.9	25.3
南京青豆	5.443	10.455	123.830	133.253	22.8	12.7
平均(x)	12.197	15.695	176.773	299.858	16.3	20.2

倍,达极显著差异(t 值 = 11.05** > $t_{0.01,23}$ = 2.81、t 值 = 9.74 > $t_{0.01,21}$ = 2.83)。吴江青豆3、光化八月炸、清远大青豆和宝应粉皮豆品种子粒硒积累量是对照的 30 倍以上,表现出对施硒敏感和吸收硒能力强的特性,而早黄豆植株、子粒硒增加量少,属于对施硒不敏感性品种。

2.1.3 施硒对秋大豆品种植株、子粒硒积累量的影响 表 3 表明,不同秋大豆品种硒积累量存在显著差异(t 值 = 5.13** > $t_{0.01,9}$ = 3.25、t 值 = 3.24 > $t_{0.05,9}$ = 2.26)。不施硒处理植株硒积累量范围为每株 3.434~34.219μg,子粒为 6.630~50.905μg,最高的秋豆 1 号比最低的绿黄豆植株、子粒每株分别高 30.785、44.275μg。施硒处理植株、子粒硒积累量范围分别为每株 59.915~398.608μg、105.788~663.754μg,品种间分别相差 6.7 倍和 6.3 倍。施硒与不施硒比较,不同秋大豆品种子粒硒积累量平均高于植株 6.2 倍。其中绿黄豆施硒敏感性和吸收硒能力最强,植株、子粒硒增加量分别为 31.6 倍和 69.2 倍,九月黄亦较高。而秋 71、秋豆 1 号和花生豆植株、子粒硒增加量较少,对施硒不敏感。

表 3 硒对秋大豆品种植株、子粒硒积累量的差异(μg/plant)

Table 3 Difference of Se accumulation in shoot and grain of autumn soybean varieties

品种名称 Varieties	Se_0		Se_1		Se_1/Se_0	
	地上植株 Shoot	子粒 Grain	地上植株 Shoot	子粒 Grain	地上植株 Shoot	子粒 Grain
秋 71	22.14	32.368	118.680	134.440	5.4	4.2
早熟毛莲青	16.807	16.625	131.976	105.788	7.9	6.4
花生豆	17.978	7.600	98.640	122.246	5.5	2.6
粗黄豆	19.970	18.061	398.608	451.056	20.0	25.0
秋豆 1 号	34.219	50.905	156.829	393.108	4.6	7.7
金华直立 1 号	17.836	29.004	174.496	503.552	9.8	17.4
九月黄	11.600	18.081	218.316	663.754	18.8	36.7
绿黄豆	3.434	6.630	108.414	458.832	31.6	69.2
天鹅蛋	3.847	21.648	59.917	296.976	15.5	13.7
龙岩大青仁	6.847	9.072	167.040	209.520	24.4	23.1
平均(x)	15.469	24.999	163.292	333.927	14.4	20.6

2.2 富硒土壤春大豆品种积硒特性

在高硒土壤上种植不同春大豆品种,成熟期测定其含硒量和积硒量。结果(表 4)表明,22 份供试的春大豆品种植株、种子含硒量平均分别为 2.018(1.04~3.33)mg/kg、10.058(3.268~16.443)mg/kg,比地方品种分别减少 21.8% 和增加 52.93%;植株单株积硒量 12.592(5.862~25.974)μg,比地方种 30.690μg 减少 43.73%,子粒积硒量为 71.357(19.216~183.702)μg,比地方种 57.023μg 增加 25.14%。地上部干物质产量和子粒产量分别比地方品种减少 47.5% 和 18.3%,表明了高硒土壤上当地品种比供试种耐硒力强。

表 4 结果还表明,不同春大豆品种在高硒土壤条件下都能增加对硒的吸收和积累,且以种子增加最多,与在低硒土壤春大豆施硒效应一致。同时不同春大豆品种富硒能力也存在

差异,以 8905—1、湘春 1 号、矮脚早、五月乌和白黄豆富积硒的能力最强。其中子粒硒积累量每株达 99.973～183.702μg,较地方品种增加 1.8～3.2 倍。

表 4　富硒土壤种植春大豆的产量、含硒量及硒积累差异

Table 4　Difference of Se content and accumulation of spring soybean varieties in Se-rich soil

品种名称 Varieties	干物量 Dry wt. (g/plant)		含硒量 Se cont. (mg/kg)		硒积累量 Se accum. (μg/plant)	
	地上植株 Shoot	子粒 Grain	地上植株 Shoot	子粒 Grain	地上植株 Shoot	子粒 Grain
铁荚泰兴黑豆	4.74	4.40	1.830	10.980	8.674	48.312
泰兴黑豆	5.46	4.34	2.250	10.780	12.285	46.785
76—225	4.58	4.80	2.000	8.120	9.160	38.976
86A1-2-4-K	2.94	3.47	1.994	8.343	5.862	28.950
8905—1	5.08	6.08	3.162	16.443	16.063	99.973
鄂豆 4 号	3.42	6.94	3.080	6.212	10.534	43.111
90—8	5.54	6.08	1.500	6.861	8.31	41.715
90—2	5.10	4.80	1.25	8.019	6.375	38.491
油 1383	5.66	5.64	3.040	13.997	17.206	78.943
浙春 1 号	10.40	11.20	1.914	16.402	19.906	183.702
武引六月爆	6.04	6.02	2.290	10.718	13.832	64.522
武昌六月爆	4.82	5.88	1.790	3.268	8.628	19.216
矮脚早	8.78	10.50	1.040	12.139	9.131	127.460
五月乌	8.06	7.08	2.580	16.281	20.795	115.269
牛毛红	4.44	10.42	1.664	4.364	7.388	45.473
洪湖六月爆	10.34	9.40	1.082	10.394	11.188	97.704
洪六乙	8.00	7.92	1.872	4.456	14.976	35.292
白黄豆	7.80	11.28	3.330	9.541	25.974	107.622
湘春 10 号	7.10	8.70	1.602	10.658	11.374	92.725
恩施六月黄	3.64	4.34	2.080	14.981	7.571	65.018
恩 86—49	7.60	9.48	1.643	8.567	12.487	81.215
来运黄豆	8.00	7.12	2.413	9.744	19.304	69.377
平均(x)	6.252	7.086	2.018	10.058	12.592	71.357
地方品种	11.90	8.67	2.579	6.577	30.690	57.023

2.3　溶液培养条件下春大豆品种各生育阶段的积硒特性

加施不同浓度硒对 3 个春大豆品种各生育阶段的影响如表 5 所示。随施硒浓度的增加,3 个大豆品种各生育时期的植株含硒量增加,当硒浓度增至 0.50mg/L 时,大豆各生长阶段含硒量增加幅度加大。3 个品种间各生育期在供试硒浓度下植株硒浓度均为花期＞苗期＞成熟期。表明不同品种各生长阶段对硒的吸收各有不同。随硒浓度的增加,不同生长阶段的单株积硒量各不相同(图 1)。由于苗期植株生长缓慢,单株积硒量(μg)较低,随着植株生育进程,植株积硒量增加,表现出成熟期＞花期＞苗期。不同硒浓度除了 10.0mg/L 处

理在苗期中毒死亡而外，其它处理植株积硒量亦各不相同，3个时期均以 1.0mg/L 处理植株积硒量最高。从图 1 中还可看出，3 个大豆品种各生育阶段积硒量差异不明显。

3 结语

选用不同类型大豆品种施硒后均能显著提高大豆植株、种子的含硒量与积硒量。低硒土壤施硒和不施硒处理不同类型大豆品种均为子粒积硒量高于植株，且秋大豆＞夏大豆＞春大豆。表明了秋大豆具有较高的富集硒能力；施硒处理，不同类型大豆品种植株、子粒硒积累范围分别为每株 67.598～176.773μg、67.876～333.927μg，其中植株积硒量是夏大豆＞秋大豆＞春大豆，子粒硒积累量则是秋大豆＞夏大豆＞春大豆，说明夏、秋大豆富硒能力高于春大豆。在富硒土壤上种植的不同春大豆品种(系)，均能增加硒的吸收和积累，并以子粒积硒量高于植株，与低硒土壤种植的春大豆施硒效应极为一致。在溶液培养条件下的 3 个春大豆品种(系)各生育期硒含量均随浓度的增加而增加，不同生长阶段单株积硒量均随大豆生长进程而增加，即成熟期＞花期＞苗期；施硒浓度以 1.0mg/L 处理积硒量最高，是最佳的施硒处理。

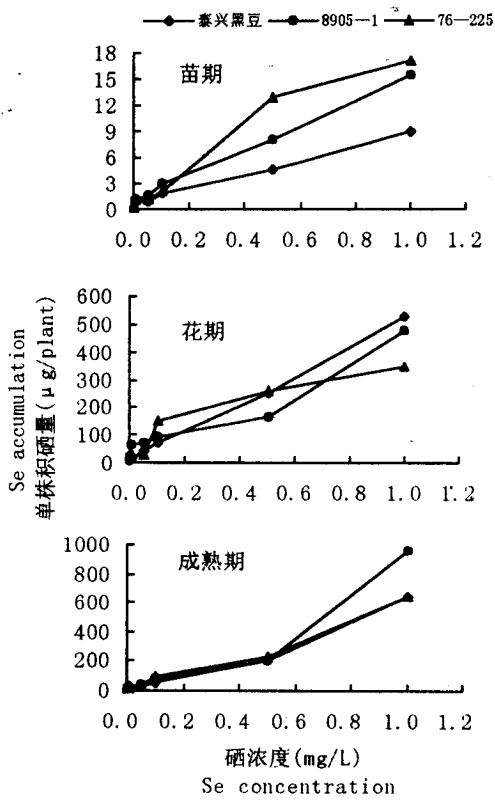

图 1 溶液培养下不同硒水平对大豆生长时期积硒量的影响

Fig.1 Se accumulation of soybean at different stage under solution culture with various Se levels

试验结果还表明了不同类型大豆品种耐低硒能力的差异，并筛选出了富积硒能力较强的春大豆品种 4 份(泰兴黑豆、铁荚泰兴黑豆、76—225、8905—1)，夏大豆 4 份(吴江青豆 3、光化八月炸、清远大青豆、宝应粉皮豆)和秋大豆 2 份(绿黄豆、九月黄)。

参考文献

[1] Shrift A. Metabolism of seleniam by plants and microorganims[A]. *In*: Klayman DL *et al*. (eds.). Organic selenium compounds: Their Chemistry and Bioiogy[M]. Wiley, NY, 1973.763～813.

[2] 万洪富.生态环境中的硒及植物对它的吸收和转化[J].土壤学进展,1988,(6):1～9.

[3] 苏琪,等.中国饲料,牧草中含硒量分布图[M].北京:中国农业出版社,1985.12.

[4] 薛泰麟,等.硒在高等植物体内的抗氧化作用. 1.硒对过氧化作用的抑制效应及酶促机制的探讨[J].科学通报,1993,38(3):274～358.

[5] Paui F B, Parker D R and Page A L. 集硒与非集硒植物中硒、硫元素间相互作用的研究[J]. 土壤学进展,1995,23(2):29～32.

[6] 徐辉碧,等.硒的化学、生物化学及其在生命科学中的应用[M].武汉:华中理工大学出版社,1994.12.

[7] 王美珠.微量元素硒与食物链的研究概述(农业科技译丛 一、二)[J].浙江农业科技, 1992,(4):33～36;1993,(1):10～15.
[8] 陈铭.土壤—植物—动物—人体食物链中的硒行为与其它生命元素和有机物之间的相互作用关系和健康效应[A].刘培棣.硒资源及其综合开发利用[M].北京:中国科学技术出版社,1993.125～143.
[9] 罗盛国,等.施用硒、硫肥提高大豆品质的研究[J].东北农学院学报, 1992, 23(2):12～16; 1993, 24(2):117～121.
[10] 李志玉、郭庆元,等.大豆施硒效应和硒素积累特性研究[J].中国油料, 1994,16(1):41～44.
[11] 郭庆元、李志玉,等.大豆积硒基因型差异[J].中国油料,1997,19(4):69.

Genotypical differences and characteristics of Se accumulation in soybean

LI Zhi-yu[1], GUO Qing-yuan[1], XU Qiao-zhen[1], SHEN Jin-xiong[1], SHUN Su-yun[1], CHEN Ze-xian[2]
(1. *Oil Crops Research Institute, CAAS, Wuhan* 430062;2. *Chem. Dept., Huazhong Univ. of Sci. and Tech., Wuhan* 430074)

Abstract: Field experiment and solution culture were conducted to study the characteristic of selenium accumulation in different type soybean. The results showed that the selenium content and amount of accumulation in plant and grain increased significantly by spraying 0.025% (Na_2SeO_3) on leaves in three types of soybean, the increase range was summer soybean > autumn soybean > spring soybean in plant and autumn soybean > summer soybean > spring soybean in grain under low Se condition. The differences of Se accumulation in spring soybean varieties were also significantly under high Se condition. Solution culture with different Se concentration, the amount of Se accumulation in plant was various at different growth stage of soybean and the order was mature period > flowing period > seedling period. Application of Se with 1.0mg/L the amount of Se accumulation in spring soybean per plant was highest. 10 varieties with high Se accumulation were selected.

Key words: soybean types; accumulation of Se; difference of genotype