

喷施稀土对辣椒体内稀土元素含量和分布的影响

汪建飞

(安徽农业技术师范学院 凤阳 233100)

摘 要 利用 ICP-MS 测定了辣椒不同部位 15 种单一稀土元素的含量。结果表明, 喷施稀土的辣椒植株, 各部分稀土含量的高低顺序为叶>根>茎>果, 而对照的顺序为根>叶>茎>果; 随着喷施稀土浓度的增大, 辣椒各部位稀土含量有上升的趋势, 当喷施浓度为 600mg/L, 各部位稀土含量达最大值。

关键词 辣椒; 稀土元素; 含量; 分布; ICP-MS

自 70 年代以来, 稀土在我国已广泛应用于农业^[1], 因此, 测定植物体各部位的稀土含量并研究稀土的分布特征, 对于探讨稀土元素对农作物增产作用的机理, 在土壤-植物体系中的迁移、转化、循环和归宿, 以及生物作用和环境效应都具有意义^[2]。邝炎华等^[3]应用放射性同位素铈进行示踪, 研究了¹⁴¹Ce 在水稻上的吸收运转和积累规律; 朱永懿等^[4]用示踪原子法研究了盆栽小麦对¹⁴⁰La、¹⁴¹Ce、¹⁴⁷Nd 和⁹⁰Y 等元素的吸收和积累规律, 李凡庆等^[5]用 ICP-AES 法测定了自然条件下生长的铁芒萁各部位 12 种单一稀土的含量及稀土总量; 刘普灵等^[6]用中子活化分析, 测定了黄豆不同生长期不同部位与单一稀土元素的含量。以往的试验, 由于受试验条件或仪器性能的影响, 多半是在实验室利用盆栽的方法, 通过同位素来研究一种或几种稀土元素在植物体内的含量分布, 这与实际情况有一定差异。本研究通过田间试验, 利用先进的 ICP-MS 分析仪, 测定了叶面喷施稀土后, 辣椒各个不同部位中 15 种单一稀土元素的分布状况, 探讨了不同的喷施浓度对植株中稀土元素含量和分布的影响, 从而为科学地解释稀土农用的机理及环境效应提供可靠的依据。

1 材料与方法

1.1 供试稀土

河南商丘冶炼厂生产的农用稀土“常乐——益植素”, 主要成分是稀土氯化物。ICP-AES 法测定了其中有效成分含量, 结果见表 1。

1.2 供试土壤

试验安排在安徽农师院实验农场。土壤为下蜀黄土发育而成的黄褐土, 肥力中等(表 2), 可溶态稀土含量为 4.67 μ g/g, 各种单一稀土元素总含量如表 3 所示^[7]。

表 1 “常乐”稀土中稀土元素的含量 (单位: %)

La ₂ O ₃	CeO ₂	Pr ₆ O ₁₁	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Eu ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	总稀土氧化物
19.78	4.66	1.86	5.40	0.34	0.07	0.08	32.19

表 2 供试土壤的基本性状

采样浓度	有机质	全氮	碱解氮	速效磷	速效钾	pH
cm	g/kg	g/kg	μ g/g	μ g/g	μ g/g	
0~20	16.95	1.03	120	37	190	7.5

表 3 供试土壤单一稀土含量和总含量 (单位: $\mu\text{g/g}$)

La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	ΣRE
40.1	85.1	8.5	35.1	6.7	1.26	5.7	0.82	
Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Sc	
5.29	1.02	3.40	0.54	2.96	0.49	27.3	12.3	236.38

1.3 试验处理

试验设 5 个处理, 3 个重复, 小区面积为 $2\text{m}^2 (1\text{m} \times 2\text{m})$, 随机排列。各处理稀土浓度 (以“常乐一益植素”商品量计算) 分别 0(ck)、200、400、600、800 mg/L, 喷施前将溶液 pH 准确调至 5.5。供试辣椒品种为南京早丰, 1995 年 12 月 1 日播种, 1996 年 4 月 10 日移栽, 每小区定植长相长势基本一致的辣椒苗 12 棵; 同年 5 月 12 日、6 月 30 日两次对小区进行喷施稀土试验, 同一小区前后两次所用稀土浓度、剂量相同 (小区喷施剂量为 200ml)。

1.4 稀土含量测定

1996 年 8 月 2 日到小区采样, 每小区采集代表性样株两棵, 同一浓度处理的 3 个小区样品并为一组, 分为根、茎、叶、果实 4 个部分, 先在自来水中用毛刷轻轻刷去样品表面的灰尘和污垢, 然后再用蒸馏水、去离子水将样品洗净、烘干、粉碎处理^[8]。称取粉碎好样品 0.2000~0.3000g, 加入混酸溶液 (3ml $\text{HNO}_3 + 0.4\text{ml H}_2\text{O}_2 + 0.2\text{ml HClO}_4 + 0.2\text{ml HF}$), 在高压罐中进行微波消化后, 冷却, 用 2% HNO_3 稀释定容到 25ml (内含 20ng/mlRe 的内标液)。上机待测, 每个样品做 3 个重复, 结果取其平均值。仪器为美国 TJA 公司生产的 ICP-MS (POEMS), 测定工作在国家地质实验测试中心完成。

2 结果与讨论

2.1 辣椒植株中稀土元素的分布特征

由测定结果 (表 4) 可知, 稀土元素在辣椒的根系和叶片中含量较高, 在果实和茎干中含量较低, 这与植物的必需营养元素在植物体内的分布规律相似。

没有喷施稀土的辣椒植株, 不管是稀土总量, 还是单一稀土中的 La、Ce、Pr、Nd 等元素, 在辣椒各部位的浓度分布都是根 > 叶 > 茎 > 果实, 可见由根系吸收的稀土元素较难向地上部分转移。喷施稀土的处理, 不论喷施浓度的高低, 辣椒各部位稀土总量及几种主要单一稀土元素的浓度分布规律均表现为叶 > 根 > 茎 > 果实; 喷施稀土能显著提高叶片中稀土元素的含量, 说明叶片吸收稀土后, 主要积存在叶片中, 向其它部位转移较少。

2.2 喷施稀土对辣椒体内单一稀土元素含量的影响

测定结果表明, 除 Y 元素外, 喷施稀土的辣椒根、茎、叶中各种单一稀土元素的浓度均不同程度地高于对照。稀土喷施浓度为 600mg/L 时, 辣椒根、茎、叶中各单一稀土元素含量均达到最高值, 喷施浓度为 800mg/L 时, 各部位稀土含量的增幅有减少的趋势。

利用表 4 的数据, 以对照和喷施浓度为 600mg/L 的处理样品中 15 种单一稀土元素的含量作出辣椒根、茎、叶中稀土元素含量分布图。从图 1 可以看出, 没有喷施稀土的辣椒根、茎、叶中稀土元素含量高低, 与土壤中各单一稀土元素含量分布是一致的, 即原子序数为偶数的元素, 其含量较相邻的原子序数为奇数的元素大。喷施稀土后, 辣椒根系中各单一稀土元素的含量仍符合这一规律, 但叶片和茎秆中 La 的含量却高于 Ce 的含量 (图 2)。这是由于叶面喷施的“常乐”稀土, 其中 La 的含量远高于 Ce 的含量, 叶片和茎秆对 La 和 Ce 的吸收

又没有选择性, 从而造成叶片和茎秆中 La 的含量较高。

表 4 辣椒不同部位稀土元素含量 (单位: $\mu\text{g/g}$)

RE 浓度 (mg/L)	植株 部位	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣRE
0(ck)	根	0.850	1.890	3.450	0.460	1.740	0.300	0.060	0.280	0.037	0.170	0.036	0.080	0.012	0.079	0.011	9.455
	茎	0.350	0.770	1.300	0.190	0.600	0.110	0.055	0.130	0.019	0.076	0.015	0.047	0.008	0.049	0.012	3.731
	叶	0.630	1.540	2.270	0.320	1.110	0.210	0.043	0.210	0.030	0.100	0.029	0.073	0.011	0.064	0.012	6.652
	果	0.030	0.190	0.190	0.031	0.096	0.012	0.003	0.015	0.002	0.003	0.002	0.004	0.001	0.003	0.001	0.583
200	根	0.860	2.280	3.530	0.500	1.840	0.340	0.065	0.300	0.043	0.200	0.039	0.110	0.015	0.086	0.013	10.22
	茎	0.230	1.490	1.170	0.290	0.690	0.084	0.016	0.090	0.011	0.044	0.010	0.025	0.003	0.020	0.003	4.176
	叶	0.450	7.500	3.720	1.120	2.940	0.250	0.047	0.330	0.031	0.088	0.021	0.068	0.009	0.043	0.007	16.62
	果	0.028	0.210	0.170	0.030	0.096	0.011	0.003	0.013	0.002	0.007	0.001	0.004	0.001	0.003	0.001	0.580
400	根	1.430	3.890	5.460	0.910	3.090	0.520	0.110	0.510	0.071	0.220	0.063	0.190	0.024	0.153	0.023	16.66
	茎	0.390	2.610	1.900	0.380	1.170	0.130	0.031	0.150	0.015	0.048	0.010	0.031	0.005	0.023	0.003	6.896
	叶	0.520	10.10	4.290	1.350	3.860	0.320	0.054	0.400	0.034	0.092	0.020	0.073	0.011	0.045	0.008	21.18
	果	0.030	0.440	0.220	0.051	0.160	0.014	0.003	0.014	0.002	0.005	0.001	0.003	0.001	0.003	0.001	0.948
600	根	1.860	5.270	8.160	1.380	4.520	0.790	0.150	0.750	0.101	0.430	0.018	0.240	0.033	0.213	0.031	24.01
	茎	0.210	5.640	2.150	0.700	1.940	0.150	0.026	0.220	0.016	0.040	0.009	0.034	0.004	0.022	0.003	11.16
	叶	0.440	18.63	7.090	2.590	7.540	0.530	0.087	0.750	0.048	0.083	0.014	0.088	0.008	0.042	0.007	37.95
	果	0.062	0.400	0.270	0.055	0.170	0.022	0.004	0.024	0.002	0.013	0.002	0.007	0.001	0.007	0.001	1.040
800	根	1.200	3.050	4.430	0.640	2.280	0.420	0.082	0.400	0.055	0.240	0.049	0.150	0.020	0.120	0.017	13.15
	茎	0.220	4.230	1.830	0.540	1.480	0.140	0.024	0.170	0.016	0.046	0.010	0.033	0.003	0.023	0.004	8.736
	叶	0.440	13.67	5.410	1.950	5.230	0.390	0.063	0.550	0.039	0.080	0.016	0.076	0.009	0.039	0.009	27.97
	果	0.029	0.470	0.240	0.057	0.180	0.016	0.003	0.019	0.002	0.005	0.001	0.004	0.001	0.003	0.001	1.031

辣椒果实中稀土元素含量很低, 各单一稀土元素含量分布因喷施稀土与否而有所不同, 分布特征与茎叶情况基本相同。喷施稀土, 果实中 La、Ce、Pr、Nd、Sm 等 5 种元素增幅明显, 而对于其它含量相对较低的元素, 不论有没有喷施稀土, 含量并没有显著的变化。

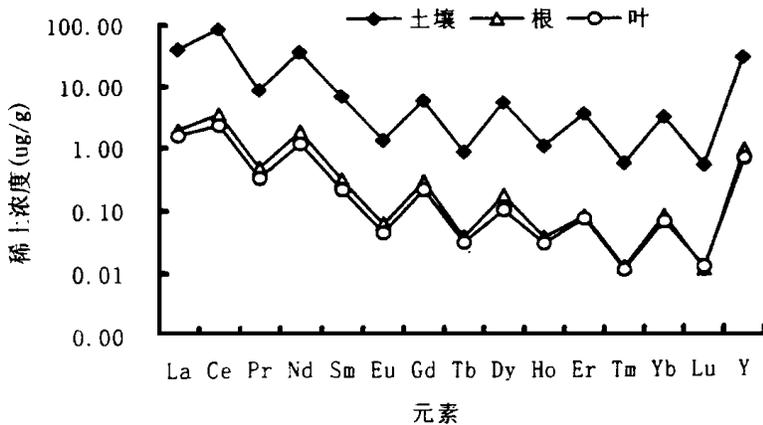


图 1 未喷施稀土辣椒根和叶中稀土元素含量

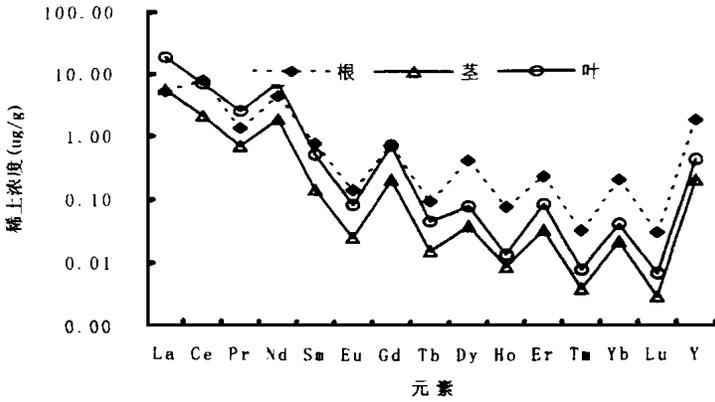


图 2 喷施稀土(600mg/L)辣椒根、茎、叶中稀土元素含量

2.3 喷施稀土的浓度与辣椒体内稀土元素含量分布的关系

随着喷施稀土浓度的加大,辣椒植株对稀土元素的吸收量逐渐增加,喷施浓度达到一定值时,植株各部位稀土元素含量出现最高值,若喷施浓度再加大,植株中稀土元素含量会出现下降的趋势,为什么会产生这种现象,有待进一步探讨。

尽管喷施稀土,在一定浓度范围内,使得辣椒根、茎、叶中稀土元素的含量均有所提高,但不同部位,提高的幅度差异很大,叶片中稀土元素含量增幅最大,其次是根系,再到茎秆。叶片中稀土元素含量的大幅度增加主要原因是喷施的微肥中大量的稀土元素直接被叶片吸收且又很难向其它部位转移;根系中稀土元素的含量有较明显的提高,原因可能有三:一是喷施的稀土部分未被叶面吸收的稀土元素经雨水淋洗到土壤中,又被根系吸收;二是通过叶面喷施稀土,刺激了作物的生长发育,增强了根系的吸收能力,致使根系从土壤中吸收更多的稀土元素,且部分积累在根部;三是叶面吸收稀土元素后,小部分通过韧皮部向根部转移。

辣椒果实中稀土元素的含量随喷施稀土浓度的上升略有提高,当喷施浓度为 600mg/L 时,辣椒果实中稀土元素总量已达饱和状态,约为 1.0ug/g。不难看出,按照目前稀土常用的施用条件和剂量,辣椒果实中稀土元素的增加有限且总量很低,一般不会对人类的健康产生有害的影响。

3 小结

未喷施稀土,辣椒植株各部位稀土总量及 La、Ce、Pr、Nd 各元素的含量分布为根>叶>茎>果;而喷施稀土的辣椒植株稀土含量高低的顺序为叶>根>茎>果。

未喷施稀土的辣椒根、茎、叶及喷施稀土的辣椒根部各单一稀土含量分布与土壤中各单一稀土含量分布规律一致;喷施稀土使得辣椒叶片和茎秆中 La 的含量超过 Ce 的含量,说明叶片对稀土元素的吸收没有选择性。

喷施稀土,辣椒果实中稀土元素含量略有提高,但增幅有限。食用叶面喷施过稀土的辣椒,不会损害人类的健康。

(下转第 33 页)

