

# 不同施肥模式对三七生长及有效成分的影响

余前进<sup>1</sup>, 李佳洲<sup>1</sup>, 韩蕊莲<sup>1</sup>, 陈中坚<sup>2</sup>, 韦美膛<sup>3</sup>, 刘 岩<sup>4</sup>

(1. 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 云南苗乡三七科技有限公司, 云南 文山 663000;  
3. 云南天士力三七种植有限公司, 云南 文山 663000; 4. 天津天士力中药资源有限公司, 天津 300402)

**摘 要:**以 2 年生三七为试材, 采用 NPK 3 因素 4 水平二次饱和-D 最优设计方案, 进行大田试验, 测定三七生长过程中其生长指标及有效成分的含量。结果表明:不同氮、磷、钾配比对三七生长有显著影响, NPK 比例为 0.192 5 : 0.192 5 : -1 时的株高最大, 高于对照 16.9%, NPK 比例为 -0.291 2 : 1 : 1 时的株高最小, 低于对照 7.01%。而 NPK 比例为 -1 : -1 : 1 时的基茎最大, 高于对照 3.0%, NPK 比例为 -0.291 2 : 1 : 1 时的基茎最小, 低于对照 20.4%; 不同氮、磷、钾配比的地下部分鲜重均高于对照, 当 NPK 比例为 1 : 1 : -0.291 2 时, 其地下部分鲜重和干重均最大(鲜重 16.682 5 g, 干重 5.65 g); 当 NPK 比例为 -1 : -1 : 1 时总皂苷含量百分比最大, 但 NPK 比例为 -0.291 2 : 1 : 1 的单株总皂苷产量最大。不同 NPK 配比对三七生长有显著影响, N、P 肥有利于三七株高生长, 促进干重增加; K 肥促进根茎横向增大, 有利于三七有效成分的积累, 但不利于单株总皂苷产量的积累。寻优结果表明, 根干重产量在 861.541~1 139.458 kg/hm<sup>2</sup> 的合理可行的施肥方案应为 N 71.60~149.37 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46.54~110.62 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O 236.35~444.72 kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词:**三七; N; P; K; 有效成分; 施肥量

**中图分类号:**S 567.23<sup>+</sup>6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)15-0143-05

N、P、K 是植物生长发育所必需的大量元素, 其中 N 是植物体内蛋白质、核酸、磷脂、叶绿素等生物大分子的组成成分之一<sup>[1]</sup>, 缺 N 会导致植株生长缓慢, 叶片发黄, 加快死亡<sup>[2]</sup>, P 在植物体内参与光合作用、呼吸作用、能量储存和传递、细胞分裂等细胞代谢过程<sup>[3-4]</sup>, K 在以钾离子形式存在于植物细胞液中, 能够促进光合作用<sup>[2]</sup>。研究发现<sup>[5-6]</sup>, 土壤中 N、P、K 的含量会直接影响植物的生长和次生代谢产物的积累。

三七(*Panax notoginseng* (Buke). F. H. Chen) 属五加科人参属多年生草本植物, 又称田七, 道地产区是云南省文山州<sup>[7-8]</sup>, 主要有效成分是皂苷类化合物, 其中以人参皂苷 Rg<sub>1</sub> 和 Rb<sub>1</sub> 含量最大<sup>[9]</sup>, 具有活血补血、消肿止痛的功效<sup>[10]</sup>。三七已有 400 多年的人工栽培历史, 其中

肥料种类和施肥量是影响三七生长的关键因素<sup>[11]</sup>, 以往研究表明<sup>[12-13]</sup>, N 肥在一定范围内会促进三七产量, 不同肥料种类对三七的产量有显著的影响。三七生长中出现严重的超量施肥现象, 导致成本增加、土壤退化与污染等严重问题, 因此为了提高三七单位面积的产量, 寻求更加合理的施肥方案, 该研究将探讨不同 N、P、K 配比对三七生长及其有效成分的影响。此外, 该研究将通过肥料效应模型方程, 寻找最优施肥方案, 为三七生长提供科学的施肥依据, 这对三七药材的栽培有重要的理论和实践意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于云南省文山州砚山县盘龙镇苗乡三七科技园, 北纬 23°53', 东经 104°32', 海拔 1 500 m, 土壤基本性状见表 1。

### 1.2 试验材料

供试材料为云南苗乡三七科技有限公司提供的 2 年生三七, 2013 年 12 月 29 日栽入大田。供试氮肥为尿素(有效氮>46%), 磷肥为过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>>16%), 钾肥为农业用硫酸钾(K<sub>2</sub>O>50%)。

**第一作者简介:**余前进(1990-), 男, 安徽滁州人, 硕士研究生, 研究方向为中药材栽培与技术。E-mail: yuqianjin022@sohu.com.

**责任作者:**韩蕊莲(1962-), 女, 博士, 研究员, 硕士生导师, 现主要从事植物生理生态学等研究工作。E-mail: hanrl@nwsuaf.edu.cn.

**基金项目:**天士力委托科研资助项目; 陕西省科技攻关资助项目(2012KTCL02-7)。

**收稿日期:**2015-03-19

表 1

供试土壤基本性状

Table 1

Soil characteristics used in field experiments

| pH 值     | 有机质                                    | 全氮        | 全磷        | 全钾        | 速效氮                                  | 有效磷                                  | 速效钾                                  |
|----------|--|-----------|-----------|-----------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| pH value | Organic matter/(g · kg <sup>-1</sup> ) | Total N/% | Total P/% | Total K/% | Available N/(mg · kg <sup>-1</sup> ) | Available P/(mg · kg <sup>-1</sup> ) | Available K/(mg · kg <sup>-1</sup> ) |
| 5.68     | 4.6                                    | 0.047     | 0.052     | 1.70      | 41.5                                 | 11.1                                 | 68                                   |

## 1.3 试验方法

采用 3 因素二次饱和-D 最优设计方案,试验设计编码值及对应施肥量见表 2。N 肥和 K 肥分 4 次施用,施肥时间为 3 月 20 日、4 月 20 日、6 月 20 日、7 月 20 日,前 2 次施肥量为设计施肥量的 1/6,后 2 次施肥量为设计施肥量的 1/3,P 肥作为基肥于三七移栽入大田时一次性施入。试验小区面积 1.5 m×1.2 m,重复 2 次。所用肥料拌细土混匀后均匀撒施,避免叶片上粘有肥料。管理同其它三七一样。

表 2 N、P、K 三因素二次饱和-D 最优设计方案

Table 2 Experiment design of saturated D-optimal regression about N,P,K

| 处理        | 编码值            | Lead code      | 施肥量            | Fertilizer amount/(kg · hm <sup>-2</sup> ) |                               |                  |
|-----------|----------------|----------------|----------------|--|-------------------------------|------------------|
| Treatment | x <sub>1</sub> | x <sub>2</sub> | x <sub>3</sub> | N  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 1         | -1             | -1             | -1             | 0  | 0                             | 0                |
| 2         | 1              | -1             | -1             | 225  | 0                             | 0                |
| 3         | -1             | 1              | -1             | 0  | 225                           | 0                |
| 4         | -1             | -1             | 1              | 0  | 0                             | 675              |
| 5         | -1             | 0.192 5        | 0.192 5        | 0  | 156                           | 402.45           |
| 6         | 0.192 5        | -1             | 0.192 5        | 156  | 0                             | 402.45           |
| 7         | 0.192 5        | 0.192 5        | -1.000 0       | 156  | 156                           | 0                |
| 8         | -0.291 2       | 1              | 1              | 79.5                                       | 225                           | 675              |
| 9         | 1              | -0.291 2       | 1              | 225  | 79.5                          | 675              |
| 10        | 1              | 1              | -0.291 2       | 225  | 225                           | 271.95           |

## 1.4 项目测定

## 1.4.1 生长指标测定 于 2014 年 10 月 15 日(休眠期)

表 3

不同 N、P、K 配比的三七生长指标

Table 3

Growth index of *Panax notoginseng* by different ratio of N,P,K

| 处理        | 株高           | 茎基            | 地上鲜重                    | 地上干重                  | 地下鲜重                     | 地下干重                   | 百株根干重                       |
|-----------|--------------|---------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Treatment | Plant height | Stem diameter | Overground fresh weight | Overground dry weight | Underground fresh weight | Underground dry weight | The hundred root dry weight |
|           | /cm          | /cm           | /g                      | /g                    | /g                       | /g                     | /g                          |
| C1        | 20.11bc      | 0.367ab       | 4.16h                   | 0.92f                 | 9.51j                    | 3.02ef                 | 301.75                      |
| C2        | 20.04b       | 0.334ab       | 5.27f                   | 1.23d                 | 12.49e                   | 3.71cde                | 371.25                      |
| C3        | 22.30ab      | 0.355ab       | 5.2f                    | 1.10e                 | 11.07g                   | 3.04ef                 | 303.50                      |
| C4        | 22.16abc     | 0.378a        | 4.69g                   | 0.98f                 | 10.84h                   | 2.74g                  | 273.50                      |
| C5        | 20.73abc     | 0.353ab       | 8.58a                   | 1.91a                 | 10.43i                   | 2.81ef                 | 281.00                      |
| C6        | 20.37abc     | 0.336ab       | 5.67e                   | 1.22d                 | 13.35d                   | 4.12cd                 | 411.50                      |
| C7        | 23.52a       | 0.337ab       | 5.79de                  | 1.45c                 | 14.46c                   | 4.55bc                 | 454.75                      |
| C8        | 18.70d       | 0.292c        | 7.74b                   | 1.69b                 | 16.36b                   | 5.22ab                 | 522.50                      |
| C9        | 22.99ab      | 0.358ac       | 5.85d                   | 1.26f                 | 11.26f                   | 3.36def                | 336.00                      |
| C10       | 18.89c       | 0.331b        | 7.23c                   | 1.66a                 | 16.68a                   | 5.65a                  | 565.00                      |

注:同一列不同小写字母表示显著差异, $P=0.05$ 。

Note: Different lowercase letters show significant difference,  $P=0.05$ .

## 2.2 不同 N、P、K 施肥配比对三七有效成分的影响

从表 4 可知,三七皂苷 R<sub>1</sub> 对照 C1 中最大,人参皂苷 R<sub>G1</sub>、人参皂苷 R<sub>b1</sub>、人参皂苷 R<sub>d</sub> 和总皂苷均 C4 处理

每个处理采挖 10 株,测定株高和基茎,然后分成地上部分和地下部分,测定鲜物质重,80℃ 烘箱中烘干至恒重,测定干物质重。

1.4.2 有效成分测定 采用 Waters 高效液相色谱仪系统(1252 Binary HPLC Pump, 2487 Dual λ Absorbance Detector 和 2707 Auto-sampler)进行测定;色谱柱为 Waters SYMMETRY C18 柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm);色谱条件参照《中国药典》<sup>[14]</sup> 和《地理标志产品 文山三七》国家标准(2008)<sup>[15]</sup>。

## 1.5 数据分析

试验数据采用 SPSS 和 Excel 统计软件进行分析。

## 2 结果与分析

## 2.1 不同 N、P、K 配比对三七生长指标的影响

从表 3 可以看出,不同 N、P、K 处理的三七生长指标存在显著性差异:C7 处理株高(23.52 cm)最大,高于对照 C1(N:P:K=-1:-1:-1)16.96%,而 C8 处理株高(18.70 cm)最小,低于对照 7.01%;C4 处理基茎(0.378 cm)最大,高于对照 3.00%,而 C8 处理基茎(0.292 cm)最小,低于对照 20.44%;不同处理地上部分鲜重和干重均高于对照,C5 处理地上部分最重(鲜重 8.58 g,干重 1.91 g);地下部分鲜重均高于对照,除了 C4 和 C5 处理的地下部分干重低于对照干重,其它处理均高于对照,其中 C10 处理地下部分鲜重和干重均最大(鲜重 16.68 g,干重 5.65 g)。

最大。C8 处理单株总皂苷产量最大,是对照的 1.448 倍,C5 处理单株总皂苷产量最低。表明 C4 处理有利于三七有效成分的积累,但 C8 处理单株总皂苷产量最大。

表 4 不同 N、P、K 配比对三七有效成分含量

Table 4 The contents of saponins in *Panax notoginseng* by different ratio of N,P,K

| 处理<br>Treatment | 三七皂苷 $R_1$<br><i>P. notoginseng</i> saponins $R_1$ / % | 人参皂苷 $R_{g1}$<br>Ginsenoside $R_{g1}$ / % | 人参皂苷 $R_{b1}$<br>Ginsenoside $R_{b1}$ / % | 人参皂苷 $R_d$<br>Ginsenoside $R_d$ / % | 总皂苷<br>Total saponins / % | 单株总皂苷产量<br>Total saponins yield in the plant / mg |
|-----------------|--|---|---|-------------------------------------|---------------------------|---|
| C1              | 0.48   | 1.38                                      | 1.28                                      | 0.13                                | 3.27                      | 98.754  |
| C2              | 0.30   | 1.69                                      | 1.35                                      | 0.10                                | 3.44                      | 127.624   |
| C3              | 0.22   | 1.83                                      | 1.36                                      | 0.16                                | 3.57                      | 108.528   |
| C4              | 0.42   | 1.92                                      | 1.64                                      | 0.36                                | 4.34                      | 118.916   |
| C5              | 0.25   | 0.94                                      | 0.70                                      | 0.13                                | 2.02                      | 56.762  |
| C6              | 0.42   | 0.69                                      | 0.62                                      | 0.11                                | 1.84                      | 75.808  |
| C7              | 0.40   | 1.06                                      | 1.06                                      | 0.28                                | 2.80                      | 127.4   |
| C8              | 0.18   | 1.24                                      | 1.14                                      | 0.18                                | 2.74                      | 143.028   |
| C9              | 0.24   | 1.61                                      | 1.26                                      | 0.15                                | 3.26                      | 109.536   |
| C10             | 0.21   | 0.15                                      | 0.93                                      | 0.11                                | 1.40                      | 79.1  |

2.3 N、P、K 肥料效应方程的模拟与检验

将不同处理的三七地下部分干重归类平均,计算百株根干重,得到 N、P、K 肥效应模型,模型采用三元二次多项式<sup>[16]</sup>。在模型反应式中,因变量  $y$  表示百株根干重,  $x_1$  表示 N(kg/hm<sup>2</sup>),  $x_2$  表示 P(kg/hm<sup>2</sup>),  $x_3$  表示 K(kg/hm<sup>2</sup>),  $b_i$  ( $i=0\cdots 9$ ) 表示回归系数。根据试验结果,可得试验地区三七肥料效应模型为  $y=436.143\ 2+65.375\ 6x_1+68.258\ 17x_2-6.157\ 15x_3+45.020\ 46x_1x_2-14.394\ 9x_1x_3+22.362\ 71x_2x_3-98.069\ 6x_1^2+49.484\ 75x_2^2-11.620x_3^2$ ,  $F=15.177^{**}$ 。

2.4 N、P、K 的单效应对三七根干重的影响

分别取  $x_2=0, x_3=0; x_1=0, x_3=0; x_1=0, x_2=0$ , 即可得到 N、P、K 单效应方程: N 效应模型方程:  $y=436.143\ 2+65.375\ 6x_1-98.069\ 6x_1^2$ ; P 效应模型方程:  $y=436.143\ 2+68.258\ 17x_2+49.484\ 75x_2^2$ ; K 效应模型方程:  $y=436.143\ 2-6.157\ 15x_3-11.620x_3^2$ ; 令  $x_1, x_2, x_3$  分别等于 1、0.192 5、-0.291 5、-1, 求得  $y$ 。从图 1 可以看出, N 肥在一定施肥范围内对三七根干重有促进作用, 随着施 N 量增加, 根干重也随之增加; 随着施 P 量增加, 根干重随之增加; K 肥在试验施肥量范围对根干重的增加促进作用不明显。

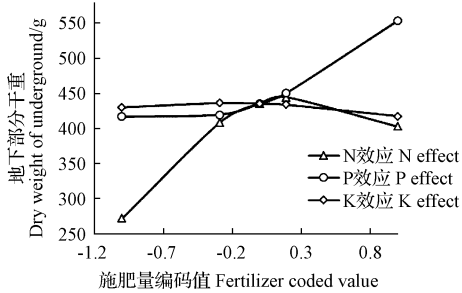


图 1 N、P、K 单效应

Fig. 1 Single effect of N, P and K

2.5 N、P、K 互作效应对三七根干重的影响

2.5.1 P/K 互作对三七干重的影响 当  $x_1=0$ , 则可以

求得  $x_2, x_3$  的二元二次多项式, 即:  $y=436.143\ 2+68.258\ 17x_2-6.157\ 15x_3+22.362\ 71x_2x_3+49.484\ 75x_2^2-11.620x_3^2$ ; 令  $x_2, x_3$  分别等于 -1、-0.291 2、0、0.192 5、1 求得  $y$  值, 由此可得表 5。  $x_2x_3$  的系数为正, 表明在增加 P 肥时, 同时增加 K 肥, 可以促使根干重的增加。由表 5 可知, 不同施 K 水平下, 随着施 P 量的增加, 均先促进三七干重的增加, 随后产量下降, 当 K 肥较大 ( $x_3=1$ ) 时, 三七干重显著高于其它施 K 水平下的产量; 在不同 P 肥水平下, 随着 K 肥的增加, 干重也在增加。

表 5 P、K 互作效应对三七根干重的影响

Table 5 Effect of P and K interaction on dry weight of *Panax notoginseng*

| K                    | P      |          |        |         |        | 平均值<br>Average value | S     | CV%   |
|----------------------|--------|----------|--------|---------|--------|----------------------|-------|-------|
|                      | -1     | -0.291 2 | 0      | 0.192 5 | 1      |                      |       |       |
| -1                   | 434.27 | 421.51   | 430.68 | 441.35  | 526.06 | 450.77               | 42.69 | 9.47  |
| -0.291 2             | 424.69 | 423.17   | 436.95 | 450.67  | 548.18 | 456.73               | 52.31 | 11.45 |
| 0                    | 417.37 | 420.46   | 436.14 | 451.12  | 553.89 | 455.80               | 56.47 | 12.39 |
| 0.192 5              | 411.45 | 417.59   | 434.53 | 450.33  | 556.58 | 454.09               | 59.27 | 13.05 |
| 1                    | 377.23 | 396.17   | 418.37 | 437.64  | 558.47 | 437.58               | 71.31 | 16.30 |
| 平均值<br>Average value | 413.00 | 415.78   | 431.33 | 446.22  | 548.64 |                      |       |       |
| S                    | 21.74  | 11.15    | 7.64   | 6.28    | 13.20  |                      |       |       |
| CV%                  | 5.26   | 2.68     | 1.77   | 1.41    | 2.41   |                      |       |       |

2.5.2 N、K 互作对三七干重的影响 当  $x_2=0$ , 则可以求得  $x_1, x_3$  的二元二次多项式, 即:  $y=436.143\ 2+65.375\ 6x_1-6.157\ 15x_3-14.394\ 9x_1x_3-98.069\ 6x_1^2-11.620x_3^2$ ; 令  $x_1, x_3$  分别等于 -1、-0.291 2、0、0.192 5、1 求得  $y$  值, 由此可得表 6。  $x_1x_3$  系数为负数, 说明 N、K 交互作用对三七根干重的影响不明显。由表 6 可知, 不同 K 肥水平下, 随着 N 肥的增加, 均先促进三七根干重的增加, 随后下降; 而不同 N 肥水平下, 随着 K 肥的增加, 三七根干重先增加后下降。

表 6 N、K 互作效应对三七根干重的影响

Table 6 Effect of N and K interaction on dry weight of *Panax notoginseng*

| K                    | N      |          |        |         |        | 平均值<br>Average value | S     | CV%   |
|----------------------|--------|----------|--------|---------|--------|----------------------|-------|-------|
|                      | -1     | -0.291 2 | 0      | 0.192 5 | 1      |                      |       |       |
| -1                   | 252.84 | 399.14   | 430.68 | 442.40  | 412.38 | 387.49               | 77.08 | 19.89 |
| -0.291 2             | 269.31 | 408.38   | 436.95 | 446.71  | 408.45 | 393.96               | 71.74 | 18.21 |
| 0                    | 272.70 | 408.79   | 436.14 | 445.09  | 403.45 | 393.23               | 69.65 | 17.71 |
| 0.192 5              | 273.85 | 407.98   | 434.53 | 442.94  | 399.06 | 391.67               | 68.31 | 17.44 |
| 1                    | 269.32 | 395.20   | 418.37 | 424.55  | 371.28 | 375.74               | 63.09 | 16.79 |
| 平均值<br>Average value | 267.60 | 403.90   | 431.33 | 440.34  | 398.92 |                      |       |       |
| S                    | 8.50   | 6.30     | 7.64   | 9.00    | 16.25  |                      |       |       |
| CV%                  | 3.18   | 1.56     | 1.77   | 2.04    | 4.07   |                      |       |       |

2.5.3 N、P 互作对三七干重的影响 当  $x_3=0$ , 则可以求得  $x_1$  和  $x_2$  的二元二次多项式, 即:  $y=436.143 2+65.375 6x_1+68.258 17x_2+45.020 46x_1x_2-98.069 6x_1^2+49.484 75x_2^2$ ; 令  $x_1, x_2$  分别等于 -1、-0.291 2、0、0.192 5、1 求得  $y$  的值, 由此可得表 7。 $x_1x_2$  系数为正值, 可知同时增加 N、P 施肥量, 对干重有促进作用; 由表 7 可知, 不同 P 肥水平下, 随着施 N 量的增加, 均先促进三七根干

表 8 干重产量在 861.541~1 139.458 kg/hm<sup>2</sup> 的氮、磷、钾施肥方案

Table 8 Fertilizer rate of urea, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O for dry weight at 861.541~1 139.458 kg/hm<sup>2</sup>

| 编码值<br>Lead code                                | $x_1$ : Urea      |                 | $x_2$ : P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |                 | $x_3$ : K <sub>2</sub> O |                 |
|---|-------------------|-----------------|---------------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
|   | 频数<br>Appear time | 频率<br>Frequency | 频数<br>Appear time                     | 频率<br>Frequency | 频数<br>Appear time        | 频率<br>Frequency |
| -1  | 6                 | 0.250           | 9                                     | 0.375           | 6                        | 0.250           |
| -0.291 2  | 8                 | 0.333           | 9                                     | 0.375           | 6                        | 0.250           |
| 0.192 5   | 2                 | 0.083           | 2                                     | 0.083           | 5                        | 0.208           |
| 1   | 8                 | 0.333           | 4                                     | 0.167           | 7                        | 0.292           |
| 编码平均值 Coding averages                           | 0.002 308         |                 | -0.301 5                              |                 | 0.008 975                |                 |
| 标准误差 Standard error                             | 0.163 5           |                 | 0.145 3                               |                 | 0.157 5                  |                 |
| 95%置信区间 95% Confidence interval                 | -0.318 1~0.322 7  |                 | -0.586 3~-0.016 68                    |                 | -0.299 7~0.317 7         |                 |
| 最佳方案 The best fertilizer/(kg·hm <sup>-2</sup> ) | 71.60~149.37      |                 | 46.54~110.62                          |                 | 236.35~444.724           |                 |

### 3 结论与讨论

该研究发现, 不同 N、P、K 配比施肥量对三七的生长指标有显著性的影响, N 肥和 P 肥合理施肥可以有效促进株高的生长, 有利于三七地下部分鲜物质和干物质的积累; 施 K 肥可以促进三七根茎的横向增大, 而在试验肥料范围内对三七的生物量积累没有明显的影响。N、P 是植物体内很多重要大分子的组成成分, 增加 N、P 施肥量, 可以促进植物体内新陈代谢<sup>[14]</sup>, 促进光合作用产物的积累, 从而促进植物生长, 提高作物产量, 这一现象在很多研究中均有出现<sup>[17-18]</sup>。

现代药理学研究<sup>[19]</sup>认为很多药用植物的药理作用与其所含的次生代谢物质有关, 而影响次生代谢产物积累的环境因子有很多<sup>[20-21]</sup>。土壤 NPK 含量影响次生代谢产物的积累; 韩建萍等<sup>[22]</sup>研究认为 N 肥对丹参酮IIA 的积累没有明显的影响, 而 P 肥促进丹参酮IIA 的积累。

重的增加, 随后下降; 而不同 N 肥水平下, 随着磷肥的增加, 均能提高三七根干重。

表 7 N、P 互作效应对三七根干重的影响

Table 7 Effect of N and P interaction on dry weight of *Panax notoginseng*

| P                    | N      |          |        |         |        | 平均值<br>Average value | S     | CV%   |
|----------------------|--------|----------|--------|---------|--------|----------------------|-------|-------|
|                      | -1     | -0.291 2 | 0      | 0.192 5 | 1      |                      |       |       |
| -1                   | 298.95 | 403.13   | 417.37 | 417.65  | 339.66 | 375.35               | 53.48 | 14.25 |
| -0.291 2             | 270.13 | 396.93   | 420.46 | 426.89  | 374.66 | 377.81               | 63.64 | 16.84 |
| 0                    | 272.70 | 408.79   | 436.14 | 445.09  | 403.45 | 393.23               | 69.65 | 17.71 |
| 0.192 5              | 279.00 | 421.24   | 451.12 | 461.74  | 427.09 | 408.04               | 74.04 | 18.14 |
| 1                    | 345.42 | 513.42   | 553.89 | 571.50  | 566.21 | 510.09               | 94.82 | 18.59 |
| 平均值<br>Average value | 293.24 | 428.70   | 455.80 | 464.58  | 422.21 |                      |       |       |
| S                    | 31.28  | 48.20    | 56.47  | 62.13   | 86.87  |                      |       |       |
| CV%                  | 10.67  | 11.24    | 12.39  | 13.37   | 20.58  |                      |       |       |

### 2.6 施肥方案寻优研究

根据 N、P、K 不同施肥配比求得的肥料模型, 求得干重产量在 861.541~1 139.458 kg/hm<sup>2</sup> 的施肥方案见表 8。

阮培均等<sup>[23]</sup>发现在一定的种植密度上合理施用 N 肥和有机肥既能够保证产量, 同时促进总生物碱含量的增大。该研究发现 NPK 比例为 -1:-1:1 时的三七有效成分总皂苷含量最大, 而 NPK 比例为 -0.291 2:1:1 时的单株总皂苷产量最大。由此表明, K 肥有利于三七有效成分的积累, 但不利于单株总皂苷产量的积累, 而 N、P 肥有利于单株总皂苷产量的增加。

该研究从三七营养的角度出发, 以 2 年生三七为试验材料, 阐明了 N、P 肥合理施肥可以促进三七株高生长, 有利于三七地下部分生物量的增加, K 肥促进对三七的根茎横向增大, 有利于地下部分有效成分的积累。根据肥料效应方程, 提出根干重产量在 861.541~1 139.458 kg/hm<sup>2</sup> 的合理可行的施肥方案应为 N 71.60~149.37 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46.54~110.62 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O 236.35~444.72 kg/hm<sup>2</sup>。



## 参考文献

- [1] 陆景陵,胡霭堂.植物营养学[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [2] 宁运旺,马洪波,许仙菊,等.氮磷钾缺乏对甘薯前期生长和养分吸收的影响[J].中国农业科学,2013,46(3):486-495.
- [3] MARSCHNER H, KIRKBY E A, ENGELS C. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photo assimilates and cycling of mineral nutrients[J]. J Exp Bot, 1996, 47(Spec):1255-1263.
- [4] 袁硕,李春检,彭正萍,等.磷对不同玉米品种生长、体内磷循环和分配的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(2):310-316.
- [5] 张吉利.氮磷钾不同配比对旅游景观早熟禾生长的影响[J].山东农业科学,2013,45(11):74-76.
- [6] 纪瑛,张佳杰,王龙强,等.氮磷钾施肥对甘草生长动态和产量的影响[J].草业科学,2014,31(4):728-731.
- [7] 陈中坚,杨莉,王勇,等.三七栽培研究进展[J].文山学院学报,2012,25(6):1-12.
- [8] 欧小宏,金航,郭兰萍,等.三七营养生理与施肥的研究现状[J].中国中药杂志,2011,36(19):2620.
- [9] 夏鹏国,张顺仓,梁宗锁,等.三七化学成分的研究历程和概况[J].中草药,2014,45(17):2564-2569.
- [10] 中国科学院植物研究所.中国高等植物图鉴(II)[M].北京:科学出版社,2005:1024-1025.
- [11] 姚建,杨克洪,彭尔瑞.三七栽培影响因素分析与控制[J].广东农业科学,2011(14):24.
- [12] 刘芸芝,王勇,武钟翠,等.不同肥料种类对三七生长及病害发生的影响研究[J].文山学院学报,2012,25(6):22-26.
- [13] 郑冬梅,欧小宏,米艳华,等.不同钾肥水平及配施对三七产量和品质的影响[J].中国中药杂志,2014,39(4):588-593.
- [14] 国家药典委员会.中国药典.一部[S].2011:11.
- [15] 国家质量监督检验检疫总局.地理标志产品 文山三七[S].2008.
- [16] 李云雁,胡传荣.实验设计与数据处理[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [17] 李俊英,黄素芳,孙文元,等.氮磷钾平衡施肥对金丝小枣生长发育的影响[J].北方园艺,2014(7):167-169.
- [18] 陈娟,曲明山,郭明,等.氮肥用量对甘薯干物质积累和氮磷钾吸收的影响[J].农学学报,2014,4(3):35-38.
- [19] 郭巧生.药用植物栽培[M].北京:高等教育出版社,2009.
- [20] 杨莉,韩忠明,杨利民,等.水分胁迫对蒺藜光合作用、生物量和药材质量的影响[J].应用生态学报,2010(10):2523-2528.
- [21] 罗美佳,夏鹏国,齐志鸿,等.光质对三七生长、光合特性及有效成分的影响[J].中国中药杂志,2014,39(4):610-613.
- [22] 韩建萍,梁宗锁.氮、磷对丹参生长及丹参和丹参酮IIA 积累规律研究[J].中草药,2005,36(5):756-769.
- [23] 阮培均,董恩省,梅艳,等.栽培措施对半夏产量及质量的影响[J].贵州农业科学,2012,40(10):54-57.

## Effect of Different Fertilizing Mode on Growth and Effective Components of *Panax notoginseng*

YU Qianjin<sup>1</sup>, LI Jiazhou<sup>1</sup>, HAN Ruilian<sup>1</sup>, CHEN Zhongjian<sup>2</sup>, WEI Meitang<sup>3</sup>, LIU Yan<sup>4</sup>

(1. College of Life Science, Northwest Agriculture and Forest University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Miao Village Sanqi Industrial Co. Ltd., of Wenshan County, Wenshan, Yunnan 663000; 3. Yunnan TASLY Notoginseng Planting Co. Ltd., Wenshan, Yunnan 663000; 4. Tianjin TASLY Modern TCM Resources Co. Ltd., Tianjin 300402)

**Abstract:** Taking 2-year-old *Panax notoginseng* as test material, the effect of fertilizing different proportion of N, P and K on the growth, yield were studied and to reveal optimal fertilization mode under the target yield of *Panax notoginseng* by the optimal design of N, P and K with four levels in the field experiments. The results showed that treatment (N : P : K = 0.192 5 : 0.192 5 : -1) had the highest height which was higher than the control treatment 16.9%, however, another treatment (N : P : K = -0.291 2 : 1 : 1) had the shortest height which was less than the control 20.4%. Underground fresh weight of different treatments were higher than the control, especially, weight of fresh and dry of the treatment (N : P : K = 1 : 1 : -0.291 2) were the largest among them. The treatment (N : P : K = -1 : -1 : 1) was more conducive to the accumulation of the effective ingredients for the biggest percentage of the total saponin contents, while the treatment (N : P : K = -0.192 5 : 0.192 5 : -1) had the biggest plant production. Different ratio of N, P and K had significant on plant growth. Nitrogen and phosphorus could promote plant height growth, improve crop yields and potash can promote roots. Potash was more conducive to the accumulation of the active ingredient because of the biggest percentage of the total saponin content, while was not conducive to the accumulation of the plant products. The fertilizer amount of N, P and K was N 71.60—149.37 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46.54—110.62 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O 236.35—444.72 kg/hm<sup>2</sup> when *Panax notoginseng* target yield at 861.541—1 139.458 kg/hm<sup>2</sup>.

**Keywords:** *Panax notoginseng*; N; P; K; effective components; fertilizer amount