

## 不同氮素形态和浓度水平对浙贝母产量和品质的影响

罗静<sup>1</sup>, 母茂君<sup>2</sup>, 王骞<sup>2</sup>, 文明<sup>2</sup>, 朱芙蓉<sup>2</sup>, 鄢小红<sup>2</sup>, 周浓<sup>2\*</sup>

(1. 重庆第二师范学院生物与化学工程学院, 重庆 400067;

2. 重庆三峡学院生物与食品工程学院三峡库区道地药材绿色种植与深加工重庆市工程实验室, 重庆 404120)

**[摘要]** 目的:研究不同氮素形态配施对浙贝母产量和品质的影响,为浙贝母氮肥的科学施用及重庆地区的迁地引种提供依据。方法:采用盆栽试验法,研究了2种氮素形态的5种浓度水平即硝态氮( $\text{NO}_3^-$ -N)-铵态氮( $\text{NH}_4^+$ -N)为15:0(N1),12:3(N2),7.5:7.5(N3),3:12(N4),0:15(N5)处理下,引种栽培的浙贝母生长及生理生化、土壤因子、生物碱含量及产量的变化。结果:与不施氮(CK)处理组相比,不同氮素营养配施对浙贝母生长和品质均有显著提高,相互间存在差异。其中,随着铵态氮浓度的增加:①在硝态氮-铵态氮比为3:12时,株高、超氧化物歧化酶(SOD)活性达到最大,较CK组分别增加了9.27%,206.62%;②在硝态氮-铵态氮比为0:15时,叶长,叶宽,茎粗,叶绿素a,叶绿素b,叶绿素总量,速效磷含量,有机质含量、总生物碱含量/产量达到最大,分别高于CK处理组14.02%,16.44%,13.68%,40.75%,45.31%,41.72%,77.70%,14.70%,24.61%/47.39%;随着硝态氮浓度的增加;③在硝态氮-铵态氮比为7.5:7.5时,叶形指数、可溶性蛋白含量、贝母辛含量/产量、贝母素乙产量、鳞茎干重均达到最大,分别高于CK处理组2.54%,5.92%,21.76%/54.55%,60.61%,26.93%;④在硝态氮-铵态氮比为12:3时,类胡萝卜素含量、色素含量、过氧化物酶(POD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性、贝母素甲含量/产量、贝母素乙含量、贝母素(甲+乙)含量/产量、贝母素(甲+乙)+贝母辛含量/产量、鳞茎湿重均达到最大,分别高于CK处理组45.39%,45.31%,271.38%,67.45%,39.82%/64.87%,36.01%,38.90%/63.80%,37.03%/61.57%,20.29%。结论:较高比例的铵态氮利于浙贝母的生长;而较高比例的硝态氮利于浙贝母鳞茎的生长以及代谢产物生物碱的积累。氮素配比施用(硝态氮-铵态氮比为12:3)较单一形态氮素更有利于提高浙贝母的产量和品质。

**[关键词]** 浙贝母; 氮素形态; 产量; 品质

**[中图分类号]** R284.2;R289;R22;R2-031 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2020)16-0168-07

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.20201713

**[网络出版地址]** <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20200605.1604.005.html>

**[网络出版日期]** 2020-6-5 17:22

### Effect of Different Nitrogen Forms and Concentrations on Yield and Quality of *Fritillaria thunbergii*

LUO Jing<sup>1</sup>, MU Mao-jun<sup>2</sup>, WANG Qian<sup>2</sup>, WEN Ming<sup>2</sup>, ZHU Fu-rong<sup>2</sup>, WU Xiao-hong<sup>2</sup>, ZHOU Nong<sup>2\*</sup>

(1. School of Biological and Chemical Engineering, Chongqing University of Education, Chongqing 400067, China; 2. Chongqing Engineering Laboratory for Green Planting and Deep Processing of Genuine Medicinal Materials in Three Gorges Reservoir Region, College of Biological and Food Engineering, Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404120, China)

**[Abstract]** **Objective:** To investigate the effect of different nitrogen forms and concentrations on yield and quality in *Fritillaria thunbergii*, and provide basis for improving scientific utilization of nitrogenous fertilizer

**[收稿日期]** 20200513(006)

**[基金项目]** 重庆市技术创新与应用示范项目(cstc2018jscx-msybX0367);2018年重庆三峡学院市级大学生实践创新训练项目(201810643027);重庆市教委科学技术研究计划项目(KJQN201901614)

**[第一作者]** 罗静, 硕士, 副主任中药师, 从事中药资源可持续利用与质量控制研究, E-mail: jasmine1002@163.com

**[通信作者]** \*周浓, 硕士, 教授, 硕士生导师, 从事药用植物栽培与质量控制研究, E-mail: erhaizn@126.com

and its introduction to Chongqing area. **Method:** The pot culture experiment was conducted to investigate the changes in growth, physiological and biochemical characteristics, soil factors, alkaloid content and yield of *Fritillaria thunbergii* under the ratio of nitrate nitrogen( $\text{NO}_3^-$ -N) to ammonium nitrogen( $\text{NH}_4^+$ -N) of 15:0(N1), 12:3(N2), 7.5:7.5(N3), 3:12(N4) and 0:15(N5). **Result:** As compared with no-nitrogen(CK) treatment group, the growth and quality of *F. thunbergii* were significantly improved by different nitrogen nutrition treatments, with differences among them. With the increase of ammonium nitrogen concentration: ① plant height and the activity of superoxide dismutase(SOD) reached the maximum when the ratio of  $\text{NO}_3^-$ -N to  $\text{NH}_4^+$ -N was 3:12, increased by 9.27% and 206.62% respectively compared with the CK group, ② the length and width of leaf, stem diameter, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll content, the content of available P and organic matter, total alkaloid content and yield reach the maximum when the ratio of  $\text{NO}_3^-$ -N to  $\text{NH}_4^+$ -N was 0:15, increased by 14.02%, 16.44%, 13.68%, 40.75%, 45.31%, 41.72%, 77.70%, 14.70%, 24.61%/47.39% respectively compared with the CK group, with the increase of nitrate nitrogen concentration, ③ the leaf index, soluble protein content, peimisine content/yield, yield of peimine and dry weight of bulbs reached the maximum when the ratio of  $\text{NO}_3^-$ -N to  $\text{NH}_4^+$ -N was 7.5:7.5, increased by 2.54%, 5.92%, 21.76%/54.55%, 60.61% and 26.93%, respectively compared with the CK group, ④ the content of carotenoids, pigment and peimine, the activity of peroxidase(POD) and catalase(CAT), the content/yield of peimine, both peimine and peiminine, both peimine, peiminine and peimisine, dry weight of bulbs reached the maximum when the ratio of  $\text{NO}_3^-$ -N to  $\text{NH}_4^+$ -N was 12:3, increased by 45.39%, 45.31%, 36.01%, 271.38%, 67.45%, 39.82%/64.87%, 38.90%/63.80%, 37.03%/61.57%, 20.29% respectively compared with the CK group. **Conclusion:** All the results indicated that a higher proportion of  $\text{NH}_4^+$ -N is beneficial to the growth of *F. thunbergii*, while  $\text{NO}_3^-$ -N is beneficial to the accumulation of alkaloids and the growth of bulbs. Therefore, the combined application of ammonium and nitrate( $\text{NO}_3^-$ -N to  $\text{NH}_4^+$ -N ratio of 12:3) is more effective than pure nitrate or pure ammonium applications to improve the yield and quality of *F. thunbergii*.

[Key words] *Fritillaria thunbergii*; nitrogen form; yield; quality

在现代化中药材栽培中,高肥力的土壤是保障药材优质高产不可或缺的物质基础,合理的施肥可补充土壤所缺营养元素,保持土壤肥力的不断提高<sup>[1-2]</sup>。有着“生命之素”之称的氮素是药用植物须从土壤中获取最大的营养元素<sup>[3]</sup>,是植物体内蛋白质与代谢酶、遗传物质核酸以及黄酮类物质、生物碱等次生代谢产物的重要结构组分<sup>[4]</sup>,氮肥通过影响着药用植物的营养吸收与生长发育、光合速率以及代谢转化等过程,成为限制土壤可持续利用、中药材生长与产量品质形成的首要措施<sup>[5]</sup>。而多年栽培试验表明不同药用植物存在对不同氮源的偏好,尤其表现出对2种主要氮源—硝态氮( $\text{NO}_3^-$ -N)和铵态氮( $\text{NH}_4^+$ -N)的“联合效应”<sup>[6]</sup>。目前,国内外有关不同氮肥配施对药用植物的优质高产、抗逆指标和生物量影响已有大量报道。隋利等<sup>[7]</sup>发现施用一定硝铵比的氮肥能促进紫苏生长和生物量提高,增强其抗氧化酶等抗逆指标,并有助于主要成分紫苏精油的积累;李娟娟等<sup>[8]</sup>研究发现施肥中可通过增加硝态氮的比例来提高薄荷精油含量;不同氮素营养

可显著影响天门冬生物量、叶绿素以及皂苷等主要活性成分含量,且较高比例硝态氮适合食用,较高比例铵态氮适合药用<sup>[9]</sup>;合理配施氮肥不仅可促进新疆贝母的生长和鳞茎发育<sup>[10]</sup>,也会提高藿香的生物量、抗逆性以及总黄酮、挥发油含量<sup>[11]</sup>。

浙贝母作为镇咳化痰的重要中药,被历版《中国药典》收载<sup>[12]</sup>,是很多医药企业生产清肺止咳丸、养阴清肺丸、通宣理肺丸等制剂的主要原药材,年用量达到23万~24万kg<sup>[13]</sup>,在我国出口药材中所占比例可达40%<sup>[14]</sup>。由于长年不节制采挖以至野生资源匮乏,导致目前市场上的浙贝母多为人工栽培<sup>[15]</sup>,但人工栽培中,由于农户的分散种植,施肥常靠经验,药材质量参差不齐,存在繁殖率低<sup>[16]</sup>、连作障碍<sup>[17]</sup>、土壤肥力问题<sup>[18]</sup>、种茎越冬问题<sup>[19]</sup>,而氮素是组成浙贝母主要药效成分—生物碱的重要元素,因此,基于浙贝母生物碱合成与其对土壤中氮素吸收基础上的氮肥合理施用是实现浙贝母高产稳产的重要保证。目前已有研究表明氮肥能提高浙贝母的产量<sup>[20-21]</sup>,但不同氮素形态及浓度对比对浙贝

母的研究尚未见报道。本文此基础上,研究不同铵态氮和硝态氮配比对来源于浙江东阳引种于重庆奉节的浙贝母生长及生理生化、土壤因子、生物碱含量及产量等影响,以期为浙贝母科学施肥以及重庆地区的迁地引种提供依据。

## 1 材料

浙贝母新鲜鳞茎采自浙江省东阳市千祥镇种植基地同一批大小基本一致的样品,经重庆三峡学院三峡库区道地药材绿色种植与深加工重庆市工程实验室周浓教授鉴定为百合科贝母属浙贝母 *Fritillaria thunbergii* 的鳞茎。供试土壤为筛出大石后的栽培基地沙壤土:pH 6.63,有机质质量分数 8.429 g·kg<sup>-1</sup>,全氮质量分数 0.071 g·kg<sup>-1</sup>,速效氮质量分数 21.814 mg·kg<sup>-1</sup>,全磷质量分数 0.667 g·kg<sup>-1</sup>,速效磷质量分数 38.131 mg·kg<sup>-1</sup>,全钾质量分数 13.048 g·kg<sup>-1</sup>,速效钾质量分数 68.972 mg·kg<sup>-1</sup>。

## 2 方法

**2.1 试验设计** 试验在重庆市奉节县冯坪乡浙贝母优质种源基地露地,于2017年10月至2018年5月进行。试验分别以硝酸钾、硫酸铵为硝态氮(NO<sub>3</sub>-N)、铵态氮(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)的氮源,分别设6个NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N处理水平,分别为15:0(N1),12:3(N2),7.5:7.5(N3),3:12(N4),0:15(N5),0:0(CK)(质量比),另加7 μmol·L<sup>-1</sup>二氰胺作为硝化抑制剂,重复5次。试验用30个40 cm×50 cm加厚无纺布美植袋,每袋装风干土12 kg,定植3株浙贝母[单个鳞茎鲜重(15±2)g]。各组均施浓度为0.1 g·kg<sup>-1</sup>的N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O[肥源CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>]为基肥,商品有机肥(有机质质量分数45%以上,不含氮磷钾肥)各3.0 g·kg<sup>-1</sup>为基肥,于2017年10月2日移栽时施入。不同浓度配比的氮肥,配成水溶液一次浇入。整个生长期按常规管理。

**2.2 样品采集与处理** 2018年3月期间,选择浙贝母健康植株中部整无损、长势优良的叶片用于生长指标的测定,测定后采集并保存于恒温箱,带回实验室用于生理生化测定。不同施肥处理组浙贝母倒苗后,于2018年5月18日收获浙贝母的鳞茎、土壤,鳞茎洗净后烘干,用于品质分析;根际土壤按要求采集与风干,用于土壤养分测定。

## 2.3 测定项目及方法

**2.3.1 浙贝母生长指标的测定** 选择浙贝母生长期长势优良、健康并完整无损的叶片,测量不同处理组的叶长、叶宽、株高、茎粗、叶形指数(叶长/叶宽)等生长指标,每个处理重复15次,取其平均值。

**2.3.2 浙贝母叶片生理生化的测定** 摘取测定气体交换的叶片,叶片光合色素、可溶性蛋白含量采用张志良等<sup>[22]</sup> 记载方法测定;超氧化物歧化酶(SOD),过氧化物酶(POD),过氧化氢酶(CAT)活性,丙二醛(MDA),可溶性糖含量分别采用氮蓝四唑法(NBT),愈创木酚法,紫外分光光度法(UV),硫代巴比妥酸法(TBA)测定。

**2.3.3 浙贝母根际土壤因子的测定** 土壤因子分析测定参考《土壤农化分析》(第三版)<sup>[23]</sup>。采用5点取样法分别采集不同处理的栽培土壤,重复5次。速效氮采用LY/T 1228-2015的方法测定;速效磷采用碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法;速效钾采用乙酸铵浸提火焰光度法;土壤有机质采用重铬酸钾容量法-稀释热法;土壤pH采用电位法。

**2.3.4 浙贝母鳞茎的品质分析** 浙贝母鳞茎的总生物碱采用姚德中等<sup>[24]</sup>所报道的方法进行测定,贝母素甲、贝母素乙、贝母辛采用王路伟等<sup>[25]</sup>文献方法。

**2.4 数据分析** 采用EXCEL 2003和SPSS 20.0统计软件。

## 3 结果

**3.1 不同氮素配比对浙贝母生长指标的影响** 氮作为限制药用植物生长的首要元素,通过施加氮肥来提高土壤有效氮能直接加快细胞的代谢从而促进药材生长。不同形态氮素和浓度处理对浙贝母幼苗叶长、叶宽、株高、茎粗等生长指标有比较显著影响,且随着铵态氮浓度的增加,浙贝母幼苗的株高、叶长、叶宽、茎粗值不断增加,在硝铵比为3:12时,株高达到最大,高于CK处理组9.27%;在全铵即硝铵比为0:15时叶长、叶宽、茎粗值达到最大,分别高于CK处理组14.02%,16.44%,13.68%。另外在硝铵比为7.5:7.5时叶形指数大于其他处理,但各处理组间叶形指数差异不显著。见表1。

表1 不同氮素形态和浓度对浙贝母生长指标的影响( $\bar{x}\pm s, n=15$ )

Table 1 Effects of different nitrogen forms and concentrations on growth index of *Fritillaria thunbergii* ( $\bar{x}\pm s, n=15$ )

No.	叶长/cm	叶宽/cm	叶形指数	株高/cm	茎粗/cm
N1	10.07±0.77 <sup>a</sup>	0.80±0.08 <sup>ab</sup>	12.59±4.78 <sup>a</sup>	49.03±4.59 <sup>a</sup>	4.26±0.36 <sup>a</sup>
N2	9.50±0.54 <sup>ab</sup>	0.75±0.05 <sup>bc</sup>	12.67±4.53 <sup>a</sup>	48.86±3.34 <sup>a</sup>	4.04±0.24 <sup>ab</sup>
N3	9.90±0.51 <sup>a</sup>	0.77±0.07 <sup>bc</sup>	12.91±4.71 <sup>a</sup>	49.16±3.76 <sup>a</sup>	3.95±0.31 <sup>ab</sup>
N4	10.08±0.96 <sup>a</sup>	0.82±0.06 <sup>ab</sup>	12.29±4.80 <sup>a</sup>	52.48±4.52 <sup>a</sup>	3.85±0.31 <sup>ab</sup>
N5	10.49±0.86 <sup>a</sup>	0.85±0.09 <sup>a</sup>	12.29±4.95 <sup>a</sup>	51.46±6.36 <sup>a</sup>	4.32±0.38 <sup>a</sup>
CK	9.20±0.77 <sup>b</sup>	0.73±0.11 <sup>c</sup>	12.63±4.43 <sup>a</sup>	48.03±5.26 <sup>a</sup>	3.80±0.28 <sup>b</sup>

注:每组同列相同字母代表差异不显著( $P>0.05$ ),不同字母代表差异显著( $P<0.05$ )(表2~8同)。

**3.2 不同氮素配比对浙贝母叶片光合色素含量的影响** 氮作为叶绿素的组成元素,参与药用植物的光合作用,科学的施加氮肥能促进光合产物含量的提高。随着 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 比例的升高,叶绿素类含量、类胡萝卜素、色素含量呈现先升后降再升的变化。当

$\text{NO}_3^-\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为12:3时,类胡萝卜素、色素含量均最高,高于空白45.39%,45.31%;叶绿素a,叶绿素b与叶绿素总量在全 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 处理下含量最高,在CK基础上高出40.75%,45.31%及41.72%;而叶绿素a/b在各处理组之间差异不明显。见表2。

表2 不同氮素形态和浓度水平对浙贝母叶光合色素质量分数的影响( $\bar{x}\pm s, n=5$ )

Table 2 Effects of different nitrogen forms and concentrations on photosynthetic pigment content of *F. thunbergii* ( $\bar{x}\pm s, n=5$ )

No.	类胡萝卜素/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	叶绿素 a/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	叶绿素 b/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	叶绿素总量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	叶绿素 a/b	色素质量分数/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$
N1	6.504 3±0.669 1 <sup>bc</sup>	22.696 5± 2.728 2 <sup>ab</sup>	6.260 5±0.660 4 <sup>ab</sup>	28.957 0±3.381 5 <sup>ab</sup>	3.625 3±0.087 6 <sup>a</sup>	434.004 4±44.387 8 <sup>b</sup>
N2	7.942 0±0.616 2 <sup>a</sup>	26.395 8±4.177 1 <sup>a</sup>	7.339 6±1.279 1 <sup>a</sup>	33.735 3±5.455 1 <sup>a</sup>	3.596 4±0.065 8 <sup>a</sup>	529.508 9± 40.275 2 <sup>a</sup>
N3	6.415 2±0.301 1 <sup>bc</sup>	23.544 2±1.233 5 <sup>ab</sup>	6.370 4±0.379 4 <sup>ab</sup>	29.914 6±1.612 6 <sup>ab</sup>	3.695 9±0.028 5 <sup>a</sup>	428.003 6±19.505 6 <sup>bc</sup>
N4	6.697 6±0.601 4 <sup>b</sup>	23.375 3±2.109 7 <sup>ab</sup>	6.368 9±0.561 0 <sup>ab</sup>	29.744 1±2.668 8 <sup>ab</sup>	3.670 2±0.030 0 <sup>a</sup>	446.862 6±39.178 2 <sup>b</sup>
N5	7.744 1±0.778 6 <sup>a</sup>	27.390 2±3.504 6 <sup>a</sup>	7.655 6±1.075 6 <sup>a</sup>	35.045 8±4.569 6 <sup>a</sup>	3.577 8±0.091 2 <sup>a</sup>	516.568 5± 52.156 3 <sup>a</sup>
CK	5.462 7±0.802 0 <sup>c</sup>	19.460 8±3.559 6 <sup>b</sup>	5.268 4±1.105 7 <sup>b</sup>	24.729 2±4.663 7 <sup>b</sup>	3.693 9±0.105 0 <sup>a</sup>	364.388 3±54.264 6 <sup>c</sup>

**3.3 不同氮素配比对浙贝母叶片保护酶活性的影响** 氮能增加药用植物的抗逆性,不同氮肥处理对浙贝母叶片保护酶活性表现出显著地影响。随硝铵比的增加,SOD含量呈现先升后降的变化;CAT,POD含量均呈现出先升后降再升的变化。在 $\text{NO}_3^-\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为12:3时,POD,CAT含量达最高,分别高出CK组271.38%,67.45%,SOD含量在 $\text{NO}_3^-\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为3:12时最高,高出CK组206.62%。见表3。

表4 不同氮素形态和浓度处理对浙贝母MDA,可溶性糖,可溶性蛋白含量的影响( $\bar{x}\pm s, n=5$ )

Table 4 Effect of nitrogen forms and concentrations on content of MDA, soluble sugar and soluble protein in *F. thunbergii* ( $\bar{x}\pm s, n=5$ )

No.	MDA/ $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$	可溶性糖/ $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$	可溶性蛋白/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$
N1	0.056 4±0.004 0 <sup>a</sup>	0.950 2±0.036 0 <sup>a</sup>	3.258 3±0.028 1 <sup>bc</sup>
N2	0.057 6±0.007 6 <sup>a</sup>	0.895 6±0.097 1 <sup>a</sup>	3.301 7±0.041 4 <sup>bc</sup>
N3	0.059 6±0.011 2 <sup>a</sup>	1.0183±0.268 8 <sup>a</sup>	3.418 7±0.105 5 <sup>a</sup>
N4	0.054 9±0.001 6 <sup>a</sup>	1.055 1±0.092 0 <sup>a</sup>	3.304 3±0.020 2 <sup>bc</sup>
N5	0.052 2±0.004 6 <sup>a</sup>	0.986 3±0.089 2 <sup>a</sup>	3.333 3±0.010 7 <sup>ab</sup>
CK	0.047 9±0.005 5 <sup>a</sup>	0.873 3±0.096 4 <sup>a</sup>	3.227 5±0.042 1 <sup>c</sup>

表3 不同氮素形态和浓度处理对浙贝母叶片保护酶活性的影响( $\bar{x}\pm s, n=5$ )

Table 3 Effect of nitrogen forms and concentrations on protective enzyme activity of *F. thunbergii* ( $\bar{x}\pm s, n=5$ )

No.	CAT	POD	SOD
N1	8.951 5±0.711 6 <sup>b</sup>	12.053 8±1.155 0 <sup>a</sup>	127.449 5±34.901 4 <sup>bc</sup>
N2	11.741 3±1.180 1 <sup>a</sup>	13.446 9±0.355 4 <sup>a</sup>	181.263 4±51.316 2 <sup>b</sup>
N3	11.224 5±0.760 1 <sup>a</sup>	9.612 3±0.755 4 <sup>b</sup>	245.961 5±22.353 1 <sup>a</sup>
N4	8.933 7±0.708 0 <sup>b</sup>	7.354 8±0.572 1 <sup>c</sup>	263.118 7±22.398 1 <sup>a</sup>
N5	10.373 0±0.879 1 <sup>ab</sup>	9.022 7±0.856 8 <sup>b</sup>	183.185 7±26.604 5 <sup>b</sup>
CK	7.011 9±0.457 1 <sup>c</sup>	3.620 8±0.159 1 <sup>d</sup>	85.813 9±10.076 9 <sup>c</sup>

**3.4 不同氮素配比对浙贝母MDA,可溶性糖,可溶性蛋白含量的影响** 不同氮素配比对MDA,可溶性糖含量影响不显著,但对可溶性蛋白含量影响呈先增后降再增的变化,在 $\text{NO}_3^-\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为7.5:7.5时可溶性蛋白质量分数最高达3.418 7  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ,分别比全硝处理高4.92%,比全铵处理高2.56%,比CK处理组高5.92%。见表4。

氮、速效磷、速效钾、有机质含量。在 $\text{NO}_3^-\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为15:0的土壤中速效氮、速效钾的含量均最高,比CK分别高46.95%和117.27%;当 $\text{NO}_3^-\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为0:15的土壤中速效磷、有机质含量最高,比CK组分别高77.70%,14.70%;而 $\text{NO}_3^-\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为12:3,3:12的土壤中有机的含量比CK组分别低17.12%,26.16%,且均达到显著水平。pH随着硝铵比的增大有所下降的趋势, $\text{NO}_3^-\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为0:15时pH最低,低于CK组,土壤有酸化的趋势。见表5。

**3.5 不同氮素配比对浙贝母根际土壤因子的影响** 不同氮素配比主要影响浙贝母根际土壤的速效

**3.6 不同氮素配比对浙贝母鳞茎中生物碱类含量的影响** 增施氮肥,可促进浙贝母对土壤养分的吸收,从而利于浙贝母生物碱类含量的积累。不同浓度配比的氮肥处理下,随着铵态氮浓度的增大,浙贝母鳞茎总生物碱含量呈现先升高后降低再升高的变化,在 $\text{NO}_3^-\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为0:15时到最高较对照高出24.61%;而贝母素甲、贝母素乙、贝母辛这三类生物碱的含量呈现先升高后降低的趋势,在 $\text{NO}_3^-\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为12:3时贝母素甲,贝母素乙,贝母素(甲+乙),贝母素(甲+乙)+贝母辛含量最大,分别高出CK

表5 不同氮素形态和浓度水平下浙贝母根际土壤养分含量的变化( $\bar{x} \pm s, n=5$ )

Table 5 Changes of nutrient contents in rhizosphere soil of *F. thunbergii* with different nitrogen forms and concentrations( $\bar{x} \pm s, n=5$ )

No.	速效氮/mg·kg <sup>-1</sup>	速效磷/mg·kg <sup>-1</sup>	速效钾/mg·kg <sup>-1</sup>	有机质/g·kg <sup>-1</sup>	pH
N1	29.489 3±3.879 4 <sup>a</sup>	42.215 3±0.911 8 <sup>ab</sup>	457.307 4±15.242 4 <sup>a</sup>	22.504 4±3.065 6 <sup>ab</sup>	6.64±0.02 <sup>b</sup>
N2	22.047 5±2.478 5 <sup>b</sup>	35.306 4±5.010 3 <sup>bc</sup>	310.316 0±7.907 1 <sup>b</sup>	17.811 9±2.762 6 <sup>bc</sup>	6.63±0.04 <sup>b</sup>
N3	20.303 4±0.002 1 <sup>b</sup>	39.891 1±4.075 2 <sup>bc</sup>	275.065 4±11.610 2 <sup>c</sup>	22.296 1±0.012 6 <sup>ab</sup>	6.60±0.02 <sup>bc</sup>
N4	21.465 3±5.049 2 <sup>b</sup>	32.833 8±3.285 6 <sup>cd</sup>	214.276 6±0.151 6 <sup>d</sup>	15.868 9±1.317 4 <sup>c</sup>	6.76±0.02 <sup>a</sup>
N5	26.076 3±3.631 7 <sup>ab</sup>	47.848 8±6.197 8 <sup>a</sup>	244.380 5±18.202 8 <sup>c</sup>	24.648 3±1.452 9 <sup>a</sup>	6.52±0.02 <sup>d</sup>
CK	20.067 5±2.252 1 <sup>b</sup>	26.926 2±2.436 8 <sup>d</sup>	210.474 7±8.757 3 <sup>d</sup>	21.489 9±2.763 6 <sup>ab</sup>	6.57±0.02 <sup>cd</sup>

组 39.82%, 36.01%, 38.90%, 37.03%。贝母辛 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 为 7.5:7.5 时含量最大, 比 CK 组高 21.76%。因

此, 总体上, 一定比例的确态氮和铵态氮配施有利于浙贝母这三类生物碱的合成和积累。见表 6。

表6 不同氮素形态和浓度水平下浙贝母鳞茎的生物碱含量( $\bar{x} \pm s, n=5$ )

Table 6 Alkaloids in bulbs of *F. thunbergii* under different nitrogen forms and concentrations( $\bar{x} \pm s, n=5$ )

No.	贝母素甲	贝母素乙	贝母辛	贝母素甲+贝母素乙	贝母素甲+贝母素乙+贝母辛	总生物碱
N1	0.373 1±0.036 9 <sup>b</sup>	0.127 0±0.011 3 <sup>ab</sup>	0.050 9±0.005 2 <sup>a</sup>	0.500 1±0.047 9 <sup>b</sup>	0.551 0±0.249 3 <sup>b</sup>	6.876 1±0.699 5 <sup>a</sup>
N2	0.517 6±0.046 1 <sup>b</sup>	0.159 4±0.024 2 <sup>a</sup>	0.056 3±0.006 2 <sup>a</sup>	0.677 0±0.321 7 <sup>a</sup>	0.733 4±0.356 5 <sup>a</sup>	7.091 7±0.220 7 <sup>a</sup>
N3	0.411 9±0.049 4 <sup>b</sup>	0.148 3±0.015 3 <sup>ab</sup>	0.058 2±0.001 8 <sup>a</sup>	0.560 2±0.113 3 <sup>ab</sup>	0.618 4±0.270 2 <sup>ab</sup>	6.572 6±0.722 1 <sup>a</sup>
N4	0.418 0±0.008 7 <sup>b</sup>	0.121 4±0.008 9 <sup>b</sup>	0.055 0±0.005 4 <sup>a</sup>	0.539 4±0.078 9 <sup>b</sup>	0.594 4±0.284 9 <sup>ab</sup>	6.557 2±0.395 0 <sup>a</sup>
N5	0.398 3±0.007 7 <sup>b</sup>	0.141 2±0.005 5 <sup>ab</sup>	0.054 1±0.007 6 <sup>a</sup>	0.539 4±0.088 0 <sup>b</sup>	0.593 6±0.306 8 <sup>ab</sup>	7.341 3±1.464 5 <sup>a</sup>
CK	0.370 2±0.045 6 <sup>a</sup>	0.117 2 ±0.005 5 <sup>b</sup>	0.047 8±0.000 5 <sup>a</sup>	0.487 4±0.051 1 <sup>b</sup>	0.535 2±0.272 0 <sup>b</sup>	5.891 5±0.135 6 <sup>a</sup>

3.7 不同氮素配比对浙贝母鳞茎生物碱产量的影响 增施氮肥, 可促进浙贝母对土壤养分的吸收, 从而利于浙贝母鳞茎及生物碱类产量的提高。氮肥可显著提高浙贝母鳞茎产量和生物碱产量, 表现出先升高后降低再回升的总体趋势。氮素对浙贝母鳞茎产量的影响比较显著, 随着硝铵比的增加, 鳞茎湿重和干重分别在 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 12:3, 7.5:7.5 时达到最大值, 分别为 58.798 1, 15.956 3 mg/株, 比全硝处理和全铵处理高, 分别高出 CK 处理的 20.29% 和 26.93%。见表 7。

表7 不同氮素形态和浓度对浙贝母鳞茎产量的影响( $\bar{x} \pm s, n=5$ )

Table 7 Effect of different nitrogen forms and concentrations on bulb yield of *F. thunbergii*( $\bar{x} \pm s, n=5$ )

No.	干重	湿重
N1	14.173 2±0.564 1 <sup>a</sup>	55.486 9± 5.298 6 <sup>abc</sup>
N2	14.824 4±0.561 0 <sup>a</sup>	58.798 1±5.530 6 <sup>a</sup>
N3	15.956 3±1.446 2 <sup>a</sup>	58.471 8±9.723 5 <sup>ab</sup>
N4	13.921 2±0.7007 <sup>a</sup>	49.300 2±2.774 9 <sup>bc</sup>
N5	14.869 9±2.439 3 <sup>a</sup>	55.203 8±4.485 6 <sup>abc</sup>
CK	12.571 2±2.548 4 <sup>a</sup>	48.8791±1.414 8 <sup>c</sup>

其中总生物碱产量在 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 为 0:15 时达到最大值, 为 109.165 1 mg/株, 比对照增产

47.39%。在 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 为 12:3 时总生物碱产量为 105.130 7 mg·株<sup>-1</sup>, 产量增产 41.95%; 贝母素甲, 贝母素(甲+乙), 贝母素(甲+乙)+贝母辛达到最大值, 分别为 7.673 1, 10.036 1, 10.870 7 mg/株, 分别比对照增产 64.87%, 63.80%, 61.57%; 在 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 为 7.5:7.5 时贝母素乙、贝母辛达到最大值, 分别为 2.366 3, 0.928 7 mg/株, 分别增产 60.61%, 54.55%。见表 8。

#### 4 讨论

氮素在药用植物生命活动中占有首要的地位, 是其产量形成的首要限制因素, 并对中药材质量有重要影响。因此, 本试验设计了不同氮素配施对浙贝母生长、生理生化、根际土壤、产量、生物碱类含量的影响, 为浙贝母氮肥的科学施用及重庆地区的迁地引种提供数据参考。

4.1 不同氮素配比对浙贝母生长的影响 氮素是药用植物健康生长不可缺少的重要元素, 在氮肥供应充足的情况下, 植株枝繁叶茂、分枝能力强而高大。氮肥缺乏时, 细胞伸长和分裂受到抑制, 蛋白质、核酸、叶绿素、酶和某些维生素等各种物质合成受阻, 植株生长缓慢, 植株矮小。

大量试验表明, 不同的药用植物对硝态氮和铵态氮表现出不同的吸收偏好, 而且氮肥配施更利于

表8 不同氮素形态和浓度水平对浙贝母鳞茎生物碱产量的影响( $\bar{x} \pm s, n=5$ )

处理组	总生物碱	贝母素甲	贝母素乙	贝母素甲+贝母素乙	贝母辛	贝母素甲+贝母素乙+贝母辛
N1	97.456 3±10.410 0 <sup>a</sup>	5.288 0±0.506 6 <sup>b</sup>	1.800 0±0.142 9 <sup>ab</sup>	7.088 0±0.702 2 <sup>b</sup>	0.721 4±0.052 1 <sup>b</sup>	7.809 4±0.920 8 <sup>b</sup>
N2	105.130 7±3.886 9 <sup>a</sup>	7.673 1±0.736 6 <sup>a</sup>	2.363 0±0.328 2 <sup>a</sup>	10.036 1±1.035 4 <sup>a</sup>	0.834 6±0.093 8 <sup>ab</sup>	10.870 7±0.998 7 <sup>a</sup>
N3	104.874 4±17.318 2 <sup>a</sup>	6.527 4±0.695 6 <sup>b</sup>	2.366 3±0.332 6 <sup>ab</sup>	8.938 7±1.270 9 <sup>ab</sup>	0.928 7±0.081 0 <sup>a</sup>	9.867 4±1.321 0 <sup>ab</sup>
N4	91.284 1±3.733 2 <sup>a</sup>	5.819 1±0.212 1 <sup>b</sup>	1.690 0±0.125 9 <sup>b</sup>	7.509 1±0.271 3 <sup>b</sup>	0.765 7±0.089 2 <sup>b</sup>	8.274 8±0.209 1 <sup>ab</sup>
N5	109.165 1±10.335 4 <sup>a</sup>	5.922 7±0.653 9 <sup>b</sup>	2.099 6±0.130 6 <sup>ab</sup>	8.022 3±0.269 6 <sup>b</sup>	0.804 5±0.120 5 <sup>b</sup>	8.826 8±0.342 5 <sup>ab</sup>
CK	74.063 2±15.583 0 <sup>a</sup>	4.653 9±0.595 7 <sup>b</sup>	1.473 3±0.169 9 <sup>b</sup>	6.127 2±0.692 4 <sup>b</sup>	0.600 9±0.011 0 <sup>b</sup>	6.728 1±1.221 3 <sup>b</sup>

药用植物的生长<sup>[26-28]</sup>。本试验结果表明,浙贝母不同生长期对氮肥吸收有所不同,在幼苗期,铵态氮比例增高有利于根系吸收大量氮素促进幼苗株高、叶长、叶宽、茎粗值不断增加,在硝铵比为3:12时,株高达到最大,在全铵即硝铵比为0:15时叶长、叶宽、茎粗值达到最大。到生长后期,硝态氮比例较高会促使浙贝母将绝大部分氮素往鳞茎转移,当硝铵比12:3,7.5:7.5时鳞茎湿重和干重达到最大值,比全硝处理和全铵处理高,这说明全铵、全硝处理均不利于浙贝母鳞茎生长。这与氨态氮能迅速的被土壤吸收,而硝态氮是一种缓释肥料,可以在施肥后长期发挥肥效有关。因此,在浙贝母的栽培过程中,在生长幼苗期适当增加铵态氮的比例可显著促进浙贝母幼苗的生长,在生长后期,适当增加硝态氮比例可显著提高浙贝母鳞茎生物量,促进其生长。这与五味子(*Schisandra chinensis*)<sup>[29]</sup>,水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)<sup>[30]</sup>的研究结果一致。

**4.2 不同氮素配比对浙贝母生理生化的影响** 可溶性蛋白和叶绿素是叶片中氮素最主要的两类存储形式。其中叶绿素通过对光能的吸收转化,为光合作用提供必要的能量,也为药用植物生长发育奠定基础。本试验对浙贝母叶片叶绿素含量,SOD/POD/CAT保护酶活性,MDA和可溶性蛋白、可溶性糖等进行了研究。

本试验表明,施用不同配比氮肥对浙贝母叶片的叶绿素含量有显著影响,其中叶绿素a,叶绿素b,叶绿素总量在全铵即硝铵比为0:15时达到最大值,这与上述叶长、叶宽、茎粗在全铵状态下达到最大一致。随着硝铵比的逐步增大,SOD活性在硝铵比3:12时达到最大,可溶性蛋白在硝铵比7.5:7.5时达到最大,POD,CAT,类胡萝卜素,色素含量均在硝铵比最高12:3时达到最大,MDA,可溶性糖在硝铵比最高15:0时达到最大。说明使用缓效形氮肥硝态氮,配施铵态氮,通过对浙贝母各项生理指标以及

代谢过程的影响,从而有利于叶片保护酶的作用和提高浙贝母生物量的累积。

**4.3 不同氮素比对浙贝母根际土壤因子的影响**

合理施用氮肥是实现浙贝母优质高产的有效措施。本试验结果表明,施用氮肥均能一定程度上增加浙贝母根际土壤养分,不同氮肥之间影响有所差异。总体上来看,在硝铵比为15:0的土壤中速效氮、速效钾的含量均最高,在硝铵比为0:15的土壤中速效磷、有机质含量最高。硝态氮肥对根际土壤氮含量、钾含量的促进作用大于铵态氮肥,而铵态氮肥对根际土壤磷含量、有机质含量的促进作用大于硝态氮肥。其次两种形态氮素对根际土壤pH有不同影响。施用铵硝态氮会引起pH上升,土壤碱化,吸收铵态氮会引起pH上升,土壤酸化。

**4.4 不同氮素比对浙贝母品质的影响**

氮素营养通过影响植物根系的生长,养分吸收和光合同化等过程影响作物的产量<sup>[5]</sup>。正如孙世芹等<sup>[31]</sup>研究发现氮肥配施有利于、总生物碱等有效成分的积累,本研究也发现,浙贝母鳞茎总生物碱含量和产量均在硝铵比为0:15时达到最大值,含量比对照提高24.61%,产量比对照增产47.39%。在硝铵比为12:3时,贝母素甲,贝母素乙,贝母素(甲+乙),贝母素(甲+乙)+贝母辛含量达到最大,分别比对照提高39.82%,36.01%,38.90%,37.03%;贝母素甲,贝母素(甲+乙),贝母素(甲+乙)+贝母辛产量达到最大值,分别比对照增产64.87%,63.80%,61.57%;在此硝铵比下,总生物碱含量高出CK 20.37%,增产41.95%。在硝铵比为7.5:7.5时,贝母辛含量达到最大,比对照高出21.76%,贝母素乙、贝母辛产量达到最大,分别增产60.61%,54.55%。

综上,氮素不同形态浓度配比对浙贝母生长、生理特征、土壤养分及有效成分产量和品质均有不同程度的影响。较高比例的铵态氮有利于浙贝母幼苗的生长;较高比例的硝态氮有利于浙贝母鳞茎

的生长,以及代谢产物生物碱的积累。氮素配比施用较单一形态氮素有利于浙贝母的产量和品质。

[参考文献]

[1] 董天旺. 氮磷肥与微生物肥料配施对2年生太白贝母生长及品质的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2018.

[2] 郑冬梅. 不同氮素形态及用量对三七生长、品质和生理特征的影响[D]. 昆明:云南民族大学, 2015.

[3] 肖云华,赵雪玲,王康才,等. 不同氮素形态和浓度对大青叶生物量与生物碱类成分的影响[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(17):2755-2760.

[4] 陶爽,华晓雨,王英男,等. 不同氮素形态对植物生长与生理影响的研究进展[J]. 贵州农业科学, 2017, 45(12):64-68.

[5] 邢瑶,马兴华. 氮素形态对植物生长影响的研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2015, 17(2):109-117.

[6] 吕婷婷,施晟璐,唐晓清,等. 不同氮素形态和配比对菘蓝根的生长及含氮成分含量和总量的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2016, 25(1):62-70.

[7] 隋利,王康才,易家宁,等. 不同氮素形态对紫苏生长及品质的影响[J]. 土壤通报, 2018, 49(3):667-672.

[8] 李娟娟,王羽梅,潘春香,等. 不同氮素形态及配比对薄荷精油含量和品质的影响[J]. 植物生理学报, 2016, 52(2):150-156.

[9] 梁娟,叶漪,杨伟. 不同氮素形态及配比对天门冬生长和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2018(1):28-31.

[10] 苏志豪,潘伯荣,卓立,等. 底肥、追肥施氮量对新疆贝母生长发育性状的影响[J]. 林业调查规划, 2015, 40(6):75-78.

[11] 苏芸芸,王康才,薛启,等. 氮素形态对藿香光合作用、氮代谢及品质的影响[J]. 南京农业大学学报, 2016, 39(4):543-549.

[12] 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, 2015:292.

[13] 何琛晔,张春椿,李石清,等. 浙贝母品质现状及中药材生态适宜性的研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(2):220-225.

[14] 林娜,张晓芹,蓝艳,等. 浙贝母质量控制的研究进展[J]. 中国药房, 2017, 28(9):1289-1291.

[15] 汪少华,乔家法. 不同产地浙贝母多糖含量的比较[J]. 中国现代应用药学, 2014, 31(10):1256-1258.

[16] 肖小河,陈士林,黄璐琦,等. 中国道地药材研究20年概论[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(5):519-523.

[17] 廖海兵,李云霞,邵晶晶,等. 连作对浙贝母生长及土壤性质的影响[J]. 生态学杂志, 2011, 30(10):2203-2208.

[18] 袁小凤,彭三妹,李晓红,等. 浙贝鳞茎及根际土中元素含量在不同产区和物候期的差异及相关性分析[J]. 浙江中医药大学学报, 2014, 38(1):5-12.

[19] 张晓萌,杨筠文,孙健. 浙贝母种贝室内贮藏越冬技术初探[J]. 浙江农业科学, 2015, 56(6):842-843.

[20] 刘洪见,钱仁卷,郑坚,等. 不同肥料及施肥量对浙贝母产量的影响[J]. 浙江农业科学, 2014, (7):1024, 1027.

[21] 卢晓,毕艳孟,霍亚珍,等. 不同施肥和覆盖措施对浙贝母产量和有效成分的影响[J]. 中国现代中药, 2018, 20(5):576-580.

[22] 张志良,瞿伟菁,李小方. 植物生理学实验指导[M]. 4版. 北京:高等教育出版社, 2009:58-72.

[23] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社, 2003:47-68.

[24] 姚德中,闵会,何厚洪,等. 不同产地浙贝母总生物碱含量测定与比较[J]. 中国现代应用药学, 2014, 31(10):1249-1251.

[25] 王路伟,沈晨薇,张水利,等. 不同炮制方法对浙贝母药材3种生物碱含量的影响[J]. 中国现代应用药学, 2018, 35(1):80-84.

[26] NORISADA M, KOJIMA K. Nitrogen form preference of six dipterocarp species [J]. Forest Ecol Manag, 2005, 216(1/3):175-186.

[27] 于曼曼,刘丽,郭巧生,等. 氮素不同形态配比对夏枯草苗期生长及光合特性的影响[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(5):530-534.

[28] 周文利. 不同形态氮素对丹参苗期生长及养分吸收的影响[J]. 中药材, 2019, 42(2):260-263.

[29] 徐海军,孙广玉,张悦,等. 不同氮素形态比例对五味子幼苗生长特性的影响[J]. 植物研究, 2010, 30(1):51-56.

[30] 张彦东,白尚斌. 氮素形态对树木养分吸收和生长的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(11):2044-2048.

[31] 孙世芹,阎秀峰. 氮素形态对喜树幼苗喜树碱含量及喜树碱代谢相关酶类的影响[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(13):1519-1523.

[责任编辑 顾雪竹]