缺素培养对大豆养分含量的影响

王秀荣[†], 曾秀成[†], 王文明, 罗敏娜, 廖 红 (华南农业大学资源环境学院 根系生物学研究中心,广东广州 510642)

摘要:通过营养液栽培试验,探究了巴西 10 号和本地 2 号 2 个大豆基因型在氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁等必需营养元素缺乏条件下植株体内养分含量的变化. 结果表明,与全素(CK)相比,缺氮、缺钾和缺镁处理能增加大豆植株磷含量;缺镁和缺钙处理增加了植株的钾含量;而缺磷处理降低了植株钾含量;缺钾处理增加了大豆植株的钙含量,但降低了植株镁含量;缺氮和缺镁处理均能显著增加大豆植株铁含量. 2 个大豆基因型体内氮、磷和镁含量对不同处理的反应存在显著基因型差异.

关键词:大豆; 缺素培养; 养分含量

中图分类号:S565.101

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2011)04-0031-04

Effects of Different Element Deficiencies on Soybean Nutrient Concentration

WANG Xiu-rong[†], ZENG Xiu-cheng[†], WANG Wen-ming, LUO Min-na, LIAO Hong (Root Biology Center, College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: A hydroponic culture with soybean genotypes, BX10 and BD2, was carried out to study the change of plant nutrient concentration under Nitrogen(N), Phosphorous(P), Potassium(K), Calcium (Ca), Magnesium(Mg), Sulfur(S) and Iron(Fe) deficient treatments. The results showed that compared to the control, N, K and Mg deficiencies increased P concentration; Mg and Ca deficiencies increased K concentration; P deficiency decreased K concentration; K deficiency increased Ca concentration and decreased Mg concentration; N and Mg deficiencies increased Fe concentration in soybean. The responses of two soybean genotypes in N, P and Mg concentrations to the element deficiencies had significant genotypic variation.

Key words: soybean; element deficiency; nutrient concentration

大豆 Glycine max (L.) Merr 是重要的粮食和油料作物之一,富含蛋白质、脂肪、碳水化合物和各种维生素,其中,蛋白质含量在几种主要粮食作物中是最高的,是人类食物结构中主要的蛋白质来源,同时,大豆也是优质的蛋白饲料、工农业加工原料和生物能源植物,在我国农业生产中具有非常重要的地位[13]. 植物必需营养元素是植物生长发育所必需的营养元素,它们对高等植物的生长发育是不可缺少的,植物体内缺乏了必需营养元素就会表现出一些特有的缺素症状,体内各种养分含量也会发生一定

的变化. 迄今为止,已有一些学者对植物缺素症状及相应的植株体内养分含量变化做了一些研究^[4-7]. 而大豆在这方面还缺乏系统的研究. 曾秀成等^[3] 的研究表明,氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁等必需营养元素缺乏对大豆营养生长和根系形态影响显著. 本研究通过营养液栽培试验,探讨巴西 10 号和本地 2 号 2 个大豆基因型在各种必需营养元素缺乏条件下体内的养分含量变化情况,同时分析了 2 个大豆基因型对不同缺素处理的反应,旨在为大豆养分综合管理和高效利用提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 材料

供试大豆为巴西 10 号和本地 2 号 2 个基因型.

1.2 方法与测定项目

试验共分8个处理,包括全素(对照,CK)、缺氮 (-N)、缺磷(-P)、缺钾(-K)、缺钙(-Ca)、缺镁 (-Mg)、缺硫(-S)、缺铁(-Fe). 营养液按1/2 Hoagland 完全营养液(全素)或缺素营养液配方配制. 1/2 Hoagland 营养液组成为 [c/(μmol · L⁻¹)]: $KNO_3 2.5 \times 10^3$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O 1 \times 10^3$, $Ca(NO_3)_2 \cdot$ $4H_2O 2.5 \times 10^3$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O 0.38$, $K_2SO_4 0.25 \times$ 10^3 , CuSO₄ · 5H₂O 0. 57, Fe-EDTA (Na) 82, H₃BO₃ 23. 13, $MnCl_2 \cdot 4H_2O \cdot 4.57$, $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ 0.09. 缺素营养液是在 1/2 Hoagland 营养液的基础 上,不加所做处理元素的试剂配成,而该试剂中的大 量或中量其他营养成分通过增加或提高其他试剂用 量来补充. 以缺氮(-N)处理为例,缺氮处理营养液 不加 1/2 Hoagland 营养液中的 KNO, 和 Ca(NO₃), 在这2种试剂中的钾(K)和钙(Ca)则通过 K₂SO₄和 CaCl, 补充. 同时,因为 $K_{o}SO_{a}$ 中含有硫(S)元素,所 以也减少了缺氮处理营养液中养分硫的用量,以维 持养分的均衡. 营养液每周更换 1 次, 每次更换营养 液后将营养液 pH 调至 5.5~6.5 之间. 每个处理 3 组重复.

试验在广州华南农业大学科技楼顶楼温室大棚进行,光照良好,试验期间平均温度约为 22 ℃,最高气温 30 ℃,最低气温 8 ℃.大豆种子先砂培育苗,待子叶展开后选取长势均一的幼苗进行营养液培养,待所有缺素处理都出现缺素症状后统一收获^[3].

收获后将植株地上部与根部剪开,根部用蒸馏水清洗干净,杀青烘干,测定地上部和根部养分含量. 氮含量用自动定氮仪测定,磷含量用钼锑抗比色法测定,钾含量用火焰光度计测定,钙、镁、铁含量用原子吸收法测定.

1.3 数据分析

所有数据均用 Microsoft Excel 2000 进行平均数和标准差计算,并且利用 SAS 统计软件进行双因素方差分析.

2 结果与分析

2.1 不同缺素处理对大豆植株氮含量的影响

不同缺素处理对巴西 10 号和本地 2 号的植株 氮含量影响不同. 从地上部来看,不同处理之间氮含量有极显著差异($F_{\text{处理}}$ = 12. 16^{***}), 2 个大豆基因型

对不同处理的反应存在显著基因型差异($F_{\pm \text{Bd}}$) = 4.41*),缺氮、缺镁和缺铁显著影响巴西 10号的地上部氮含量,与全素(CK)相比依次下降 60.2%、37.4%、25.9%;而本地 2号植株体内养分含量受缺素处理的影响更广,缺氮、缺磷、缺钙、缺镁和缺铁均显著影响本地 2号的地上部氮含量,与CK相比依次下降 49.3%、21.5%、12.5%、23.0% 和 13.8%(表1).根部氮含量表现类似,不同处理之间氮含量有极显著差异($F_{\text{处理}}$ =13.57***),2个基因型对不同处理的反应有显著基因型差异($F_{\pm \text{Bd}}$ =6.18*),巴西 10号根部氮含量在缺氮、缺镁和缺铁处理时均显著降低,而本地 2号根部氮含量在缺氮和缺铁处理时也显著降低(表1).

表 1 不同缺素处理对大豆植株氮含量的影响1)

Tab. 1 Effects of different element deficiencies on N concentration of sovbean w(N)/%

处理	巴西 10 号		本地2号	
	地上部	根部	地上部	根部
CK	0.962 ± 0.006 a	0.836 ± 0.041 ab	0.976 ± 0.050 ab	0.988 ± 0.037 a
- N	$0.383 \pm 0.024 \ \mathrm{d}$	$0.338 \pm 0.008 \ \mathrm{d}$	$0.495 \pm 0.064~{\rm d}$	$0.457 \pm 0.094 \text{ b}$
– P	0.867 ± 0.095 ab	0.740 ± 0.020 abc	$0.766 \pm 0.016~\mathrm{c}$	$0.890 \pm 0.038~\mathrm{a}$
– K	0.950 ± 0.024 a	$0.733\pm0.045~\mathrm{abc}$	1.054 ± 0.041 a	$0.857 \pm 0.025~\mathrm{a}$
– Ca	0.777 ± 0.029 abc	$0.836 \pm 0.122 \text{ ab}$	$0.854 \pm 0.039 \ \mathrm{bc}$	$0.864 \pm 0.043~\mathrm{a}$
– Mg	$0.602 \pm 0.104 \mathrm{cd}$	$0.658 \pm 0.047 \ \mathrm{bc}$	$0.752 \pm 0.041~{\rm c}$	$0.898 \pm 0.157~\mathrm{a}$
- S	$0.759 \pm 0.047~{\rm abc}$	0.946 ± 0.041 a	$0.871\pm0.055~\mathrm{abc}$	$0.921 \pm 0.080~\mathrm{a}$
- Fe	$0.713 \pm 0.158 \; \mathrm{bc}$	$0.553 \pm 0.146 \mathrm{cd}$	$0.841 \pm 0.130 \ \mathrm{bc}$	$0.492 \pm 0.019 \; \mathrm{b}$

1) 表中数据为 3 个重复的平均值 \pm 标准误,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著 (P > 0.05, Duncan's 法).

2.2 不同缺素处理对大豆植株磷含量的影响

不同缺素处理对巴西 10 号和本地 2 号的植株 磷含量影响有明显不同. 从地上部来看,不同处理之 间磷含量有极显著差异(F_{处理} = 100.25 ***),2 个基 因型对不同处理的反应也存在极显著基因型差异 $(F_{**BDD} = 45.76^{***})$,并且基因型与处理之间有极显 著的交互作用($F_{\infty\pi}$ = 12.95 ***),缺氮、缺钾和缺镁 处理显著增加了巴西 10 号地上部磷含量,与对照相 比分别增加了 226. 2%、135. 5% 和 37. 2%, 缺磷处理 则下降了80.8%;而本地2号缺氮和缺钾处理植株 磷含量所受影响较小,分别比对照增加了65.4%、 34.8%,而缺磷、缺镁、缺硫和缺铁处理均降低了本 地 2 号地上部磷含量,分别较对照下降了 85.5%、 55.8%、28.8%和34.7%(表2).从2个基因型各处 理的根部磷含量来看,不同处理之间有极显著差异 $(F_{\text{\tiny DPB}} = 101.51^{***})$,2 个基因型对不同处理的反应 有极显著基因型差异(F_{基因型} = 7.63 **),并且基因型

与处理之间有极显著的交互作用($F_{\text{交互}} = 11.73^{***}$), 巴西 10 号和本地 2 号缺氮、缺钾、缺镁和缺硫时磷含量均有所增加(表 2).

表 2 不同缺素处理对大豆植株磷含量的影响1)

Tab. 2 Effects of different element deficiencies on P concentration of soybean $w(P)/(mg \cdot g^{-1})$

处理	巴西 10 号		本地2号	
	地上部	根部	地上部	根部
CK	$4.798 \pm 0.104 \mathrm{de}$	$9.719 \pm 0.430 \ \mathrm{d}$	$5.682 \pm 0.311 \text{ c}$	$10.850 \pm 0.690 \mathrm{cd}$
- N	15.650 ± 1.279 a	34.060 ± 0.340 a	9.396 ± 1.108 a	20.190 ± 2.323 a
- P	$0.920 \pm 0.130 \text{ f}$	$0.858 \pm 0.113 \text{ f}$	$0.822 \pm 0.022 \text{ f}$	$1.059 \pm 0.026 \ \mathrm{e}$
- K	$11.300\pm0.610~{\rm b}$	19.300 \pm 3.180 b	$7.661 \pm 0.485 \text{ b}$	18.410 ± 0.222 a
- Ca	$5.865 \pm 0.228 \ \mathrm{cd}$	$7.469 \pm 0.013~{\rm d}$	$4.830 \pm 0.430 \mathrm{cd}$	$10.100\pm0.567~{\rm cd}$
– Mg	$6.582 \pm 0.051~{\rm c}$	$18.560\pm0.358~\mathrm{b}$	$2.514\pm0.183~{\rm e}$	$14.250 \pm 3.032 \text{ b}$
- S	$4.161\pm0.199~{\rm e}$	$13.220\pm0.440~{\rm c}$	$4.048 \pm 0.357~{\rm d}$	$12.260\pm0.841~{\rm bc}$
- Fe	$4.226\pm0.276~{\rm e}$	4.421 ± 1.537 e	$3.713 \pm 0.230 \ {\rm de}$	$7.906 \pm 1.539 \; \mathrm{d}$

1) 表中数据为 3 个重复的平均值 \pm 标准误,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著 (P>0.05, Duncan's 法).

2.3 不同缺素处理对大豆植株钾含量的影响

不同缺素处理对巴西 10 号和本地 2 号的植株 钾含量也有较大影响. 地上部来看,不同处理之间有极显著差异($F_{\text{处理}}$ =99. 65 ***),而 2 个基因型对不同处理的反应差异不显著($F_{\text{基因型}}$ =2. 68). 缺钙显著增加了巴西 10 号钾含量,比对照增加了 33. 9%,而缺氮、缺磷、缺钾和缺硫处理则降低了钾含量,比对照依次下降了 17. 0%、49. 1%、81. 1% 和 43. 4%;缺钙同样增加了本地 2 号地上部的钾含量,比对照增加了 55. 3%,而缺磷和缺钾处理则降低了钾含量,比对照降低了 48. 9% 和 89. 4%(表 3). 在根部钾含量方面,不同处理之间有极显著差异($F_{\text{处理}}$ =31. 08 ***),2个基因型对不同处理的反应差异不显著($F_{\text{基因型}}$ =0. 33),巴西10号缺氮、缺钙和缺镁时钾含量增加明

表 3 不同缺素处理对大豆植株钾含量的影响1)

Tab. 3 Effects of different element deficiencies on K concentration of soybean $w(K)/(mg \cdot g^{-1})$

处理	巴西 10 号		本地2号	
	地上部	根部	地上部	根部
CK	32.820 ±2.233 b	32.820 ± 1.638 c	$29.100\pm0.619~{\rm bc}$	36.530 ± 3.489 ab
– N	$27.240 \pm 2.699 \mathrm{\ c}$	45. 200 ± 1. 238 ab	$27.240 \pm 2.477~{\rm bc}$	$40.720\pm3.791~{\rm ab}$
- P	$16.720\pm1.072~{\rm d}$	$29.720 \pm 1.072 \text{ cd}$	$14.860 \pm 0.000~{\rm d}$	$34.670\pm0.619~{\rm ab}$
- K	6. 192 ± 0.619 e	$4.036 \pm 0.321~{\rm e}$	$3.096 \pm 0.619~{\rm e}$	$3.715 \pm 0.000 \ \mathrm{d}$
– Ca	43.960 ± 0.619 a	$43.610\pm 4.497~\mathrm{b}$	45.200 ± 0.619 a	42.630 ± 6.331 a
– Mg	$33.440 \pm 1.517 \text{ b}$	52.920 ± 5.360 a	$32.200 \pm 1.238 \text{ b}$	44.520 ± 7.814 a
- S	$18.580 \pm 1.072~{\rm d}$	28.480 ± 0.619 cd	$24.150\pm0.000~{\rm c}$	$28.480\pm2.233~{\rm bc}$
- Fe	$33.440 \pm 3.033 \text{ b}$	23.460 ± 4.975 d	$25.390 \pm 4.060~{\rm c}$	$20.670\pm2.867~{\rm c}$

1) 表中数据为 3 个重复的平均值 \pm 标准误,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著 (P > 0.05, Duncan's 法).

显,缺钾和缺铁处理钾含量则比对照显著下降;本地2号在缺钾和缺铁处理根部钾含量也显著降低,其他各缺素处理时钾含量均没有显著变化(表3).

2.4 不同缺素处理对大豆植株钙含量的影响

不同缺素处理对 2 个大豆基因型的植株钙含量影响如表 4 所示. 地上部钙含量方面,不同处理之间有极显著差异($F_{\text{处理}}$ = 54. 66 ****),2 个基因型对不同处理的反应差异不显著($F_{\text{基因型}}$ = 1. 91),缺钾、缺钙和缺铁处理对巴西 10 号钙含量影响显著,缺钾处理比对照增加了 31. 5%,缺钙和缺铁处理则比对照下降了 93. 5% 和 23. 9%;而本地 2 号缺钾和缺硫处理钙含量比对照增加了 38. 4% 和 21. 1%,缺钙、缺镁和缺铁处理钙含量与对照相比显著降低,依次比对照下降了 90. 2%、30. 3% 和 31. 7%(表 4). 在根部钙含量方面,不同处理之间有极显著差异($F_{\text{处理}}$ = 6. 47 ****),2 个基因型对不同处理的反应有显著基因型差异($F_{\text{基因型}}$ = 8. 90 *),巴西 10 号在缺镁和缺铁处理时钙含量比对照有所增加;而本地 2 号在缺钙处理时钙含量有显著减少,比对照下降了 75. 9%.

表 4 不同缺素处理对大豆植株钙含量的影响1)

Tab. 4 Effects of different element deficiencies on Ca concentration of soybean $w(\text{Ca})/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$

处理	巴西		本地	
	地上部	根部	地上部	根部
CK	$5.162 \pm 0.083 \ \mathrm{bc}$	$1.846 \pm 0.088 \ \mathrm{bc}$	5.563 ± 0.072 c	1.604 ± 0.055 ab
- N	$4.813 \pm 0.267 \ \mathrm{bcd}$	$1.628 \pm 0.043~{\rm c}$	$6.169 \pm 0.354 \ \mathrm{bc}$	$1.094 \pm 0.085 \ \mathrm{bc}$
- P	4.696 ± 0.198 cd	$1.574 \pm 0.183~{\rm c}$	$5.022 \pm 0.107~{\rm cd}$	$1.203 \pm 0.056 \ \mathrm{bc}$
- K	6. 788 \pm 0. 246 a	$1.663 \pm 0.096~{\rm c}$	7. 700 \pm 0. 276 a	$1.437 \pm 0.041~{\rm b}$
– Ca	$0.334 \pm 0.117~{\rm e}$	$1.345 \pm 0.186~{\rm c}$	$0.543 \pm 0.023 \text{ f}$	$0.387 \pm 0.086~{\rm c}$
– Mg	5. 944 ± 0. 921 ab	2.419 ± 0.244 ab	$3.877 \pm 0.174 \ \mathrm{de}$	2.347 ± 0.811 a
- S	$5.611 \pm 0.157 \ \mathrm{bc}$	$1.335 \pm 0.119~{\rm c}$	6.737 $\pm 0.773~{\rm ab}$	$1.483 \pm 0.095 \text{ ab}$
– Fe	$3.926 \pm 0.361 \; \mathrm{d}$	2.700 ± 0.559 a	3.800 ± 0.591 e	1.711 ± 0.144 ab

1) 表中数据为 3 个重复的平均值 \pm 标准误,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著 (P > 0.05, Duncan's 法).

2.5 不同缺素处理对大豆植株镁含量的影响

不同缺素处理对巴西 10 号和本地 2 号的植株镁含量也产生了显著影响. 地上部镁含量方面,不同处理之间有极显著差异($F_{\text{处理}}=28.72^{\text{***}}$),2 个基因型对不同处理的反应存在极显著基因型差异($F_{\text{基因型}}=33.67^{\text{***}}$),缺磷、缺钾、缺镁、缺硫和缺铁处理显著影响巴西 10 号地上部镁含量,与对照相比依次下降 32.6%、58.0%、66.3%、29.0%和 28.1%;而本地 2 号只在缺钾和缺镁处理时镁含量显著下降,分别比对照下降了 46.5%和 68.6%(表 5). 根部镁含量来看,不同处理之间有极显著差异($F_{\text{处理}}=7.04^{\text{***}}$),2 个基因型对不同处理的反应也存在极显著基因型差

异($F_{\pm BD}$ = 22. 20 ***),巴西 10 号缺钙处理时镁含量比对照增加了 57. 5%,缺镁处理则比对照下降了76. 2%;而本地 2 号仅在缺镁处理时镁含量有显著减少,比对照下降了55. 4%(表5).

表 5 不同缺素处理对大豆植株镁含量的影响1)

Tab. 5 Effects of different element deficiencies on Mg concentration of soybean $w(\text{Mg})/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$

		•	(0)	(0 0 /
处理	巴西 10 号		本地2号	
	地上部	根部	地上部	根部
CK	4. 345 ± 0. 300 a	1.915 ± 0.491 b	4.686 ± 0.490 abc	1.449 ± 0.066 abc
- N	3.685 ± 0.375 ab	2.307 ± 0.268 ab	$5.211 \pm 0.390 \text{ ab}$	$1.641 \pm 0.160 \text{ ab}$
- P	2.929 ± 0.268 c	$1.899 \pm 0.378 \text{ b}$	$3.926 \pm 0.397~{\rm c}$	$0.872 \pm 0.000 \text{ cd}$
- K	$1.826 \pm 0.144~{\rm d}$	$1.778 \pm 0.153 \text{ b}$	$2.505 \pm 0.086 \ \mathrm{d}$	1.970 ± 0.585 a
– Ca	4.173 ± 0.062 a	3.016 ± 0.494 a	5.305 ± 0.140 a	$1.806 \pm 0.435 \text{ ab}$
– Mg	$1.466 \pm 0.087~{\rm d}$	$0.456 \pm 0.000~{\rm c}$	$1.473 \pm 0.126 \ \mathrm{d}$	$0.646 \pm 0.155 \ \mathrm{d}$
- S	$3.083 \pm 0.394 \ \mathrm{bc}$	$1.942 \pm 0.423 \text{ b}$	$4.406 \pm 0.635~{\rm abc}$	$1.321 \pm 0.014 \ \mathrm{bc}$
- Fe	$3.126\pm0.136~{\rm bc}$	$2.648 \pm 0.301 \text{ ab}$	$4.241 \pm 0.038 \ \mathrm{bc}$	$0.856 \pm 0.172 \ {\rm cd}$

¹⁾ 表中数据为 3 个重复的平均值 \pm 标准误,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著 (P > 0.05, Duncan's 法).

2.6 不同缺素处理对大豆植株铁含量的影响

不同缺素处理对 2 个基因型的植株铁含量影响较其他养分含量小. 从地上部铁含量来看,不同处理之间有显著差异($F_{\text{处理}}$ =3. 30°),2 个基因型对不同处理的反应存在显著基因型差异($F_{\text{基因型}}$ =5. 18°),巴西10 号缺磷和缺钙处理植株铁含量受影响显著,比对照下降了59. 5%和56. 3%;本地2 号与对照相比,各处理地上部铁含量差异均不显著(表6). 在根部铁含量方面,不同处理之间有极显著差异($F_{\text{处理}}$ =16. 63 ***),而 2 个基因型对不同处理的反应差异不显著($F_{\text{基因型}}$ =0. 01),巴西10 号缺氮、缺钙和缺镁处理根部铁含量明显增加;本地 2 号缺氮和缺镁处理根部铁含量也明显增加(表6).

表 6 不同缺素处理对大豆植株铁含量的影响1)

Tab. 6 Effects of different element deficiencies on Fe concentration of soybean $w(\text{Fe})/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$

处理	巴西 10 号		本地2号	
	地上部	根部	地上部	根部
CK	0.961 ± 0.101 ab	6.092 ± 0.567 cd	1.036 ± 0.195 abcd	11.779 ±0.212 cd
- N	1.324 ± 0.142 a	23.720 ± 1.940 a	1.498 ± 0.071 a	20.827 ±4.104 a
- P	$0.389 \pm 0.211 \ {\rm cd}$	$11.548 \pm 2.589 \text{ bc}$	$0.653 \pm 0.039 \ \mathrm{d}$	13.494 ± 1.263 bcd
- K	$0.565 \pm 0.152 \ \mathrm{bc}$	$12.949 \pm 1.853~{\rm bc}$	$1.197\pm0.132~\mathrm{abc}$	15.471 ± 0.378 abc
– Ca	$0.420 \pm 0.096 \ \mathrm{c}$	23.823 ± 6.318 a	$0.947 \pm 0.113 \mathrm{bcd}$	$15.262 \pm 0.618 \ \mathrm{abc}$
– Mg	$0.613 \pm 0.052~{\rm bc}$	$18.552 \pm 0.624~\mathrm{ab}$	$1.002 \pm 0.167 \text{ ab}$	$18.299 \pm 1.792~{\rm ab}$
- S	$0.948 \pm 0.613 \text{ ab}$	$7.676 \pm 1.343 \mathrm{cd}$	$0.791 \pm 0.048 \mathrm{cd}$	$9.189 \pm 2.520 \ \mathrm{d}$
- Fe	$0.783 \pm 0.195 \ \mathrm{bc}$	$2.666 \pm 0.535 \ \mathrm{d}$	$0.736 \pm 0.243 \ {\rm cd}$	$2.045 \pm 0.343 \ \mathrm{e}$

¹⁾ 表中数据为 3 个重复的平均值 \pm 标准误,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著 (P > 0.05, Duncan's 法).

3 讨论

3.1 缺素处理对大豆植株养分含量的影响

大量研究表明,植物在不同缺素条件下体内各 种营养元素含量的变化存在较大差异. 王敏艳等[4] 对菊科花卉缺素症植株养分含量变化的研究发现, 与全素(CK)相比,3种花卉缺氮、缺钾处理均增加植 株的磷含量,但缺磷处理降低植株钾含量,金盏菊缺 镁处理的钾含量增加,金盏菊和万寿菊缺钾处理植 株氮含量增加. 本研究对大豆植株养分含量的分析 也发现了相似的变化规律,如与全素(CK)相比,缺 氮和缺钾处理能增加植株磷含量:而缺磷处理降低 了植株钾含量,缺镁处理增加了钾含量,这可能是由 于缺素条件下植株体内的离子平衡被打乱所造成 的. 本研究发现, 缺镁处理也能增加植株磷含量. 隋 方功等[5]也发现,缺氮和缺钾培养的夏谷幼苗叶片 中均有磷的积累,缺磷培养显著降低夏谷幼苗对镁 的吸收,但缺镁培养的叶片磷素含量并没有减少.武 际等[6]在研究氮钾配施对弱筋小麦氮、钾养分吸收 利用时发现氮、钾养分吸收表现出一定的正交互作 用,而从本研究结果来看,缺钾处理的氮含量并没有 明显增加,并且缺镁和缺铁处理均显著降低了大豆 植株氮含量. 王敏艳等[4]的研究还表明缺钾处理增 加了花卉植株钙含量,缺钙处理增加其钾含量和镁 含量;而隋方功等[4]的研究发现缺钾培养的夏谷幼 苗叶片中出现镁的积累现象,然而缺镁培养并没有 降低幼苗叶片中钾的含量,而从大豆的研究结果来 看,缺钙处理也增加了大豆植株的钾含量,缺钾处理 增加了大豆植株的钙含量,但降低了镁含量,说明大 豆钙和钾的吸收存在颉抗作用. 此外,本研究还对各 缺素处理对植株体内铁含量的影响进行了研究,发 现缺氮和缺镁均能显著增加大豆植株铁含量,说明 氮和镁都会抑制铁的吸收, 当缺氮或缺镁时, 大豆铁 的吸收量增加. 由此可见,不同植物种类之间缺素处 理的养分变化规律会有一些共性,但也会存在较多 不同之处,其中具体的机理有必要针对不同植物种 类的养分变化规律进行细致深入的研究.

3.2 大豆对不同缺素处理反应的基因型差异

已有的研究表明,巴西 10 号和本地 2 号是磷效率不同的 2 个大豆基因型,巴西 10 号磷效率较高,而本地 2 号磷效率较低^[1,8],本试验也发现,巴西 10 号和本地 2 号磷含量的基因型差异极显著,在不同的缺素处理下,巴西 10 号植株体内磷含量都较本地 2号高,有较高的磷效率. 2个大豆基因型体内氮和

(下转第46页)

说明其聚集是由害虫自身原因所致, 天敌的 λ 均小 于2.说明天敌的聚集是环境中某一因子(包括害 虫)引起的. 害虫天敌优势种的评价是一项比较复杂 而重要的工作,直接与合理保护和利用自然天敌有 关[14],有分别用灰色系统分析方法、空间格局分析方 法和生态位分析等方法评价天敌[15-18]的研究报道, 但实际评价工作比较复杂,涉及到天敌的数量和虫 态,即对害虫控制作用,特别是对目标害虫的日捕食 量及在多种害虫共存时对目标害虫的喜嗜性大小, 天敌的繁殖率等;其次是天敌与害虫发生时间的同 步性;再者是天敌与害虫发生在作物上及部位上的 同域性,亦即天敌对害虫场所的搜索和跟随作用.本 文是从数量、发生时间、空间格局3个方面进行探索 研究,用综合排序的方法确定茶黄蓟马的主要天敌, 结果可能与实际情况有一定差距,但在目前情况下 仍不失为一种较好的评价方法.

参考文献:

- [1] 周成刚,李建,乔鲁芹,等. 茶黄蓟马在银杏上的发生与 危害[J]. 山东林业科技,1994(4):33-34.
- [2] 张衍炽. 茶黄蓟马的发生与防治[J]. 茶叶科学技术, 2008(1):49-50.
- [3] 林雄毅. 茶黄蓟马的发生特点与防治方法[J]. 中国植保导刊,2007,27(1):28-29.
- [4] 刘红梅. 烟草浸提液防治茶树害虫初报[J]. 贵州茶叶, 2003(3):9-10.
- [5] 陈宗懋. 在幼龄茶园中铺近紫外辐射反射膜防治茶黄蓟马的危害[J]. 中国茶叶,2002,24(2):24.
- [6] 陈宗懋. 某些阿萨姆茶树害虫形态学适应性的超微结

- 构[J]. 中国茶叶,2003(3):37-38.
- [7] 张汉鹄,谭济才.中国茶树害虫及其无公害治理[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,2004;284-285.
- [8] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中科技大学 出版社,1990;33-84.
- [9] 邹运鼎,王弘法.农林昆虫生态学[M].合肥:安徽科学技术出版社,1989;311-327.
- [10] 张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京:科学技术出版社,1995.
- [11] DAVID F N, MOORE P G. Notes on contagious distributions in plant populations [J]. Ann Bot, 1954, 18;47-53.
- [12] ARBOUS A G, KERRICH J E. Accident statistics and the concept of accident-proneness [J]. Biometrics, 1951, 7: 340-432.
- [13] BLACKITH R E. Nearest-neighbour distance measurements for the estimation of animal populations [J]. Ecology, 1958,39,147-150.
- [14] 邹运鼎. 害虫管理中的天敌评价理论与应用[M]. 北京:中国林业出版社,1997:27-90.
- [15] 秦玉川,蔡宁华. 山楂叶螨、苹果全爪螨及其捕食性天 敌生态位的研究—时间与空间生态位[J]. 生态学报, 1991,11(4):331-337.
- [16] 毕守东,邹运鼎,陈高潮,等. 影响棉蚜种群数量的优势种天敌的灰色系统分析[J]. 应用生态学报,2000,11(3):417-422.
- [17] 邹运鼎,李磊,毕守东,等. 石榴园棉蚜及其天敌之间的 关系[J]. 应用生态学报,2004,15(12);2325-2329.
- [18] 邹运鼎,李昌根,周夏芝,等. 葡萄园叶甲和捕食性天敌草间小黑蛛的空间格局及其联系[J]. 植物保护学报,2007,34(3):241-246.

【责任编辑 李晓卉】

(上接第34页)

镁含量对不同处理的反应也存在显著基因型差异, 而钾含量的基因型差异则不明显. 本地 2 号在不同 处理下的氮含量都较高,表明本地 2 号是氮效率较 高的基因型.

参考文献:

- [1] 赵静, 付家兵, 廖红, 等. 大豆磷效率应用核心种质的根构型性状评价[J]. 科学通报, 2004, 49(1): 1249-
- [2] 陈娜, 王秀荣, 严小龙, 等. 缺磷和铝毒对酸性土壤上大豆生长的交互作用[J]. 应用生态学报, 2010, 21 (5):1301-1307.
- [3] 曾秀成, 王文明, 罗敏娜, 等. 缺素培养对大豆营养生长和根系形态的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16 (4); 1032-1036.
- [4] 王敏艳, 吴良欢, 俞信英, 等. 菊科花卉常见缺素症及

- 植株养分含量变化探讨[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(5): 1001-1007.
- [5] 隋方功,于长春,刘培利. 缺素培养对夏谷幼苗吸收 磷钾钙镁的影响[J]. 莱阳农学院学报,1992,9(3): 205-210.
- [6] 武际,郭熙盛,王允青,等。氮钾配施对弱筋小麦氮、钾养分吸收利用及产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(6):1054-1061.
- [7] 司东霞,胡树文,陈清,等. 控释肥料不同用量对黄瓜 幼苗生长及养分吸收的影响[J]. 园艺学报,2009,36 (1):53-58.
- [8] LIAO Hong, WAN Hui-yan, SHAFF J, et al. Phosphorus and aluminum interactions in soybean in relation to aluminum tolerance: Exudation of specific organic acids from different regions of the intact root system[J]. Plant Physiol, 2006, 72: 19-23.

【责任编辑 周志红】