

## 稀土微肥对当归生长发育及产量品质的影响

厚建霞<sup>1</sup>, 晋小军<sup>1\*</sup>, 蒙俊杰<sup>2</sup>, 李艳<sup>1</sup>, 王霞<sup>1</sup>, 张迎芳<sup>1</sup>

(1. 甘肃农业大学农学院, 兰州 730070; 2. 卓尼县创信种植专业合作社, 甘肃甘南 747602)

**[摘要]** 目的:探讨不同种类及不同浓度的稀土微肥对当归生长发育及产量品质的影响。方法:采取单因子随机区组试验设计,选用不同浓度的硝酸稀土微肥和氯化稀土微肥作为叶面肥进行喷施处理,测定当归生长发育及指标成分。结果:喷施 $0.8\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 氯化稀土微肥可以提高当归经济产量,亩产(1亩 $\approx 667\text{ m}^2$ )鲜重达 $855.4\text{ kg}$ ,干重产量达 $350.7\text{ kg}/\text{亩}$ ,较空白1(CK1)分别增产了15.16%,28.70%。喷施 $1.2\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 硝酸稀土微肥能促进当归生长发育,显著提高指标成分含量,株高达 $93.05\text{ cm}$ ,茎粗达 $15.60\text{ mm}$ ,根粗达 $16.10\text{ mm}$ ,主根长为 $36.5\text{ cm}$ ,叶片数最多为11.25片/株,较空白2(CK2)提高了32.76%,31.98%,41.98%,53.36%,45.16%;阿魏酸、挥发油、藁本内酯、浸出物成分含量最高,分别是0.96%,0.41%,0.30%,48.76%,较CK2分别提高了12.94%,17.14%,11.11%,12.07%。结论:喷施 $0.8\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 氯化稀土微肥和 $1.2\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 硝酸稀土微肥可以促进当归药材生长发育,改善药材性状,提高药材产量与品质,在当归标准化栽培中可推广应用,可以改变当归依赖化肥、施肥单一的生产现状,促进当归绿色有机、生态化栽培。

**[关键词]** 当归; 稀土微肥; 生长发育; 产量品质

**[中图分类号]** R284.2;R289;R22;R2-031;R33 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2022)05-0148-09

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.20220218

**[网络出版地址]** <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20211227.1311.002.html>

**[网络出版日期]** 2021-12-27 17:04

### Effect of Micro-fertilizer Containing Rare Earth on Growth, Yield and Quality of *Angelica sinensis*

HOU Jian-xia<sup>1</sup>, JIN Xiao-jun<sup>1\*</sup>, MENG Jun-jie<sup>2</sup>, LI Yan<sup>1</sup>, WANG Xia<sup>1</sup>, ZHANG Ying-fang<sup>1</sup>

(1. Agronomy College, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2. Zhuoni County Chuangxin Planting Professional Cooperative, Gannan 747602, China)

**[Abstract]** **Objective:** To investigate the effects of micro-fertilizer containing rare earth of different types and concentrations on the growth, yield and quality of *Angelica sinensis*. **Method:** On the basis of the single-factor randomized block design, the growth and index components of *Angelica sinensis* were determined with rare earth-containing nitrate and chloride micro-fertilizers of different concentrations as foliar fertilizers. **Result:** Spraying  $0.8\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  rare earth-containing chloride micro-fertilizer could increase the economic yield of *A. sinensis*, with the fresh yield per mu (1 mu $\approx 667\text{ m}^2$ ) reaching  $855.4\text{ kg}$  and the dry yield per mu  $350.7\text{ kg}$ , which increased by 15.16% and 28.70% respectively compared with that in the control group CK1. Spraying  $1.2\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  rare earth-containing nitrate micro-fertilizer could promote the growth and development of *A. sinensis* and significantly increase the content of index components, with the plant height reaching  $93.05\text{ cm}$ , the stem diameter  $15.60\text{ mm}$ , the root diameter  $16.10\text{ mm}$ , the main root length  $36.5\text{ cm}$ , and the number of leaves 11.25 pieces per plant, which increased by 32.76%, 31.98%, 41.98%, 53.36%, and 45.16%, respectively, compared

**[收稿日期]** 20210624(010)

**[基金项目]** 青海省科技厅项目当归新品种引进及规范化栽培关键技术研究推广项目(2019-HZ-817);甘肃省科技厅贫困地区精准扶贫中药材产业技术与示范推广项目

**[第一作者]** 厚建霞,在读硕士,从事中药学研究,E-mail:1831970444@qq.com

**[通信作者]** \* 晋小军,研究员,从事药用植物栽培技术与推广工作,E-mail:214290486@qq.com

with those in the control group CK2. Besides, the content of ferulic acid, volatile oil, ligustilide, and extract was 0.96%, 0.41%, 0.30% and 48.76%, respectively, which increased by 12.94%, 17.14%, 11.11%, and 12.07%, respectively, compared with that in the control group CK2. **Conclusion:** Spraying 0.8 g·mL<sup>-1</sup> rare earth-containing chloride micro-fertilizer and 1.2 g·mL<sup>-1</sup> rare earth-containing nitrate micro-fertilizer can promote the growth and development of *A. sinensis*, improve the medicinal properties, and increase yield and quality. Rare earth-containing micro-fertilizers can be applied in the standardization of *A. sinensis* cultivation, which can change the production status of *A. sinensis* that depends on chemical fertilizers and single fertilization, and promote the green, organic and ecological cultivation of *A. sinensis*.

**[Keywords]** *Angelica sinensis*; micro-fertilizer containing rare earth; growth and development; yield and quality

当归史载于《神农本草经》，列为上品，为伞形科植物当归 *Angelica sinensis* 的干燥根。主含挥发油、阿魏酸及水溶性成分，具有活血补血、调经止痛、润肠通便的功效<sup>[1]</sup>，具有抗动脉硬化、抑菌、抗缺氧、调节机体免疫等广泛的药理作用<sup>[2-5]</sup>；当归指标成分研究显示，当归含有苯酞类及其二聚体、酚酸类、多糖、黄酮等多种化学成分，具有抗血小板聚集、抗血栓栓塞及可增加部分药物透过血脑屏障的作用<sup>[6-7]</sup>，已广泛应用于血管疾病、心脏疾病等治疗中，并且取得可观的治疗疗效<sup>[8]</sup>。当归作为甘肃主产药材之一，目前，甘肃当归种植面积已达200.0万公顷，年产量约5.0万吨，约占全国总量的95%；主产于甘肃岷县、宕昌、漳县等地，其中以岷县所产当归品质最优，习称之为“岷归”，不仅畅销全国，而且在国际市场上享有一定声誉<sup>[9]</sup>。

然而，近几年关于中药材当归施肥技术学术研究主要集中于常规肥料氮(N)肥、磷(P)肥、钾(K)肥以及各类重金属螯合肥(常见有螯合铁、螯合镁、螯合锌等)上，虽已取得一定的促长增产效果，但选择面过于单一，环境污染严重，指标成分不达标。为了弥补单一常规施肥技术的不足，提高药材产量及品质，最大化降低环境污染，本文拟采用农用稀土微肥来研究中药材当归稳产增产技术。稀土微肥(REE)是以镧(La)，铈(Ce)元素为主，包括少量镨(Pr)和钕(Nd)元素在内的轻稀土元素无机盐或有机盐，稀土微肥对人畜和环境均无毒性、价格适中、实用性强、利用价值极高，并且在农业生产中已得到了广泛应用<sup>[10]</sup>。

张塞等<sup>[11]</sup>研究发现稀土磷肥可以增加作物产量、促进作物生长、促进早熟、提高作物品质、提高经济效益、改良土壤结构及防治病虫害等作用；黄粮山<sup>[12]</sup>研究证明施用稀土微肥可以增加叶肉组织中叶绿体数量，提高维管束排列密度，提高光合作

用效率；于品华、覃正芬、周伟等<sup>[13-15]</sup>研究表明稀土微肥可促进植物生长发育，提高种子萌发能力，增加产量，增强抗逆性；韩多红等<sup>[16]</sup>研究证明适量施用稀土微肥可以缓解重金属胁迫，提高耐盐性，抗旱性；彭威等<sup>[17]</sup>研究表明花芽分化前喷施一定浓度的稀土微肥可以有效促进五味子成花，提高总花数。由此可见，稀土微肥显著影响着作物的生长发育及经济效益，但是，稀土微肥在施用过程中需要严格把握其用量，用量过小，效果不明显，用量过大，则效果相反，抑制作物生长，影响经济效益及生物价值，因此，不同品种的植物对稀土微肥需求量大不相同，所产生的效果也截然不同<sup>[18]</sup>。

因此，本实验立足于稀土微肥环保安全、促长增产的原理，在符合国家相关准则规定的前提下，研究不同种类及浓度的稀土微肥对当归生长发育及产量品质的影响，进而扩大稀土微肥在当归中的应用价值，探索出安全、经济、高效的施肥方案，可为中药材当归规范化栽培提供科学理论依据，提高当归生长发育及产量品质，促进道地药材当归生产的可持续化发展。

## 1 材料与方法

**1.1 试区概况** 本实验是在甘肃省渭源县麻家集镇楞坎村甘肃农业大学产学研结合示范试验基地和甘肃农业大学中草药栽培与鉴定系实验室进行。试验基地位于东经103°49'41"，北纬35°6'47"，海拔2342 m，日照时数6~7 h，年平均气温-4~8℃，年降雨量700~900 mm，降水多集中在5~9月份，占全年降水量60%左右，属于高寒阴湿气候。试验地前茬为黄芪，0~30 cm土层土壤有机质质量分数为24.66 g·kg<sup>-1</sup>，全氮1.3 g·kg<sup>-1</sup>，有效磷16.14 g·kg<sup>-1</sup>，速效钾112.8 mg·kg<sup>-1</sup>，pH为7.9；土壤以黑垆土、黑土为主，土壤肥沃疏松，土层深厚，排水良好，为栽培当归提供了良好的自然条件。

**1.2 供试材料** 购买于甘肃省定西市会川镇药材种苗市场,经甘肃农业大学晋小军研究员鉴定为伞形科当归属一年生当归苗。硝酸稀土微肥(质量分数 $\geq 99.0\%$ ,河南翔大化工有限公司,批号20181208);氯化稀土微肥(质量分数 $\geq 99.0\%$ ,河南翔大化工有限公司,批号20181024)。

**1.3 仪器设备** H-S2型电热恒温鼓风干燥箱(上海森信实验仪器有限公司),HX203T型电子天平(郑州科丰仪器有限公司),SX2-2.5-10型马福炉(上海跃进医疗器械有限公司),LGS20型752S紫外-可见分光光度计(上海棱光技术有限公司),SF320型JFSD-100高速万能粉碎机(江阴市海鑫药化机械制造有限公司);APS80-16A型高效液相色谱仪,Agilent Ecplise Plus C<sub>18</sub>色谱柱(4.6 mm $\times$ 250 mm, 5  $\mu$ m)(美国安捷伦)。

**1.4 试验试剂** 二甲苯、乙醇、0.1%乙酸水溶液(分析纯),甲醇、乙腈(色谱纯);藁本内酯、阿魏酸对照品(国药集团化学试剂有限公司,批号161036-160825,1135-24-6,纯度均 $\geq 99.0\%$ )。

**1.5 实验设计** 本实验采取单因素随机区组实验设计,以稀土微肥作为试验因素,其中硝酸稀土微肥设5个水平A~E,喷施浓度分别为1.4, 1.2, 1.0, 0.8, 0.6 g $\cdot$ mL<sup>-1</sup>,以等体积清水作为空白1(CK1);氯化稀土微肥设5个水平F~J,喷施浓度分别为1.4, 1.2, 1.0, 0.8, 0.6 g $\cdot$ mL<sup>-1</sup>,以等体积清水作为空白2(CK2)。根据试验条件及试验需求划分小区面积为36 m<sup>2</sup>(6 m $\times$ 6 m),共12个处理,每组重复3次,共计36个小区,从2020年6月初开始首次喷施直至8月初,每隔15 d喷施1次,整个生长发育期共计喷施6次,喷施时间选择在天气晴朗、无风或微风的上午或下午进行。种植前选用50%辛硫磷乳油和40%多菌灵悬浮液浸泡当归种苗,常规施肥量(N 288 kg $\cdot$ hm<sup>-2</sup>, P211.5 kg $\cdot$ hm<sup>-2</sup>, K210 kg $\cdot$ hm<sup>-2</sup>)作基肥,于2020年4月中旬按照黑膜覆盖露头斜栽技术(株行距20 cm $\times$ 30 cm)种植,区组及小区间过道分别为40, 20 cm,四周设1 m的保护行,其他与普通田间管理一致。采取5点取样法,每个小区取样12株,定位定点测定样本当归株高、茎粗、叶片数等生长发育指标变化情况;待当年10月中旬收获后,洗净表面泥砂,置于室内自然沥干,测定当归根长、根粗、侧根数及指标成分等。

## 1.6 测定指标

**1.6.1 株高** 当归植株自地面至叶片自然生长最高处之间的高度为株高,借助卷尺测定。

**1.6.2 茎粗** 当归植株最大叶片叶柄基部的粗度为茎粗,借助显数游标卡尺测定。

**1.6.3 根粗** 以距离当归根头(归头)1 cm处的根直径为根粗,借助显数游标卡尺测定。

**1.6.4 挥发油** 根据2020年版《中华人民共和国药典》(简称《中国药典》)四部(通则2204乙法)水蒸气蒸馏法测定当归挥发油含量<sup>[1]</sup>。

**1.6.5 浸出物** 根据2020年版《中国药典》四部(通则2201)醇溶性浸出物测定法中的热浸法测定当归浸出物含量<sup>[1]</sup>。

**1.6.6 藁本内酯** 根据2020年版《中国药典》四部(通则0512)高效液相色谱法当归藁本内酯含量<sup>[1]</sup>。色谱条件:Agilent Ecplise Plus C<sub>18</sub>色谱柱(4.6 mm $\times$ 250 mm, 5  $\mu$ m),流动相乙腈(A)-0.1%磷酸水溶液(B),梯度洗脱(0~10 min, 10%A; 10~15 min, 10%~12%A; 15~20 min, 12%~22%A; 20~56 min, 22%~62%A);检测波长280 nm;柱温30  $^{\circ}$ C;流速为1.0 mL $\cdot$ min<sup>-1</sup>;进样量10  $\mu$ L。利用藁本内酯标准曲线( $Y=0.2566X+0.0886$ ,  $R^2=0.9992$ )计算其含量<sup>[19-21]</sup>。

**1.6.7 阿魏酸** 根据2020年版《中国药典》I部(附录XA)热浸法测定当归阿魏酸含量<sup>[1]</sup>。将当归供试品加热回流提取后,在波长325 nm紫外-可见分光光度计测定其吸光度,最后利用当归阿魏酸标准曲线( $Y=79.80X-0.0006$ ,  $R^2=0.9993$ )计算阿魏酸含量。

**1.7 数据分析** 试验数据采用IBM SPSS Statistics 24软件进行ANOVA分析,并采用OriginLab OriginPro进行数据作图分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同稀土微肥对当归地上生长指标的影响

**2.1.1 不同稀土微肥对当归株高的影响** 由表1可知,不同浓度的氯化稀土微肥对当归株高影响显著( $P<0.05$ ),以0.8 g $\cdot$ mL<sup>-1</sup>氯化稀土微肥对当归株高影响最显著,株高为20.98, 70.43, 83.18, 89.42 cm,同期CK1株高为21.22, 51.73, 65.22, 70.63 cm,较CK1高-1.13%, 36.15%, 27.54%, 26.60%, 1.0 g $\cdot$ mL<sup>-1</sup>氯化稀土微肥次之;不同浓度的硝酸稀土微肥对当归株高影响显著( $P<0.05$ ),以1.2 g $\cdot$ mL<sup>-1</sup>的硝酸稀土微肥对当归株高影响最显著,株高为20.75, 71.18, 84.31, 93.05 cm,同期CK2株高为19.75, 51.70, 62.37, 70.09 cm,较CK2高5.06%, 37.68%, 35.18%, 32.76%, 1.4 g $\cdot$ mL<sup>-1</sup>硝酸稀土微肥次之。不同浓度的氯化物和硝酸稀土微肥相比较,1.2 g $\cdot$ mL<sup>-1</sup>硝酸稀土

微肥对当归株高影响最显著。

表1 不同稀土微肥对当归株高的影响 ( $\bar{x}\pm s, n=12$ )

Table 1 Effects of different rare earth micro-fertilizers on plant height of *Angelica sinensis* ( $\bar{x}\pm s, n=12$ ) cm

处理	株高			
	6月1日	7月1日	8月1日	9月1日
A	19.59±1.35 <sup>a</sup>	58.88±3.97 <sup>ab</sup>	69.50±4.74 <sup>a</sup>	77.93±5.60 <sup>ab</sup>
B	19.59±1.19 <sup>a</sup>	65.88±6.53 <sup>a</sup>	79.27±6.44 <sup>a</sup>	84.88±6.18 <sup>ab</sup>
C	18.28±1.74 <sup>a</sup>	68.61±5.38 <sup>a</sup>	81.85±6.30 <sup>a</sup>	85.41±6.36 <sup>a</sup>
D	20.98±0.86 <sup>a</sup>	70.43±4.02 <sup>a</sup>	83.18±3.46 <sup>ab</sup>	89.42±3.80 <sup>ab</sup>
E	19.17±0.59 <sup>a</sup>	59.21±4.61 <sup>ab</sup>	74.45±6.59 <sup>a</sup>	79.45±6.18 <sup>ab</sup>
CK1	21.22±0.35 <sup>a</sup>	51.73±1.43 <sup>b</sup>	65.22±1.58 <sup>b</sup>	70.63±1.70 <sup>b</sup>
F	19.07±1.66 <sup>a</sup>	63.20±5.69 <sup>ab</sup>	81.90±2.57 <sup>a</sup>	86.13±2.79 <sup>ab</sup>
G	20.75±0.90 <sup>a</sup>	71.18±3.94 <sup>a</sup>	84.31±3.61 <sup>a</sup>	93.05±3.42 <sup>a</sup>
H	21.10±0.60 <sup>a</sup>	63.13±4.42 <sup>ab</sup>	79.69±4.25 <sup>ab</sup>	83.98±4.31 <sup>abc</sup>
I	18.33±0.91 <sup>a</sup>	56.27±2.82 <sup>b</sup>	72.12±2.39 <sup>b</sup>	78.38±2.46 <sup>bcc</sup>
J	19.54±0.18 <sup>a</sup>	52.89±1.16 <sup>b</sup>	73.93±1.40 <sup>ab</sup>	75.21±1.57 <sup>cc</sup>
CK2	19.75±0.26 <sup>a</sup>	51.70±1.32 <sup>b</sup>	62.37±1.74 <sup>c</sup>	70.09±1.75 <sup>c</sup>

注:不同小写字母表示同列数据之间比较  $P<0.05$ (表2~9同)。

**2.1.2 不同稀土微肥对当归茎粗的影响** 由表2可知,不同浓度的氯化稀土微肥对当归茎粗影响显著( $P<0.05$ ),以 $0.8\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 氯化稀土微肥对当归茎粗影响最显著,茎粗为3.93,13.85,15.18,16.13 mm,同期CK1茎粗为4.05,9.32,10.21,11.06 mm,较CK1高-2.96%,48.61%,48.68%,45.84%, $1.0\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的氯化稀土微肥次之;不同浓度的硝酸稀土微肥对当归影响显著( $P<0.05$ ),以 $1.2\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 硝酸稀土微肥对当归茎粗影响最显著,茎粗为4.71,13.62,14.66,15.60 mm,同期CK2茎粗为4.07,9.34,11.12,11.82 mm,较CK2高15.72%,45.82%,31.83%,31.98%, $1.4\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 硝酸稀土微肥次之。不同浓度的氯化及硝酸稀土微肥相比较, $0.8\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 氯化稀土微肥对当归茎粗影响最显著。

**2.1.3 不同稀土微肥对当归叶片数的影响** 由表3可知,不同浓度的氯化稀土微肥对当归叶片数影响显著( $P<0.05$ ),以 $0.8\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的氯化稀土微肥影响最显著,叶片数为4.25,7.50,10.00,10.75片/株,同期CK1叶片数为3.00,4.25,7.25,7.75片/株,较CK1高41.67%,76.47%,37.93%,38.71%, $1.0\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的氯化稀土微肥次之;不同浓度的硝酸稀土微肥对当归叶片数影响显著( $P<0.05$ ),以 $1.2\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的硝酸稀土微肥对当归叶片数影响最显著,叶片数为4.00,7.50,10.25,11.25片/株,同期CK2叶片数为3.25,5.00,

表2 不同稀土微肥对当归茎粗的影响 ( $\bar{x}\pm s, n=12$ )

Table 2 Effects of different rare earth micro-fertilizers on coarse stem of *Angelica sinensis* ( $\bar{x}\pm s, n=12$ ) mm

处理	茎粗			
	6月1日	7月1日	8月1日	9月1日
A	3.78±0.21 <sup>a</sup>	10.12±0.40 <sup>cd</sup>	11.28±0.26 <sup>d</sup>	11.92±0.22 <sup>d</sup>
B	3.91±0.14 <sup>a</sup>	11.35±0.22 <sup>bc</sup>	13.24±0.29 <sup>bc</sup>	14.14±0.24 <sup>bc</sup>
C	4.12±0.30 <sup>a</sup>	12.43±0.70 <sup>ab</sup>	14.39±0.45 <sup>a</sup>	15.08±0.33 <sup>ab</sup>
D	3.93±0.36 <sup>a</sup>	13.85±0.62 <sup>a</sup>	15.18±0.44 <sup>a</sup>	16.13±0.36 <sup>a</sup>
E	4.12±0.30 <sup>a</sup>	11.93±0.65 <sup>b</sup>	12.58±0.59 <sup>c</sup>	13.60±0.44 <sup>c</sup>
CK1	4.05±0.30 <sup>a</sup>	9.32±0.23 <sup>d</sup>	10.21±0.20 <sup>d</sup>	11.06±0.12 <sup>d</sup>
F	4.44±0.30 <sup>a</sup>	12.42±0.28 <sup>b</sup>	13.69±0.21 <sup>b</sup>	14.65±0.18 <sup>b</sup>
G	4.71±0.35 <sup>a</sup>	13.62±0.47 <sup>a</sup>	14.66±0.36 <sup>a</sup>	15.60±0.34 <sup>a</sup>
H	4.08±0.32 <sup>a</sup>	10.83±0.17 <sup>c</sup>	11.96±0.18 <sup>cd</sup>	13.26±0.16 <sup>c</sup>
I	3.94±0.27 <sup>a</sup>	10.08±0.16 <sup>c</sup>	11.44±0.22 <sup>dc</sup>	12.59±0.33 <sup>cd</sup>
J	4.04±0.19 <sup>a</sup>	10.75±0.09 <sup>c</sup>	12.32±0.17 <sup>c</sup>	13.08±0.18 <sup>c</sup>
CK2	4.07±0.26 <sup>a</sup>	9.34±0.06 <sup>d</sup>	11.12±0.13 <sup>c</sup>	11.82±0.12 <sup>d</sup>

7.00,7.75片/株,较CK2高23.08%,50.00%,46.43%,45.16%, $1.4\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的硝酸稀土微肥次之。不同浓度的氯化及硝酸稀土微肥相比较, $1.2\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的硝酸稀土微肥对当归叶片数影响最显著。

表3 不同稀土微肥对当归叶片数的影响 ( $\bar{x}\pm s, n=12$ )

Table 3 Effects of different rare earth micro-fertilizers on leaf number of *Angelica sinensis* ( $\bar{x}\pm s, n=12$ ) 片/株

处理	叶片数			
	6月1日	7月1日	8月1日	9月1日
A	3.25±0.22 <sup>a</sup>	5.25±0.41 <sup>cd</sup>	7.50±0.25 <sup>c</sup>	9.00±0.22 <sup>bc</sup>
B	4.00±0.35 <sup>a</sup>	7.25±0.22 <sup>ab</sup>	8.25±0.22 <sup>bc</sup>	9.00±0.22 <sup>bc</sup>
C	3.75±0.22 <sup>a</sup>	7.25±0.41 <sup>ab</sup>	9.00±0.35 <sup>ab</sup>	10.00±0.35 <sup>ab</sup>
D	4.25±0.22 <sup>a</sup>	7.50±0.25 <sup>a</sup>	10.00±0.35 <sup>a</sup>	10.75±0.22 <sup>a</sup>
E	4.00±0.35 <sup>a</sup>	6.50±0.25 <sup>bc</sup>	8.25±0.25 <sup>bc</sup>	8.75±0.22 <sup>cd</sup>
CK1	3.00±0.35 <sup>a</sup>	4.25±0.41 <sup>d</sup>	7.25±0.41 <sup>c</sup>	7.75±0.41 <sup>d</sup>
F	3.75±0.22 <sup>a</sup>	6.00±0.35 <sup>bc</sup>	9.50±0.75 <sup>a</sup>	10.75±0.22 <sup>ab</sup>
G	4.00±0.35 <sup>a</sup>	7.50±0.25 <sup>a</sup>	10.25±0.22 <sup>a</sup>	11.25±0.54 <sup>a</sup>
H	4.00±0.35 <sup>a</sup>	6.74±0.51 <sup>a</sup>	8.50±1.15 <sup>ab</sup>	9.50±0.83 <sup>bc</sup>
I	3.25±0.25 <sup>a</sup>	5.50±0.25 <sup>bc</sup>	8.00±0.35 <sup>b</sup>	9.25±0.41 <sup>bc</sup>
J	3.50±0.25 <sup>a</sup>	5.00±0.35 <sup>c</sup>	7.25±0.41 <sup>b</sup>	8.00±0.35 <sup>c</sup>
CK2	3.25±0.22 <sup>a</sup>	5.00±0.61 <sup>c</sup>	7.00±0.61 <sup>b</sup>	7.75±0.41 <sup>c</sup>

## 2.2 不同稀土微肥对当归地下生长指标的影响

**2.2.1 不同稀土微肥对当归经济指标的影响** 由表4可知,不同氯化稀土微肥对当归主根长、根粗和侧根数影响显著( $P<0.05$ ),以 $0.8\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 氯化稀土微肥对当归主根长、根粗和侧根数影响最显著,分别

为34.2 cm, 15.59 mm, 47个/株, 同期CK1主根长、根粗和侧根数分别为23.4 cm, 11.08 mm, 31个/株, 较CK1增加了46.18%, 40.70%, 51.61%, 1.0 g·mL<sup>-1</sup>氯化稀土微肥次之; 不同硝酸稀土微肥对当归主根长、根粗和侧根数影响显著( $P < 0.05$ ), 以1.2 g·mL<sup>-1</sup>硝酸稀土微肥对当归主根长、根粗和侧根数影响最显著, 分别为36.5 cm, 16.10 mm, 49个/株, 同期CK2主根长、根粗和侧根数分别为23.8 cm, 11.34 mm, 30个/株, 较CK2增加了53.36%, 41.98%, 63.33%, 1.4 g·mL<sup>-1</sup>硝酸稀土微肥次之。0.8 g·mL<sup>-1</sup>氯化稀土微肥和1.2 g·mL<sup>-1</sup>硝酸稀土微肥相比较, 均以1.2 g·mL<sup>-1</sup>硝酸稀土微肥对当归主根长、根粗和侧根数影响最显著。

表4 不同稀土微肥对当归经济指标的影响 ( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

Table 4 Effects of different rare earth micro-fertilizers on economic indicators of *Angelica sinensis* ( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

处理	主根长/cm	根粗/mm	侧根数/个/株
A	28.50±0.26 <sup>d</sup>	12.92±0.18 <sup>b</sup>	36.00±0.88 <sup>d</sup>
B	30.80±0.75 <sup>b</sup>	15.24±0.25 <sup>a</sup>	39.00±0.88 <sup>c</sup>
C	31.70±0.34 <sup>b</sup>	15.37±0.13 <sup>a</sup>	42.00±1.20 <sup>b</sup>
D	34.20±0.51 <sup>a</sup>	15.59±0.36 <sup>a</sup>	47.00±0.58 <sup>a</sup>
E	28.70±0.30 <sup>cd</sup>	13.68±0.24 <sup>b</sup>	38.00±0.88 <sup>cd</sup>
CK1	23.40±0.26 <sup>e</sup>	11.08±0.44 <sup>e</sup>	31.00±0.58 <sup>e</sup>
F	34.60±0.47 <sup>a</sup>	15.09±0.10 <sup>ab</sup>	46.00±0.88 <sup>b</sup>
G	36.50±1.07 <sup>a</sup>	16.10±0.15 <sup>a</sup>	49.00±0.88 <sup>a</sup>
H	31.90±0.51 <sup>b</sup>	14.08±0.08 <sup>bc</sup>	43.00±0.33 <sup>c</sup>
I	30.50±0.55 <sup>bc</sup>	13.48±0.21 <sup>cd</sup>	39.00±1.20 <sup>d</sup>
J	28.70±0.54 <sup>c</sup>	12.56±0.14 <sup>de</sup>	36.00±0.88 <sup>d</sup>
CK2	23.80±0.29 <sup>d</sup>	11.34±0.26 <sup>e</sup>	30.00±0.88 <sup>e</sup>

2.2.2 不同稀土微肥对当归经济产量的影响 由表5分析可知, 不同浓度的氯化稀土微肥对当归经济产量影响显著( $P < 0.05$ ), 0.8 g·mL<sup>-1</sup>的氯化稀土微肥对当归经济产量影响最显著, 鲜重达64.22 g/株, 亩产鲜重达855.4 kg, 干重达26.33 g/株, 亩产干重达350.7 kg, 较CK1差异显著, 分别提高了15.15%, 15.16%, 28.69%, 28.70%; 不同浓度的硝酸稀土微肥对当归经济产量影响显著( $P < 0.05$ ), 1.2 g·mL<sup>-1</sup>的硝酸稀土微肥对当归经济产量影响最显著, 鲜重达62.07 g/株, 亩产鲜重达826.7 kg, 干重达25.14 g/株, 亩产干重达334.9 kg, 较CK2差异明显, 分别提高了12.63%, 12.63%, 20.23%, 20.29%; 0.8 g·mL<sup>-1</sup>的氯化稀土微肥和1.2 g·mL<sup>-1</sup>的硝酸稀土微肥相比较, 以0.8 g·mL<sup>-1</sup>的氯化稀土微肥效果最显著。

表5 不同稀土微肥对当归经济产量的影响 ( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

Table 5 Effects of different rare earth micro-fertilizers on economic yield of *Angelica sinensis* ( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

处理	单株鲜重/g/株	亩产鲜重/kg/亩	单株干重/g/株	亩产干重/kg/亩
A	56.30±0.19 <sup>cd</sup>	749.90±1.64 <sup>cd</sup>	21.06±0.37 <sup>b</sup>	280.9±0.40 <sup>b</sup>
B	59.59±0.68 <sup>b</sup>	793.80±0.86 <sup>b</sup>	23.54±0.10 <sup>c</sup>	313.6±0.29 <sup>c</sup>
C	60.06±0.63 <sup>b</sup>	800.00±1.64 <sup>b</sup>	24.12±0.31 <sup>bc</sup>	321.2±0.24 <sup>bc</sup>
D	64.22±0.58 <sup>a</sup>	855.40±0.77 <sup>a</sup>	26.33±0.45 <sup>a</sup>	350.7±0.08 <sup>a</sup>
E	57.64±0.37 <sup>c</sup>	767.80±0.54 <sup>c</sup>	22.63±0.25 <sup>c</sup>	301.5±0.47 <sup>c</sup>
CK1	55.77±0.48 <sup>d</sup>	742.80±0.71 <sup>d</sup>	20.46±0.09 <sup>d</sup>	272.5±0.30 <sup>d</sup>
F	60.52±0.50 <sup>cd</sup>	806.20±0.62 <sup>cd</sup>	24.89±0.24 <sup>a</sup>	331.6±0.37 <sup>a</sup>
G	62.07±0.25 <sup>a</sup>	826.70±0.37 <sup>a</sup>	25.14±0.35 <sup>a</sup>	334.9±0.22 <sup>a</sup>
H	59.28±0.59 <sup>b</sup>	789.60±0.16 <sup>b</sup>	23.82±0.25 <sup>b</sup>	317.3±0.25 <sup>b</sup>
I	58.18±0.44 <sup>ab</sup>	775.00±0.24 <sup>ab</sup>	22.64±0.34 <sup>c</sup>	301.4±0.03 <sup>c</sup>
J	58.15±0.60 <sup>c</sup>	774.60±0.60 <sup>c</sup>	21.59±0.53 <sup>cd</sup>	287.6±0.20 <sup>cd</sup>
CK2	55.11±0.20 <sup>d</sup>	734.00±0.38 <sup>d</sup>	20.91±0.25 <sup>d</sup>	278.4±0.14 <sup>d</sup>

### 2.3 不同稀土微肥对当归指标成分的影响

2.3.1 阿魏酸 由表6数据分析可知, 不同浓度的氯化稀土微肥和硝酸稀土微肥对当归阿魏酸含量影响显著( $P < 0.05$ ), 以0.8 g·mL<sup>-1</sup>的氯化稀土微肥和1.2 g·mL<sup>-1</sup>的硝酸稀土微肥效果最好, 阿魏酸质量分数均达0.96%, 与CK1和CK2差异明显, 分别提高了14.29%, 12.94%; 1.0 g·mL<sup>-1</sup>的硝酸稀土微肥次之, 阿魏酸质量分数为0.91%, 较CK2提高了7.06%。

表6 不同稀土微肥对当归阿魏酸质量分数的影响 ( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

Table 6 Effects of different rare earth micro-fertilizers on ferulic acid content of *Angelica sinensis* ( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

处理	阿魏酸/%	处理	阿魏酸/%
A	0.66±0.03 <sup>c</sup>	F	0.86±0.01 <sup>b</sup>
B	0.68±0.09 <sup>c</sup>	G	0.96±0.01 <sup>a</sup>
C	0.74±0.04 <sup>c</sup>	H	0.91±0.02 <sup>ab</sup>
D	0.96±0.04 <sup>a</sup>	I	0.76±0.02 <sup>c</sup>
E	0.86±0.03 <sup>b</sup>	J	0.71±0.09 <sup>c</sup>
CK1	0.84±0.03 <sup>b</sup>	CK2	0.85±0.03 <sup>b</sup>

2.3.2 藁本内酯 由表7数据分析可知, 不同浓度的氯化稀土微肥和硝酸稀土微肥对当归藁本内酯含量影响显著( $P < 0.05$ ), 以0.8 g·mL<sup>-1</sup>的氯化稀土微肥效果最好, 其藁本内酯质量分数为0.31%, 较CK1提高了14.81%; 1.0, 0.6 g·mL<sup>-1</sup>的氯化稀土微肥次之, 其质量分数均为0.30%, 较CK1提高了11.11%。1.2 g·mL<sup>-1</sup>硝酸稀土微肥效果较好, 其藁本内酯质量

分数为0.30%,较CK2提高了11.11%。

表7 不同稀土微肥对当归藁本内酯质量分数的影响 ( $\bar{x}\pm s, n=3$ )

Table 7 Effects of different rare earth micro-fertilizers on content of *Angelica ligustilide* ( $\bar{x}\pm s, n=3$ )

处理	藁本内酯/%	处理	藁本内酯/%
A	0.22±0.04 <sup>b</sup>	F	0.28±0.05 <sup>ab</sup>
B	0.25±0.04 <sup>b</sup>	G	0.30±0.01 <sup>a</sup>
C	0.30±0.02 <sup>a</sup>	H	0.28±0.03 <sup>ab</sup>
D	0.31±0.01 <sup>a</sup>	I	0.24±0.03 <sup>b</sup>
E	0.30±0.02 <sup>a</sup>	J	0.25±0.04 <sup>ab</sup>
CK1	0.27±0.01 <sup>ab</sup>	CK2	0.27±0.02 <sup>ab</sup>

**2.3.3 挥发油** 由表8数据分析可知,不同稀土微肥对当归挥发油含量影响显著( $P<0.05$ ),可以显著提高当归挥发油含量。以 $0.8\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的氯化稀土微肥和 $1.2\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的硝酸稀土微肥对当归挥发油含量影响最显著,其质量分数分别是0.42%,0.41%,与CK1,CK2差异明显,分别提高了13.51%,17.14%; $1.0\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的氯化稀土微肥和 $1.4\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的硝酸稀土微肥次之,其质量分数分别是0.41%,0.39%。

表8 不同稀土微肥对当归挥发油质量分数的影响 ( $\bar{x}\pm s, n=3$ )

Table 8 Effects of different rare earth micro-fertilizers on volatile oil content of *Angelica sinensis* ( $\bar{x}\pm s, n=3$ )

处理	挥发油/%	处理	挥发油/%
A	0.35±0.08 <sup>bc</sup>	F	0.39±0.07 <sup>ab</sup>
B	0.39±0.08 <sup>abc</sup>	G	0.41±0.04 <sup>a</sup>
C	0.41±0.02 <sup>ab</sup>	H	0.37±0.04 <sup>b</sup>
D	0.42±0.01 <sup>a</sup>	I	0.34±0.03 <sup>b</sup>
E	0.36±0.04 <sup>bc</sup>	J	0.33±0.04 <sup>b</sup>
CK1	0.37±0.01 <sup>c</sup>	CK2	0.35±0.04 <sup>b</sup>

**2.3.4 浸出物** 由表9数据分析可知,不同稀土微肥对当归浸出物含量影响显著( $P<0.05$ ),可以显著提高浸出物含量,且均符合2020年版《中国药典》规定。以 $0.8\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的氯化稀土微肥和 $1.2\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的硝酸稀土微肥对当归浸出物含量影响显著,其含量分别是48.56%,48.76%,与CK1,CK2差异显著,分别提高了12.20%,12.07%。

**2.4 不同稀土微肥处理下当归药材性状、药材产量与指标成分的主成分分析** 基于5个当归药材根性状指标、药材产量和指标成分的主成分分析,前3个主成分的特征根均大于1,其方差贡献率依次为91.44%,95.01%和96.93%,累积贡献率依次为35.15%,66.59%和96.93%,故提取第1~3主成分的

表9 不同稀土微肥对当归浸出物质量分数的影响 ( $\bar{x}\pm s, n=3$ )

Table 9 Effects of different rare earth micro-fertilizers on contents of *Angelica sinensis* extracts ( $\bar{x}\pm s, n=3$ )

处理	浸出物/%	处理	浸出物/%
A	43.51±0.74 <sup>bc</sup>	F	47.24±1.09 <sup>ab</sup>
B	45.24±1.42 <sup>abc</sup>	G	48.76±0.98 <sup>a</sup>
C	44.29±0.99 <sup>ab</sup>	H	45.09±0.36 <sup>b</sup>
D	48.56±1.64 <sup>a</sup>	I	44.56±1.17 <sup>b</sup>
E	44.13±1.71 <sup>bc</sup>	J	44.82±0.36 <sup>b</sup>
CK1	43.28±1.11 <sup>c</sup>	CK2	43.51±0.52 <sup>b</sup>

特征值和贡献计算各指标的权重值与归一化。第1主成分的绝对值 $\geq 0.500$ 的指标中,根长、侧根数、藁本内酯和挥发油含量均为正值,绝对值 $< 0.500$ 的指标中,说明第1主成分是当归药材产量及指标成分的关键因子。第2主成分绝对值 $\geq 0.400$ 的指标为根粗、阿魏酸和浸出物,其中根粗和阿魏酸为负值,说明第2主成分反映出浸出物与根粗、阿魏酸的负向关性。第3主成分绝对值居前4位的指标依次为鲜产量、干产量、单株干重和单株鲜重,且均为正值,说明第3主成分决定当归的药材产量,见表10。

表10 当归药材性状、药材产量与指标成分主成分分析结果

Table 10 Principal component analysis results of characters, yield and index components of *Angelica sinensis*

性状指标	成分			权重	归一化
	1	2	3		
根长/cm	0.683	-0.149	-0.417	0.285	0.093
根粗/mm	0.423	-0.414	0.127	0.285	0.093
侧根数/个/株	0.558	0.043	-0.473	0.286	0.093
鲜重/g/株	-0.526	0.295	0.444	0.284	0.093
干重/g/株	-0.526	0.294	0.445	0.284	0.093
鲜产量/kg/亩	-0.324	0.069	0.456	0.278	0.091
干产量/kg/亩	-0.324	0.070	0.454	0.279	0.091
阿魏酸/%	-0.276	-0.494	-0.957	0.283	0.092
藁本内酯/%	0.550	-0.272	-0.149	0.269	0.088
挥发油/%	0.643	0.196	-0.723	0.256	0.084
浸出物/%	-0.266	1.021	-0.583	0.270	0.088
特征值	10.058	0.392	0.211		
方差贡献率/%	91.440	95.010	96.930		
累积贡献率/%	35.150	66.590	96.930		

**2.5 不同稀土微肥对当归隶属度值及综合评价指数** 为消除量纲,将各指标进行标准化处理,并根据各指标归一化结果,计算综合得分。关于硝酸稀土微肥和氯化稀土微肥对当归隶属度及综合评价

指数分析结果显示,对当归生长发育及产量品质综合评价指数大小依次为D>G>F>C>B>H>I>E>J>A>CK1>CK2。当综合评价指数大于0.75时,为提高当归生长发育及产量品质的最佳施肥方法。见表11,12。

表11 氯化稀土微肥对当归隶属度值及综合评价指数

Table 11 Membership value and comprehensive evaluation index of rare earth chloride microfertilizer on *Angelica sinensis*

性状指标	氯化稀土微肥					
	A	B	C	D	E	CK1
株高/cm	77.90	84.90	85.40	89.40	79.50	70.60
茎粗/mm	11.92	14.14	15.08	16.13	13.60	11.06
叶片数/片/株	9.00	9.00	10.00	11.00	9.00	8.00
根长/cm	28.50	30.80	31.70	34.20	28.70	23.40
根粗/mm	12.92	15.24	15.37	15.59	13.68	11.08
侧根数/个/株	36.00	39.00	42.00	47.00	38.00	31.00
鲜重/g/株	56.30	59.59	60.06	64.22	57.64	55.77
亩产鲜重/kg/亩	749.92	793.78	800.00	855.41	767.76	742.81
干重/g/株	21.09	23.54	24.12	26.33	22.64	20.46
亩产干重/kg/亩	280.92	313.60	321.23	350.72	301.52	272.53
阿魏酸/%	0.72	1.10	1.11	1.18	1.06	0.68
藜本内酯/%	9.86	10.34	11.12	11.76	10.23	8.46
挥发油/%	0.35	0.39	0.49	0.52	0.36	0.28
浸出物/%	43.51	45.24	44.29	48.56	44.13	43.28
综合指数	-1	0.26	0.48	1.9	-0.4	-1.29
综合排序	10	5	4	1	8	11

2.6 不同稀土微肥处理下当归生长发育及产量品质聚类分析 以不同稀土微肥对当归生长发育及产量品质指标的影响结果为依据,将不同稀土微肥分为六类。由上图可知,以欧氏距离5为分界限,B,H,C,F为一类;E,I,J为一类;A为一类;CK1为一类;CK2为一类;D,G为一类,见图1。

### 3 讨论

3.1 稀土微肥对当归生长发育的影响 关于稀土微肥在农业生产中的应用研究结果表明,稀土微肥可以提供作物生长发育所必须的稀有微量元素,能够促进叶片生长,叶片数及叶面积明显增加,能显著提高叶片叶绿素含量,叶片酶活性,增加光合作用,促进作物生长发育<sup>[22]</sup>;适宜浓度的稀土微肥还可以促进作物根系生长发育,提高根系活力,促进根分化和生理代谢,根数、根长、根粗明显增加,提供作物的产量品质等<sup>[11]</sup>。因此,稀土微肥不管从生长发育指标还是产量品质指标均可以显现出其所

表12 硝酸稀土微肥对当归隶属度值及综合评价指数

Table 12 Membership value and comprehensive evaluation index of rare earth nitrate microfertilizer on *Angelica sinensis*

性状指标	硝酸稀土微肥					
	F	G	H	I	J	CK2
株高/cm	86.10	93.10	84.00	78.40	75.20	70.10
茎粗/mm	14.65	15.60	13.26	12.59	13.08	11.82
叶片数/片/株	11.00	11.00	10.00	9.00	8.00	8.00
根长/cm	34.60	36.50	31.90	30.50	28.70	23.80
根粗/mm	15.09	16.10	14.08	13.48	12.59	11.34
侧根数/个/株	46.00	50.00	43.00	37.00	36.00	30.00
鲜重/g/株	60.52	62.07	59.28	58.18	58.15	55.11
亩产鲜重/kg/亩	806.17	826.73	789.57	775.00	774.60	734.02
干重/g/株	24.89	25.14	23.82	22.63	21.59	20.91
亩产干重/kg/亩	331.58	334.91	317.28	301.43	287.58	278.48
阿魏酸/%	1.15	1.21	1.12	1.04	0.94	0.74
藜本内酯/%	11.21	11.85	10.87	10.56	9.42	8.81
挥发油/%	0.46	0.57	0.40	0.36	0.34	0.31
浸出物/%	47.24	48.76	45.09	44.56	44.82	44.51
综合指数	0.75	1.2	0.24	-0.27	-0.48	-1.38
综合排序	3	2	6	7	9	12

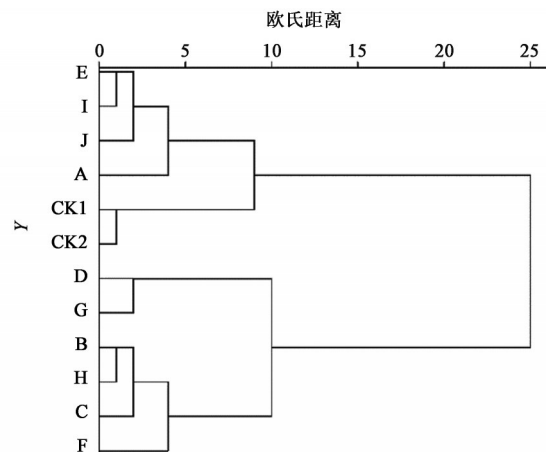


图1 不同稀土微肥处理下样品聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis results of samples treated with different rare earth microfertilizers

具有的独特优势。

本研究以株高、茎粗、叶片数、根长、根粗、侧根数等生长指标探讨不同稀土微肥对当归生长发育指标的影响。结果表明,喷施 $1.2\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的硝酸稀土微肥能促进当归生长发育,其株高、茎粗、叶片数分别为 $93.05\text{ cm}$ , $15.60\text{ mm}$ , $11.25\text{ 片/株}$ ,较CK2分别增加了 $32.76\%$ , $31.98\%$ , $45.16\%$ 。当归生长趋势显示其株高生长呈“慢-快-慢”的趋势,整个生长过程呈“S”形曲线,9月份各处理株高最高且达到显著

水平。其株高也是基生叶的长度,植株较高意味着叶面积也较大,从而形成足的光合器官,有利于进行光合作用<sup>[23]</sup>。其根长、根粗、侧根数分别为36.5 cm, 16.10 mm, 49个/株,较CK2分别增加了53.36%, 41.98%, 63.33%。主根是衡量当归直观品质的一个关键因素,主根较长、较粗的当归具有更高的商品价值,在生产加工中更具优势。氯化稀土微肥和硝酸稀土微肥处理下当归生长发育指标从高到低依次为D>G>F>C>B>H>I>E>J>A>CK1>CK2。因此,稀土微肥对当归生长发育及商品价值均有提高作用。

**3.2 稀土微肥对当归产量品质的影响** 当归已纳入我国药食同源中药材品种名目,从源头保障药材生产的安全性显得至关重要。而当归栽培及田间管理施肥问题是决定当归食用安全性的一个关键因素,严格控制施肥量、施肥次数及肥料种类可以有效改善当归品质<sup>[24]</sup>。农用稀土微肥较其他农药肥料相比较具有很多优点:对人畜无毒,无残留,不影响肥效药效;被土壤微生物分解后,不但不会污染环境,分解后产生的氨基酸和脂肪酸等还可以作为营养物质,改善土壤理化性质,缓解重金属胁迫,提高作物产量品质,降低农产品中重金属含量等。刘利杉等<sup>[25]</sup>研究表明稀土微肥可缓解镉胁迫对烟草生长发育及养分吸收的抑制作用,提高了烟草的产量品质;罗连光等<sup>[26]</sup>研究表明生物活性稀土微肥可以显著提高红地球葡萄的产量,并显著提高了红地球葡萄果实含糖量与Vc含量,改善了果品质量。

本研究发现氯化及硝酸稀土微肥对当归经济产量及指标成分含量有显著提高作用,当喷施0.8 g·mL<sup>-1</sup>的氯化稀土微肥时,可以提高当归经济产量,亩产鲜重达855.4 kg,亩产干重达350.7 kg,较CK1分别增产了15.16%, 28.70%;当喷施1.2 g·mL<sup>-1</sup>的硝酸稀土微肥时,可以提高指标成分含量,改善当归药材品质,其中挥发油、阿魏酸、藁本内酯及浸出物质量分数分别为0.41%, 0.96%, 0.30%, 48.76%,较CK2分别提高了17.14%, 12.94%, 11.11%, 12.07%。氯化稀土微肥和硝酸稀土微肥处理下当归产量及品质从高到低依次为D>G>F>C>B>H>I>E>J>A>CK1>CK2,因此,氯化稀土微肥和硝酸稀土微肥不同程度上均会提高当归产量及品质,这一研究结果与薛玉华<sup>[10]</sup>研究结果一致,为今后当归施肥技术提供科学的理论指导。

#### 4 结论

不同种类及浓度的稀土微肥对当归生长发育

指标、药材产出性能及指标成分影响显著,在现有土壤肥力条件的基础上,喷施0.8 g·mL<sup>-1</sup>氯化稀土微肥和1.2 g·mL<sup>-1</sup>硝酸稀土微肥对当归成药栽培具有显著的增效作用,当归生长发育、产量品质和综合评价指数从高到低依次为D>G>F>C>B>H>I>E>J>A>CK1>CK2。适宜浓度多次喷施稀土微肥可以促进当归株高、茎粗、叶片数、根系生长发育,促进根分化和生理代谢,根数、根长、根粗明显增加,从而提高根对N, P, K等营养元素和水分的吸收,促进作物地上部分的生长,植株增高,分蘖或分枝增多等;同时,施用农用稀土微肥还可以提供相对稳定的种植环境,提高作物抗逆性等。因此,将农用稀土微肥应用到中药材种植产业中将成为必然趋势,进而推动中药材种植产业迅速发展。

[利益冲突] 本文不存在任何利益冲突。

#### [参考文献]

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2020:133.
- [2] 何元,顾崇梅,郭华荣. 不同产地当归药材HPLC指纹图谱的建立及2种主成分含量测定[J]. 中兽医医药杂志, 2019, 38(6):30-35.
- [3] 闫宏丽,马旭彤,邓秀平,等. 当归-白芍药对HPLC指纹图谱建立[J]. 中成药, 2020, 42(5):1376-1379.
- [4] 杨蕊菁,赵磊,夏鹏飞,等. 不同产地当归药材9种成分的含量测定及主成分分析[J]. 中药新药与临床药理, 2020, 31(4):473-477.
- [5] 巩瑞. 当归的药理作用研究进展[J]. 黑龙江科技信息, 2015(17):111-112.
- [6] 朱芳莹,胡亚雯,姜哲,等. 东当归化学成分及其药理活性的研究进展[J]. 延边大学学报:自然科学版, 2020, 46(2):176-181.
- [7] 赵静,夏晓培. 当归的化学成分及药理作用研究现状[J]. 临床合理用药杂志, 2020, 13(6):172-174.
- [8] 冯彬彬,张建海. 当归质量标准评价研究进展[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(3):22-25.
- [9] 陈玉武,张海星,高晓昱,等. 陇药种植产业发展现状及对策研究[J]. 中国药学杂志, 2020, 55(6):486-490.
- [10] 薛玉华. 新型植物生长调节剂——稀土微肥[J]. 农村百事通, 2012(14):39-40.
- [11] 张塞,王登红,王伟,等. 稀土磷肥及含稀土磷矿在农业领域的应用效果与前景[J]. 中国稀土学报, 2020, 38(5):583-593.
- [12] 黄粮山. 稀土微肥在农作物中的作用机理[J]. 北京农业, 2012(9):80-43.
- [13] 于品华. 硼、锰及稀土微肥在当归栽培中的应用效果

- [J]. 中药材, 2004, 27(3): 159-160.
- [14] 覃正芬, 覃大学, 汤申成. 氨基酸螯合稀土微肥对水稻生长发育及产量的影响[J]. 湖南农业科学, 2006(3): 61, 65.
- [15] 周伟, 沈亚芳, 刘材材, 等. 稀土微肥对铁皮石斛试管苗壮苗的影响[J]. 中草药, 2006, 37(11): 1719-1723.
- [16] 韩多红, 王恩军, 张勇, 等. 稀土微肥对黑果枸杞幼苗耐旱性的影响[J]. 中国野生植物资源, 2020, 39(7): 22-26.
- [17] 彭威, 张友民. 叶面喷施硼、钼及稀土微肥对五味子成花及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(17): 8955-8956, 8977.
- [18] 王晓红. 施用稀土微肥应注意的问题[J]. 河北农业, 1999(9): 3-5.
- [19] 叶晓娅, 薛晓会. HPLC法同时测定当归片中阿魏酸、洋川芎内酯 I 和藁本内酯的含量[J]. 中国药品标准, 2018, 19(4): 295-298.
- [20] 邓雪琪, 管小军, 黄娜娜, 等. HPLC法同时测定当归中8种成分[J]. 中成药, 2020, 42(8): 2075-2079.
- [21] 骆嫄, 潘娉娉, 章建华, 等. HPLC法同时测定丹参-当归药对中7个成分的含量[J]. 药物分析杂志, 2018, 38(10): 1689-1696.
- [22] 韩多红, 王恩军, 张勇. 稀土微肥对干旱胁迫下黄芪幼苗生理特性的影响[J]. 中国野生植物资源, 2021, 40(4): 33-37.
- [23] 徐珂, 晋小军, 刘莉莉, 等. 直播当归生长发育及覆盖方式适宜性探究[J]. 中成药, 2020, 42(8): 2224-2229.
- [24] 肖婉君, 郭凤霞, 陈垣, 等. 施用有机肥对当归药材性状、产量及抗病性的影响[J]. 草业学报, 2021, 30(3): 189-199.
- [25] 刘利杉, 黄楚瑜, 黄运湘, 等. 稀土微肥对烟草镉胁迫的缓解效应[J]. 中国农学通报, 2016, 32(6): 113-118.
- [26] 罗连光, 黄若玲, 贺爱国, 等. 生物活性稀土微肥对红地球葡萄产量与品质的影响[J]. 中国稀土学报, 2006, 24(Z1): 200-202.

[责任编辑 顾雪竹]