

DOI:10.11937/bfyy.201621003

笃斯越桔苗期合理施肥研究

李悦怡, 宋春艳, 谭智文, 曹后男, 宗成文

(延边大学 农学院, 吉林 延吉 133002)

摘 要:以长白山笃斯越桔当年播种实生苗为试材,采用‘3414’试验设计,选取氮、磷、钾为试验的3个因素,对笃斯越桔苗木施肥措施进行了探究。结果表明:笃斯越桔苗期施肥措施为施纯N 83~90 kg·hm⁻²,纯P₂O₅ 14~21 kg·hm⁻²,纯K₂O 3~6 kg·hm⁻²,苗木株高≥12 cm;且氮的贡献率最大,磷的贡献率略低于氮,钾的贡献率最小。

关键词:笃斯越桔;氮磷钾;施肥

中图分类号:S 666.906⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)21-0012-04

笃斯越桔(*Vaccinium uliginosum* Linn.)属杜鹃花科(Ericaceae)越桔属(*Vaccinium* L.)落叶灌木,又称笃斯、黑豆树、甸果、地果等,是我国重要的野生资源之一^[1],主要分布在内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁等地^[2-3],具有抗寒能力极强、花青素含量高许多特殊的优良性状^[4]。且从笃斯越桔的果实和叶片中可以提取出多种有效成分,包括黄酮类化合物、维生素、胶质、鞣皮素、儿茶素类黄酮、单宁、萜类、有机酸等^[5-8]。目前笃斯越桔的野生资源正在急剧减少,资源破坏非常严重,且市场需求潜力极大,很有必要进行人工驯化栽培。在笃斯越桔驯化栽培过程中,发现笃斯越桔生长速度较慢,且鲜有施肥方面的报道,从而限制了笃斯越桔的进一步开发。为了更好的利用笃斯越桔,该试验以笃斯越桔当年播种实生苗为试材,对笃斯越桔苗期的施肥措施进行了初步探究,以为笃斯越桔的育苗工作提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为延边大学农学院温室内种植的笃斯越桔当年播种实生苗。

1.2 试验方法

试验采用‘3414’试验设计,选取氮(X₁)、磷(X₂)、钾(X₃)为试验的3个因素,各因素对应的代码值及实际值见表1。将N、P、K换算成CO(NH₂)₂(尿素)、NH₄H₂PO₄

(磷酸二氢铵)、K₂SO₄(硫酸钾)施用量,配成相应溶液施入。

选取长势及株高均相近的苗木,株高在3.0~3.5 cm,栽于营养钵内,苗木所用基质为草炭土,基本理化性质见表2。每个处理10株,3次重复,分区管理。隔10 d观察记录1次苗木株高。

表 1 试验因子编码及水平设置

Table 1 Code and level set of experimental factors

| 试验因子 Factor test | 变化间距 Change space | 0 | 1 | 2 | 3 |
|---|----------------------|------|------|------|------|
| X ₁ (N) | 3.30 | 0.00 | 3.30 | 6.60 | 9.90 |
| X ₂ (P ₂ O ₅) | 2.75 | 0.00 | 2.75 | 5.50 | 8.25 |
| X ₃ (K ₂ O) | 2.20 | 0.00 | 2.20 | 4.40 | 6.60 |

表 2 草炭土的基本性质

Table 2 The basic properties of peat soil %

| 有机质 Organic matter | 全氮 Total N | 全磷 Total P | 全钾 Total K |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|
| 52.75 | 1.42 | 0.094 | 0.307 |

1.3 数据分析

数据使用Excel和SPSS 11.5软件中Duncan多重比较和回归分析进行分析。

2 结果与分析

2.1 试验结果的模型建立与检验

施肥后10、20、30 d时的苗木株高见表3,同时测量了叶片数及叶片大小,由苗木的株高可以反映出叶量的多少、体现进行光合作用能力和蒸腾面积的大小,因此在一定程度上也能很好的反映苗木的生长量和生长状况^[9]。由表3可以看出,处理2、3、4、5为磷、钾2水平时氮的不同水平处理,在磷和钾水平一定时,株高随着施氮量的增加呈先增大后降低的趋势,施氮量在2水平时,株高相对最高,但随着施氮量的继续增加,达到3水平时,株高并未增加反而降低,可知施加氮肥过量不利

第一作者简介:李悦怡(1990-),女,吉林延边人,硕士研究生,研究方向为园艺植物生物技术。E-mail:liyueyi0109@163.com.

责任作者:宗成文(1974-),男,博士,副教授,现主要从事果树遗传育种与生物技术等研究工作。E-mail:zongchengwen@aliyun.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31460504);吉林省科技支撑计划重点资助项目(20120251)。

收稿日期:2016-07-25

于苗木的生长;由处理 6、7、4、8 可知,在氮、钾为固定水平时,随着施磷量的增加,株高开始呈上升趋势,同样在 2 水平时达到最高后随着肥料用量的继续增加而下降;处理 9、10、4、11 显示了在氮、磷固定,钾为 1 水平时,株高相对最高达 9.86 cm,而后随着钾用量的继续增加株高呈逐渐降低的趋势;由方差分析得出,氮、磷、钾分别处于 2、1、1 水平时,植株高度达最高 10.55 cm,与其它处理相比差异显著,且 3 次株高测量值均可得出该结论。

表 3 不同元素肥施入对笃斯越桔苗木株高的影响

Table 3 Effect of different elements fertilizer on plant height of

Vaccinium uliginosum Linn. seedlings

| 处理 Treatment | X_1 (N) | X_2 (P_2O_5) | X_3 (K_2O) | 株高 Plant height/cm | | |
|-----------------|-----------|--------------------|------------------|--------------------|--------|--------|
| | | | | 10 d | 20 d | 30 d |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 5.52h | 6.56h | 6.92h |
| 2 | 0 | 2 | 2 | 5.96e | 7.46e | 8.68ef |
| 3 | 1 | 2 | 2 | 5.88ef | 7.85d | 9.19c |
| 4 | 2 | 2 | 2 | 6.29c | 8.35b | 9.75b |
| 5 | 3 | 2 | 2 | 5.67gh | 6.82g | 8.70ef |
| 6 | 2 | 0 | 2 | 5.25i | 5.64i | 6.57i |
| 7 | 2 | 1 | 2 | 5.35i | 6.59h | 8.87de |
| 8 | 2 | 3 | 2 | 5.73fg | 7.12f | 8.97d |
| 9 | 2 | 2 | 0 | 6.13d | 7.82d | 9.65b |
| 10 | 2 | 2 | 1 | 6.70b | 8.12c | 9.86b |
| 11 | 2 | 2 | 3 | 5.64gh | 6.91fg | 8.50fg |
| 12 | 1 | 1 | 2 | 5.68gh | 7.09f | 8.59f |
| 13 | 1 | 2 | 1 | 5.36i | 7.39e | 8.36g |
| 14 | 2 | 1 | 1 | 7.05a | 8.77a | 10.55a |

由于苗木株高处于不断增长状态,每次测量值都是肥力不断累积的作用,故选用最后一次株高的测量值。根据表 3 施肥 30 d 时的测量数值,利用 SPSS 软件的回归分析,求得株高(Y)与氮(X_1)、磷(X_2)、钾(X_3)的代码值方程(回归模型)为 $Y=6.903+3.786X_1-0.448X_2+0.057X_3+0.04X_1X_2-1.335X_1X_3+1.562X_2X_3-0.372X_1^2-0.656X_2^2-0.291X_3^2$ (1),利用方差分析表明,笃斯越桔株高数值拟合的模型 $F_{\text{拟合}}=159.36>F_{0.01}(9,32)=3.02$,达差异极显著水平,说明模型的预测值和实际值能够较好吻合。对回归方程的各偏回归系数进行显著性检验,从表 4 可以看出,除 X_3 和 X_1X_2 未

表 4 笃斯越桔苗木株高回归方程的回归系数显著性检验

Table 4 Significant test of regression coefficient of regression equation of plant height of *Vaccinium uliginosum* Linn. seedlings

| 变异来源 | T 值 | 显著水平 | 变异来源 | T 值 | 显著水平 |
|----------------------|---------|--------|----------------------|---------|--------|
| Resource of variance | T value | Sig. T | Resource of variance | T value | Sig. T |
| (Constant) | 68.571 | 0.000 | X_1X_3 | -14.508 | 0.000 |
| X_1 | 18.617 | 0.000 | X_2X_3 | 16.973 | 0.000 |
| X_2 | -2.205 | 0.035 | X_1X_1 | -9.163 | 0.000 |
| X_3 | 0.279 | 0.782 | X_2X_2 | -16.161 | 0.000 |
| X_1X_2 | 0.432 | 0.668 | X_3X_3 | -7.159 | 0.000 |

达到显著水平,其余都达到了显著及极显著水平,由于方程是非线性方程,且不存在某个因素的一次项、二次项及交互项均不显著的情况,所以采用原方程进行分析,不考虑剔除不显著系数。

2.2 模型解析

2.2.1 因子主效应分析 可由方程(1)计算出 3 个因素的贡献率,首先求出回归模型的各项偏回归系数方差比 F_j, F_{jj}, F_{ij} ,再按照如下公式计算因素贡献率: $\delta = \begin{cases} 0 & (F \leq 1 \text{ 时}) \\ 1 - \frac{1}{F} & (F > 1 \text{ 时}) \end{cases}$,然后求第 j 个因素的贡献率 $\Delta_j: \Delta_j =$

$\delta_j + \delta_{ij} + \frac{1}{2} \sum_{i=1, i \neq j}^p \delta_{ij}^{[10-11]}$ 。最后得出 3 个因素氮、磷、钾的贡

献率分别为: $\Delta_1=2.48, \Delta_2=2.29, \Delta_3=1.98$,由此可看出氮的贡献率最大,磷的贡献率略低于氮,钾的贡献率最小。

2.2.2 单因子效应分析 采用降维分析,可以得出 3 个因素氮(X_1)、磷(X_2)、钾(X_3)对笃斯越桔株高(Y)的影响。将影响笃斯越桔苗木株高的 3 个因素固定在 0、1.0、2.0、3.0 这 4 个水平,得到方程(1)关于 X_1, X_2, X_3 的 3 组 12 个一元二次方程,按照方程作出图 1~3。图 1 显示,在磷和钾的代码值为 0 和 1 时,笃斯越桔苗木的株高随着施氮量的增加而持续增长,Y 值为 0 时,增长最快;当磷和钾的代码值为 2.0 水平时,笃斯越桔苗木的株高随着施氮量的增加缓慢增加,在代码值为 1.5 时达到最高后又呈下降趋势;而磷、钾的代码值为 3.0 时,苗木的株高逐渐降低;在氮的代码值小于 1.15 时,其它因素处在 3 水平,最适于笃斯越桔苗木的长高,在代码值大于 1.15,其它因素固定在 0 水平时,最适于苗木株高的增长。从图 2 可以看出,当其它因素固定在较低水平时,株高大致呈下降态势,而其它因素固定在较高水平时则与之相反。随着施磷量增加,其它因素固定在 2.0、3.0 水平时,笃斯越桔苗木的株高开始呈逐渐增长趋势,后增长逐渐趋于平稳并将呈现下降趋势;在其它因素固定在 0 水平时,苗木的株高随施磷量的增加而降低;当其它因素固定在 1 水平时,随着施磷的增加株高先缓慢的增加达到最大值后又逐渐降低。可以得出在施磷低于 1.35 水平时,其它因素应固定在 1.0 水平;当施磷高于 1.35 水平时,其它因素固定在 2.0 水平时,最适于笃斯越桔株高的增长。如图 3 所示,随着钾施用量的增加,其它因素固定在 2.0、3.0 水平时,笃斯越桔苗木株高呈缓慢增加后降低的趋势,分别在代码值为 0.5 和 1.0 时达到最大值;当其它因素固定在 0、1.0 水平时,苗木株高呈下降趋势,且其它因素固定在 0 水平时笃斯越桔苗木株高整体偏低,在 2.0 水平时苗木株高整体呈现最优态势。

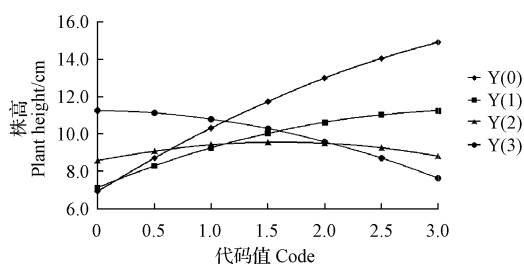


图1 不同施磷和钾水平下施氮对笃斯越桔苗木株高的影响

Fig.1 Effects of different phosphorus and potassium levels of nitrogen on plant height of *Vaccinium uliginosum* Linn. seedlings

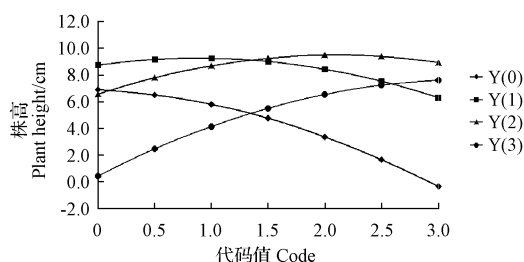


图2 不同施氮和钾水平下施磷对笃斯越桔苗木株高的影响

Fig.2 Effects of different nitrogen and potassium levels of phosphorus on plant height *Vaccinium uliginosum* Linn. seedlings

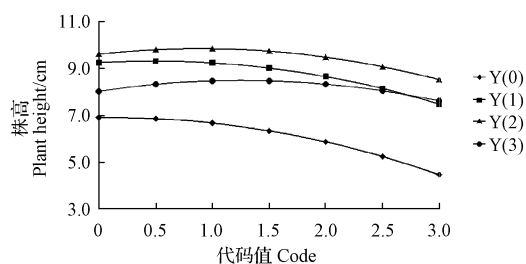


图3 不同施氮和磷水平下施钾对笃斯越桔苗木株高的影响

Fig.3 Effects of different nitrogen and phosphorus levels of phosphorus on plant height of *Vaccinium uliginosum* Linn. seedlings

2.3 笃斯越桔苗木株高的模拟寻优

将施氮量、施磷量、施钾量的编码值 X_1 、 X_2 、 X_3 在试验设计范围内等分 11 个水平,构成 $11^3=1\ 311$ 个生产因素组合,代入回归方程(1)中,得到笃斯越桔苗木株高 $Y \geq 12$ cm 的组合方案有 54 个,占组合方案总数的 4.057%,株高频率分析见表 5。

通过计算得出笃斯越桔苗木施肥措施为施纯 N $8.3 \sim 9.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,施纯 P_2O_5 $1.4 \sim 2.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,施纯 K_2O $0.3 \sim 0.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 时,即施纯 N $83 \sim 90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,纯 P_2O_5 $14 \sim 21 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,纯 K_2O $3 \sim 6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,苗木株高 ≥ 12 cm。

表 5

笃斯越桔株高频率分析

Table 5

Analysis of high frequency of *Vaccinium uliginosum* Linn.

| 因素水平 Level | N/(g · m ⁻²) | | | | P ₂ O ₅ /(g · m ⁻²) | | | | K ₂ O/(g · m ⁻²) | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|--|---|-----------------|-----------------|--|---|-----------------|-----------------|--|
| | 代码 Code | 次数 Times | 频率 Frequency | | 代码 Code | 次数 Times | 频率 Frequency | | 代码 Code | 次数 Times | 频率 Frequency | |
| 1 | 0 | 0 | 0.00 | | 0 | 11 | 20.37 | | 0 | 25 | 46.30 | |
| 2 | 0.3 | 0 | 0.00 | | 0.3 | 11 | 20.37 | | 0.3 | 20 | 37.04 | |
| 3 | 0.6 | 0 | 0.00 | | 0.6 | 11 | 20.37 | | 0.6 | 9 | 16.67 | |
| 4 | 0.9 | 0 | 0.00 | | 0.9 | 9 | 16.67 | | 0.9 | 0 | 0.00 | |
| 5 | 1.2 | 0 | 0.00 | | 1.2 | 7 | 12.96 | | 1.2 | 0 | 0.00 | |
| 6 | 1.5 | 0 | 0.00 | | 1.5 | 4 | 7.41 | | 1.5 | 0 | 0.00 | |
| 7 | 1.8 | 3 | 5.56 | | 1.8 | 1 | 1.85 | | 1.8 | 0 | 0.00 | |
| 8 | 2.1 | 7 | 12.96 | | 2.1 | 0 | 0.00 | | 2.1 | 0 | 0.00 | |
| 9 | 2.4 | 10 | 18.52 | | 2.4 | 0 | 0.00 | | 2.4 | 0 | 0.00 | |
| 10 | 2.7 | 16 | 29.63 | | 2.7 | 0 | 0.00 | | 2.7 | 0 | 0.00 | |
| 11 | 3.0 | 18 | 33.33 | | 3.0 | 0 | 0.00 | | 3.0 | 0 | 0.00 | |
| 平均编码 Average coding | | 2.616 7 | | | | 0.633 3 | | | | 0.211 1 | | |
| 标准误 Standard error | | 0.049 8 | | | | 0.067 1 | | | | 0.030 3 | | |
| 95%置信区间 95% Confidence interval | | 2.516 8~2.716 5 | | | | 0.498 7~0.768 0 | | | | 0.150 3~0.272 0 | | |
| 实际投入 Input/(g · m ⁻²) | | 8.316~8.976 | | | | 1.372~2.118 | | | | 0.330~0.599 | | |

3 结论与讨论

‘3414’试验设计具有回归最优设计处理少、效率高的优点,符合试验和施肥决策的专业要求^[12]。试验得出在一定范围内,随着施肥量的增加,一年生笃斯越桔苗木的各项生长指标均显著提高,说明施氮、磷、钾对笃斯越桔苗木的生长有促进作用。通过频率分析得出,笃斯越桔苗木株高 ≥ 12 cm 的施肥措施为施纯 N $83 \sim 90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,纯 P_2O_5 $14 \sim 21 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,纯 K_2O $3 \sim$

$6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。这与祖荣^[13]的报道有所不同,主要是由于该试验所用材料为当年播种实生苗,笃斯越桔童期所需的矿质养分与成熟期不同,且供试土壤的基本指标不同,得出的施肥量也会随之改变,对苗木养分进行补充和调节,以更好的满足苗木生长发育的需求,提高苗木的质量。除补充植物所需的矿质营养外,还应保持土壤较高的含水量,以保证植物生长所需的水分以及让植物更好的吸收养分。

参考文献

- [1] 郑美香,宗长玲,宋春艳,等. 长白山笃斯越桔离体器官再生不定芽的研究[J]. 延边大学农学学报,2013(4):293-297.
- [2] 宗长玲,邓萌,宗成文,等. 笃斯越桔研究进展[J]. 北方园艺,2011(12):173-176.
- [3] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 57 卷. 北京: 科学出版社,1991:156-158.
- [4] 王二雷,林松毅,刘静波,等. 笃斯越桔中花青素含量分析[J]. 食品科学,2007(10):460-463.
- [5] BENIGNI R,CAPRA C,CATTORINI P E. Plante medicinali-chimica farmacologia E terapia. Vol. II. Milano[M]. Italia:Inverni Della Beffa,1962: 951-958.
- [6] 王作昭,林松毅,刘静波,等. 长白山笃斯越桔黄酮类化合物含量测定的方法研究[J]. 食品科学,2007(10):455-458.
- [7] 张巍. 笃斯越桔叶片多糖的提取、纯化及其体外抗肿瘤活性研究[D]. 长春:吉林大学,2009.
- [8] 张燕. 笃斯越桔槲皮素的检测、制备及其功能特性研究[D]. 长春:吉林农业大学,2009.
- [9] 沈国防. 森林培育学[M]. 北京:中国林业出版社,2001:177-182.
- [10] 王兴仁. 现代肥料试验设计[M]. 北京:农业出版社,1996:164-1901.
- [11] 梁运江,依艳丽,尹英敏,等. 水肥耦合效应对辣椒产量影响初探[J]. 土壤通报,2003(4):262-266.
- [12] 宋朝玉,宫明波,李振清,等. “3414”肥料实验结果统计方法的讨论与分析[J]. 天津农业科学,2012(6):38-42.
- [13] 祖荣. 浆果学[M]. 北京:中国农业出版社,1996:159-161.

Fertilization Research of *Vaccinium uliginosum* Linn. Seedling

LI Yueyi, SONG Chunyan, TAN Zhiwen, CAO Hounan, ZONG Chengwen
(Agricultural College, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002)

Abstract: Seedlings of *Vaccinium uliginosum* Linn. of Changbai Mountain were used as material, ‘3414’ experiment design were adopted, N, P, K was chosen as factors, fertilization technology was carried on the preliminary exploration. The results showed that, the fertilization measures of *Vaccinium uliginosum* Linn. seedling according to the calculation was, the application of pure N $83-90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, the application of pure P_2O_5 $14-21 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, the application of pure K_2O $3-6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, seedling height was greater than or equal to 12 cm. The contribution rate of nitrogen factor was the largest, phosphorus factor was slightly lower than that of nitrogen, the factor of potassium was the minimum.

Keywords: *Vaccinium uliginosum* Linn.; NPK; fertilization

欢迎订阅 2017 年《东北农业科学》

《东北农业科学》(原《吉林农业科学》)是吉林省农业科学院主办的农业综合类学术期刊。本刊融学术性、技术性、信息性和知识性于一体,是理论与实践相结合、普及与提高并重的刊物。旨在报道最新农业科研成果、研究进展和科技动态,传播农业科学知识,推广农业新品种和新技术,介绍农业生产新经验等。辟有作物育种栽培、生物技术、土壤肥料、植物保护、畜牧兽医、园艺果树、农业经济和农产食品加工等栏目。

本刊是中国科技论文统计源期刊、中国期刊全文数据库全文收录期刊、中国核心期刊(遴选)数据库期刊、中文科技文献检索权威期刊、中国科学引文数据库来源期刊、中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED)统计源期刊,2004 年获全国优秀农业期刊奖,2006 年获第五届全国农业期刊金犁奖学术类二等奖。《东北农业科学》面向全国公开发行,主要为各图书情报部门的中文期刊采购和读者需求服务,为广大农民朋友、农业科研人员、农业技术推广人员、农业生产管理者和农业院校师生服务。

《东北农业科学》为双月刊,逢双月 25 日出版,刊号: CN22-1376/S, 大 16 开 112 页,每期定价 8.00 元,全年 48.00 元。邮发代号:12-71,全国各地邮局(所)均可订阅,漏订者亦可随时向本刊编辑部订阅,不另收邮费。

电话:0431-87063151

E-mail:jlnykx@163.com jlnykx@cjaas.com

通讯地址:吉林省长春市生态大街 1363 号《东北农业科学》编辑部

邮政编码:130033