

氮磷钾配方施肥对赤苍藤生长效应的影响

马道承¹, 田 湘^{2*}, 王凌晖^{1*}, 滕维超¹, 覃 杰¹, 邵家茵¹

(1. 广西大学林学院, 广西 南宁 530004; 2. 南宁树木园, 广西 南宁 530031)

摘 要: 赤苍藤是华南、西南地区一种常见的木本蔬菜, 其嫩茎叶具有很高的口感和营养价值, 但目前其苗期植株培育、壮苗研究尚不明朗。针对目前其氮磷钾配方施肥研究匮乏的情况, 采用“3414”施肥法, 对 1.5 年生大新种源赤苍藤扦插苗进行追肥试验, 旨在寻找一种适宜其苗期生长发育的氮磷钾肥料配比。研究表明, 适当施肥可显著改善赤苍藤植株生长状况并促进其地上、地下部分生长发育。氮素在赤苍藤生长发育中起到重要作用, 除 T2 (N0P2K2) 处理外, 大多数处理地上及地下部分生长状况较不施肥对照组 (T1, N0P0K0) 有显著提升。模糊隶属函数分析结果表明, 赤苍藤植株施肥后平均隶属函数值由高到低的顺序依次为 T5 (N2P1K2) > T6 (N2P2K2) > T3 (N1P2K2) > T14 (N2P1K1) > T10 (N2P2K3) > T4 (N2P0K2) > T9 (N2P2K1) > T8 (N2P2K0) > T12 (N1P1K2) > T7 (N2P3K2) > T11 (N3P2K2) > T13 (N1P2K1) > T1 (N0P0K0) > T2 (N0P2K2)。综上所述, 在本试验条件下, T5 处理 (N 1 g/株 + P₂O₅ 0.8 g/株 + K₂O 0.8 g/株)、T6 处理 (N 1 g/株 + P₂O₅ 1.6 g/株 + K₂O 0.8 g/株) 二者综合表现最好, 植株生长旺盛, 新芽叶数量多, 枝条生长旺盛, 根系茁壮。故氮肥合理施用及磷、钾肥合理配施是赤苍藤苗期培育的关键之处。

关键词: 赤苍藤; 氮磷钾施肥; 地上部分生长; 地下部分生长

“3414”施肥试验设计是二次回归 D- 最优设计的一种, 试验中“3”指的是“氮、磷、钾”3 个因素, “4”与“14”分别代表氮、磷、钾每因素各 4 个水平, 共计 14 组处理。目前, “3414”配方施肥法已推广至各类植物中。如对 1 年生海南海桑实生苗而言, 氮磷钾理论施肥量分别为 N 0.547 g/kg、P₂O₅ 0.131 g/kg、K₂O 0.342 g/kg^[1], 而 2 年生盆栽绣球‘花手鞠’在 8 g N+1.5 g P₂O₅+4 g K₂O 条件下生长最佳^[2]。罗婷等^[3]对云南蓝果树 1 年生幼苗进行施肥抗性生理研究结果表明, 中氮中磷低钾 (N2P2K1) 水平下其生理表现最好, 其理论最佳施肥量为 N 5.28 g/株、P₂O₅ 0.99 g/株、K₂O 2.97 g/株; 栗春青^[4]对假苹婆的氮磷钾配比施肥研究结果表明, N1P2K2 (N 0.9 g/株、P₂O₅ 2 g/株、K₂O 1.8 g/株)

处理最有利于 0.75 年生假苹婆生苗木生长发育。此外, “3414”配方施肥法亦应用于西洋参^[5]、雷公藤等^[6]食用、药用植物中。

赤苍藤 (*Erythralium scandens* Bl.), 亦有腥藤、龙须藤、土白芍等别称, 隶属于铁青树科 (Olacaceae)、赤苍藤属 (*Erythralium*), 是一种常绿木质藤本植物。其营养价值高, 集中分布于我国华南、西南地区, 嫩茎叶在民间常用作蔬菜食用^[7]。目前赤苍藤研究主要集中于无性繁殖技术^[8]、化学成分^[9]、群体遗传分析^[10]等方面。对赤苍藤、香椿、辣木等木本蔬菜施肥亦存在一定的研究, 存在于无机肥、有机肥、无机有机肥混合使用等情况^[11-13]。而在赤苍藤营养生理方面的研究目前较为匮乏, 仅有鸡粪和牛粪有机肥配比施用^[14], 该研究针对于 2 年生植株进行, 为大田试验, 着重于施肥后植株可食用部分产量及营养品质方面, 对地上部分生长节律、地下部分生长状况尚未作出详细测定及研究, 且有机肥成分复杂, 该研究未能解释赤苍藤对各类元素养分的需求关系, 赤苍藤植株苗期生长状况及养分需求情况亦不甚了然。

基于前期赤苍藤有机肥配施研究中存在地上 (下) 部分生长状况尚不明确、氮磷钾元素对其生长发育中所起作用不明确等问题, 对其 1.5 年扦插

收稿日期: 2022-02-27; 录用日期: 2022-03-28

基金项目: 广西林业科技项目 (桂林科研 [2021]16 号); “南宁树木园林木本蔬菜种植技术研究示范” (南宁树木园科学 2018-1 号); 广西高校大学生创新创业训练计划项目 (202110593234); 广西研究生教育创新计划资助项目 (YCSW2022015)。

作者简介: 马道承 (1998-), 硕士研究生, 研究方向为园林植物栽培与育种。E-mail: 2418063235@qq.com。

通讯作者: 王凌晖, E-mail: wanglinghui97@163.com; 田湘, E-mail: 1412250937@qq.com。

苗进行“3414”氮磷钾配比追肥研究,探究适宜赤苍藤扦插苗苗期地上及地下部分生长的施肥组合,为促进其枝条、叶部分的生长及壮苗奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本试验于广西大学林学院苗圃教学基地(108° 22' E, 22° 48' N)内进行,属亚热带季风气候。温和湿润,年均温为 21.6 °C,降水量 1304 mm,适宜赤苍藤幼苗的生长。于苗圃大棚内进行植株培育及处理。该大棚上方由一层塑料薄膜与一层黑色遮阴网构成。

1.2 试验材料

供试植株:供试 1.5 年生赤苍藤扦插苗由广西壮族自治区南宁树木园珍稀树种花卉苗木繁育中心提供,为广西大新种源。2021 年 4 月完成供试苗木种植,缓苗 1.5 个月待地上地下部分恢复正常生长势后,将所有供试赤苍藤幼苗进行分组并记录其生长指标本底值。其中插穗长度 (6.77 ± 3.16) cm,一级分枝长度 (25.99 ± 9.01) cm,地径 (7.21 ± 1.38) mm,一级分枝粗度 (5.21 ± 1.10) mm。试验开始前各组植株初始生长指标无显著差异 ($P>0.05$)。

供试土壤:试验前将黄壤土与细砂按照 3:1 的体积比进行均匀混合,而后将此混合基质与珍珠岩、泥炭土混合物按照体积比 2:1 进行均匀混合,而后采用直径 15.3 cm、高 14.9 cm 的圆形塑料盆进行

种植,每盆 1 株,每盆装土 1.5 kg,每盆拌入 40 g 生物有机肥(由力源宝公司提供),盆下部铺垫塑料圆盘,苗床表面铺垫无纺布塑料膜以防施肥泄露和根系穿透。其基本理化性质为 pH 6.71、全氮 1.274 g/kg、全磷 0.805 g/kg、全钾 8.954 g/kg、铵态氮 11.85 mg/kg、硝态氮 45.86 mg/kg、有效磷 25.23 mg/kg、速效钾 184.17 mg/kg。

供试肥料:试验用肥料为尿素(N 46%)、过磷酸钙(P_2O_5 18%)及氯化钾(K_2O 60%),尿素和氯化钾为分析纯试剂,过磷酸钙为试验试剂。

1.3 试验方法

使用“3414”试验设计设置空白对照组(T1)以及施肥组(T2 ~ T14),每组共 12 个生物学重复,每重复 1 株,共需 168 株苗木。施肥安排如表 1 所示。开始试验前使用混合采样法采集植物叶片与土壤,分别测定植株叶片全氮磷钾含量及土壤速效氮磷钾含量,依据测定结果及王慷林等^[15]、徐永强^[11]对小省藤(*Calamus gracilis*)、辣木(*Moringa oleifera*)的研究结果确定施肥量中值(即表 1 中的“2”水平),分别计算代表减量的 1 水平(为 2 水平的 0.5)和代表过量的 3 水平(为 2 水平的 1.5 倍)。分别于 2021 年 6 ~ 10 月用浇灌法进行施肥处理,每次每盆浇 200 mL 氮磷钾配方液,每次施肥间隔 35 d。4 次施肥量分别为施肥总量的 30%、30%、20%、20%。试验过程中依据天气等条件适时浇水,保证盆栽土壤湿润并及时拔除盆中杂草。试验中及试验后对各项指标进行测定。

表 1 肥料施用安排

组别	处理	氮(尿素)		磷(过磷酸钙)		钾(氯化钾)		重复数
		水平	总施用量(g/株)	水平	总施用量(g/株)	水平	总施用量(g/株)	
T1	N0P0K0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	12
T2	N0P2K2	0	0.00	2	8.88	2	1.33	12
T3	N1P2K2	1	1.07	2	8.88	2	1.33	12
T4	N2P0K2	2	2.14	0	0.00	2	1.33	12
T5	N2P1K2	2	2.14	1	4.44	2	1.33	12
T6	N2P2K2	2	2.14	2	8.88	2	1.33	12
T7	N2P3K2	2	2.14	3	13.33	2	1.33	12
T8	N2P2K0	2	2.14	2	8.88	0	0.00	12
T9	N2P2K1	2	2.14	2	8.88	1	0.67	12
T10	N2P2K3	2	2.14	2	8.88	3	2.00	12

续表

组别	处理	氮 (尿素)		磷 (过磷酸钙)		钾 (氯化钾)		重复数
		水平	总施用量 (g/株)	水平	总施用量 (g/株)	水平	总施用量 (g/株)	
T11	N3P2K2	3	3.21	2	8.88	2	1.33	12
T12	N1P1K2	1	1.07	1	4.44	2	1.33	12
T13	N1P2K1	1	1.07	2	8.88	1	0.67	12
T14	N2P1K1	2	2.14	1	4.44	1	0.67	12
共计								168

1.4 指标测定

地上部分生长指标：2021 年 6 月下旬开始追施肥料后，每次施肥后 30 d 测定 1 次插穗粗度、一级分枝粗度、萌芽数、新叶数、新枝长增量、新枝粗度、新增叶面积、新枝节间数及节间长度、新生枝条数量、基生枝条数量等指标。其中，插穗长度、一级分枝长度、新枝长度结果精确到 0.01 cm，插穗粗度、一级分枝粗度结果精确到 0.01 mm；萌芽数、新叶数、新生 / 基生枝条数量采用目测观察记录。待 2021 年 11 月试验结束后，各组处理分别选择 3 株植株，对每植株上部枝条第 2 ~ 4 片成熟功能叶进行形态指标测定并测定新叶总叶面积。其中，叶长及最大叶宽测定结果精确到 0.01 cm，新叶总叶面积结果精确到 0.01 cm²。

地下部分生长指标：于 2021 年 11 月试验结束后各组处理选择 3 株健康植株进行根系生长指标测定。将植株根系挖出洗净后使用 EPSON 扫描仪进行扫描，扫描结束后立即使用 WinRHIZO 分析软件测定根系总根长、根表面积、总根投影面积、总根体积、根平均直径。其中，总根长精确到 0.01 cm，根表面积精确到 0.01 cm²，总根投影面积精确到 0.01 cm²，总根体积精确到 0.01 cm³，根平均直径精确到 0.01 mm。

1.5 数据分析

采用 Excel 2016 对各类指标数据进行处理，采用 SPSS 18.0 进行方差分析，采用 Duncan 新复极差法进行多重比较，将地上、地下部分进行相关性分析及模糊隶属函数法分析，用 Excel 2016 完成作图。隶属函数公式为 $F(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ ，其中 $F(X_i)$ 为指标隶属函数值， X_i 为该处理指标均值， $X_{\max}$ 和 $X_{\min}$ 分别代表该指标均值的最大值和最小值。

2 结果与分析

2.1 氮磷钾配比施肥对赤苍藤地上部分生长的影响

如表 2 所示，氮磷钾追肥处理对赤苍藤萌芽总数、新叶总数及新叶面积存在极显著影响 ($P < 0.01$)，对叶长影响显著 ($P < 0.05$)，而对最大叶宽无显著影响 ($P > 0.05$)。多因素方差分析结果表明，氮主效应在此 5 项指标中均起到极显著影响作用 ($P < 0.01$)，而磷、钾主效应则在新叶数总和、单株新叶面积中影响极显著 ($P < 0.01$)；对于各因素交互作用而言，除氮 × 磷交互作用对新叶数总和存在极显著影响 ($P < 0.01$) 外，其余交互作用对剩余指标影响均未达到显著水平 ($P > 0.05$)。对萌芽数总和而言，除 T2 (N0P2K2) 处理外，其余施肥处理相较不施肥对照组 (T1, N0P0K0) 均有提高，而对新叶数总和而言，除 T2 外，T7 (N2P3K2)、T11 (N3P2K2)、T12 (N1P1K2)、T13 (N1P2K1) 处理亦低于对照。所有处理中，T5 (N2P1K2) 处理萌芽数及新叶数总和最大，分别达 9.00 和 41.50 个。对叶生长状况而言，T14 (N2P1K1) 处理叶长达最大值 10.28 cm，而最大叶宽及单株新叶面积均在 T5 (N2P1K2) 处理达最大值，分别为 8.09 cm 和 2956.81 cm²。在氮量级组 (N0P2K2、N1P2K2、N2P2K2、N3P2K2，下同)、磷量级组 (N2P0K2、N2P1K2、N2P2K2、N2P3K2，下同) 及钾量级组 (N2P2K0、N2P2K1、N2P2K2、N2P2K3，下同) 中，各指标均随氮磷钾养分施用量的上升呈先升后减趋势。可见，氮肥是赤苍藤幼苗芽、叶生长发育的关键，氮磷钾养分在一定范围内可促进赤苍藤幼苗萌芽展叶，但肥料追施过多会对赤苍藤幼苗造成毒害，进而影响其正常生长。

表2 不同氮磷钾施肥处理对赤苍藤幼苗芽、叶生长状况的影响

组别	处理	单株萌芽数总和 (个)	单株新叶数总和 (个)	叶长 (cm)	最大叶宽 (cm)	单株新叶面积 (cm ²)
T1	N0P0K0	3.50 ± 2.43Bde	18.25 ± 14.30Cbed	8.26 ± 0.66Ac	6.78 ± 0.26Aa	1267.92 ± 617.23BCede
T2	N0P2K2	3.25 ± 1.48Be	13.42 ± 5.92Cd	8.44 ± 1.48Abc	6.87 ± 0.89Aa	813.50 ± 356.43Cde
T3	N1P2K2	7.67 ± 4.01ABabc	41.50 ± 22.05Aa	9.56 ± 0.58Abc	7.43 ± 0.38Aa	1804.78 ± 1090.76ABCbed
T4	N2P0K2	6.75 ± 3.89ABabede	28.75 ± 13.16ABCabed	8.65 ± 0.59Abc	7.47 ± 0.26Aa	1323.20 ± 476.41BCede
T5	N2P1K2	9.00 ± 4.75Aa	41.50 ± 24.81Aa	10.09 ± 0.68Aab	8.09 ± 0.05Aa	2956.81 ± 670.75Aa
T6	N2P2K2	8.42 ± 3.94ABab	38.75 ± 21.42ABa	9.71 ± 0.55Abc	7.70 ± 0.32Aa	2503.30 ± 755.08ABab
T7	N2P3K2	5.17 ± 4.09ABabede	17.92 ± 9.34Cbed	9.72 ± 1.36Abc	7.49 ± 0.97Aa	838.97 ± 229.27Cde
T8	N2P2K0	5.92 ± 7.62ABabede	19.33 ± 16.29BCbed	9.03 ± 0.78Abc	7.17 ± 0.37Aa	1306.18 ± 153.75BCede
T9	N2P2K1	6.25 ± 3.19ABabede	28.58 ± 14.30ABCabed	8.64 ± 0.45Abc	7.15 ± 0.75Aa	1163.20 ± 679.37BCede
T10	N2P2K3	8.17 ± 6.77ABabc	33.33 ± 26.58ABCab	9.02 ± 0.42Abc	7.54 ± 0.74Aa	1445.74 ± 402.35BCede
T11	N3P2K2	4.58 ± 1.44ABbede	18.08 ± 5.66Cbed	8.89 ± 0.24Abc	7.15 ± 0.44Aa	1052.03 ± 251.25Cede
T12	N1P1K2	4.75 ± 2.73ABbede	16.42 ± 9.95Ccd	8.00 ± 0.73Ac	6.59 ± 0.64Aa	1067.45 ± 418.21Cede
T13	N1P2K1	4.17 ± 2.12ABede	15.00 ± 13.18Ccd	8.02 ± 1.30Ac	6.39 ± 0.88Aa	712.80 ± 219.11Ce
T14	N2P1K1	7.42 ± 4.89ABabed	29.83 ± 22.72ABCabc	10.28 ± 1.36Aa	7.75 ± 0.83Aa	1952.98 ± 199.16ABCbc

注：表中数据为平均值 ± 标准差；不同大写字母表示同一指标、不同处理间在 0.01 水平上差异极显著 ($P < 0.01$)，不同小写字母表示同一指标、不同处理间在 0.05 水平上差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

氮磷钾追肥对赤苍藤枝条数量增加及加长生长可起到促进作用。对新枝数量增加而言，新生枝条数量及枝条总量相较不施肥对照组及缺氮处理组达到极显著差异 ($P < 0.01$)，而基生枝条数量增加情况不显著 ($P > 0.05$)；新枝长度总量及新枝节间数总量组间差异亦极显著 ($P < 0.01$) (表3)。多因素方差分析结果表明，氮、钾主效应对新生枝条数量、枝条总量、新枝长度总量及新枝节间数均存在极显著影响 ($P < 0.01$)，磷主效应对枝条总量影响显著 ($P < 0.05$)，对新生枝条数量、新枝长度总量及新枝节间数影响极显著 ($P < 0.01$)；就交互作用而言，除氮磷交互作用对新生枝条数量、枝条总量影响显著 ($P < 0.05$)，新枝长度总量、新枝

节间数影响极显著 ($P < 0.01$) 外，其余交互作用影响均未达到显著水平 ($P > 0.05$)。对新生枝条总量及枝条总量而言，T5 (N2P1K2) 处理均最大，为 7.58 个。该处理下新枝长度总量和新枝节间数亦取得最大值，分别为 147.52 cm 和 42.50 个。节间平均长度则以 T4 组 (N2P0K2) 最大，为 3.36 cm。除节间平均长度外，缺氮处理 (T2, N0P2K2) 下赤苍藤新枝生长各项指标均小于不施肥处理 (T1, N0P0K0)，其余处理组均有不同程度提升。各指标随氮磷钾养分施用量的上升呈先增后减趋势，亦表现于氮、磷、钾三量级组中。可见，氮、磷、钾养分均对赤苍藤枝条生长发育起到重要作用，但肥料过度使用亦会影响赤苍藤植株新枝的生长。

表3 不同氮磷钾施肥处理对赤苍藤幼苗枝条生长的影响

组别	处理	新生枝条数量总和 (个)	基生枝条数量总和 (个)	枝条总量 (个)
T1	N0P0K0	2.92 ± 2.19Dbc	0.00 ± 0.00Aa	2.92 ± 2.19CDc
T2	N0P2K2	2.42 ± 1.51Dc	0.17 ± 0.58Aa	2.58 ± 1.31Dc
T3	N1P2K2	7.25 ± 2.72ABa	0.00 ± 0.00Aa	7.25 ± 3.72ABa
T4	N2P0K2	5.83 ± 3.24ABCDab	0.00 ± 0.00Aa	5.83 ± 3.24ABCDabc
T5	N2P1K2	7.58 ± 4.72Aa	0.00 ± 0.00Aa	7.58 ± 4.72Aa
T6	N2P2K2	7.08 ± 3.60ABCa	0.00 ± 0.00Aa	7.08 ± 3.60ABCa
T7	N2P3K2	3.75 ± 2.77ABCDbc	0.17 ± 0.39Aa	3.92 ± 3.00ABCDbc
T8	N2P2K0	4.67 ± 6.04ABCDabc	0.00 ± 0.00Aa	4.67 ± 6.04ABCDabc

续表

组别	处理	新生枝条数量总和 (个)	基生枝条数量总和 (个)	枝条总量 (个)
T9	N2P2K1	5.33 ± 2.46ABCDabc	0.00 ± 0.00Aa	5.50 ± 2.68ABCDabc
T10	N2P2K3	5.83 ± 3.79ABCDab	0.42 ± 1.44Aa	6.25 ± 4.49ABCDab
T11	N3P2K2	3.25 ± 1.29BCDbc	0.08 ± 0.29Aa	3.33 ± 1.37BCDbc
T12	N1P1K2	3.17 ± 1.64CDbc	0.08 ± 0.29Aa	3.25 ± 1.60BCDbc
T13	N1P2K1	3.00 ± 1.86Dbc	0.00 ± 0.00Aa	3.00 ± 1.86CDc
T14	N2P1K1	5.67 ± 3.94ABCDab	0.08 ± 0.29Aa	5.75 ± 3.91ABCDabc
组别	处理	新枝长度总量 (cm)	新枝节间数 (个)	节间平均长度 (cm)
T1	N0P0K0	56.98 ± 47.21BCcd	17.67 ± 14.04BCbcd	2.68 ± 2.02Aa
T2	N0P2K2	34.32 ± 13.88Cd	12.58 ± 6.16Cd	3.22 ± 1.60Aa
T3	N1P2K2	134.52 ± 73.99Aab	42.17 ± 22.79Aa	3.29 ± 0.55Aa
T4	N2P0K2	86.57 ± 39.86ABCbcd	27.75 ± 12.78ABCabd	3.36 ± 1.90Aa
T5	N2P1K2	147.52 ± 102.67Aa	42.50 ± 25.35Aa	3.26 ± 0.77Aa
T6	N2P2K2	115.01 ± 73.53ABab	38.92 ± 21.26ABa	2.98 ± 0.67Aa
T7	N2P3K2	59.03 ± 36.20BCcd	19.92 ± 14.71BCbcd	2.88 ± 0.97Aa
T8	N2P2K0	55.18 ± 49.53BCcd	22.75 ± 23.27ABCbcd	2.41 ± 1.35Aa
T9	N2P2K1	89.81 ± 49.08ABCbcd	29.83 ± 14.71ABCabc	3.00 ± 1.02Aa
T10	N2P2K3	105.89 ± 68.55ABCabc	33.42 ± 22.93ABCab	3.17 ± 1.18Aa
T11	N3P2K2	53.00 ± 28.09BCcd	19.17 ± 5.69BCbcd	2.70 ± 1.15Aa
T12	N1P1K2	49.55 ± 34.10BCd	18.00 ± 10.14BCbcd	2.61 ± 0.53Aa
T13	N1P2K1	48.77 ± 62.03BCd	16.67 ± 13.69Ccd	2.21 ± 1.32Aa
T14	N2P1K1	107.17 ± 85.48ABCabc	30.17 ± 22.14ABCabc	3.18 ± 1.29Aa

如表4所示,虽然氮磷钾追肥可适当促进赤苍藤增粗生长,但除新枝粗度达极显著差异($P<0.01$)外,地径及一级分枝粗度增量组间均未达到显著差异水平($P>0.05$)。多因素方差分析结果表明,氮、钾主效应对新枝粗度存在极显著影响($P<0.01$),磷主效应对其影响显著($P<0.05$),其余主效应及交互作用影响均未达显著水平($P>0.05$)。对地径及一级分枝粗度增量而言,T5(N2P1K2)处理均最大,分别为2.67和2.21 mm。新枝粗度则在T6(N2P2K2)和T9(N2P2K1)处理下达最大值,均为1.42 mm。纵观所有处理,缺氮处理(T2, N0P2K2)仍会抑制赤苍藤增粗生长,在氮、磷、钾三量级组中,各指标亦随氮磷钾养分施用量的上升先增后减。可见,本试验中氮磷钾追肥处理对新枝的增粗生长存在极显著的促进作用,但对原生部分增粗生长促进效果不明显。

2.2 氮磷钾配比施肥对赤苍藤地下部分生长的影响

如表5所示,氮磷钾追肥处理对赤苍藤各项根系生长指标均达到极显著影响($P<0.01$)。多因

素方差分析结果表明,氮主效应对各项根系生长指标影响显著($P<0.05$),磷主效应则达极显著水平($P<0.01$),钾主效应仅对总根长影响显著($P<0.05$),对其他指标则无显著影响($P>0.05$)。对交互作用而言,氮磷交互作用对总根长、总根投影面积及根表面积影响极显著($P<0.01$),磷钾交互作用对总根长影响显著($P<0.05$),其他交互作用影响作用均不明显($P>0.05$)。T5(N2P1K2)处理下赤苍藤植株总根长、总根投影面积、根表面积及总根体积均达最大值,分别为1398.01 cm、89.09 cm²、279.89 cm²和4.49 cm³,而对根平均直径而言,T7(N2P3K2)处理最大,为0.77 mm。除根平均直径外,剩余根系生长指标在氮、磷、钾三量级组中均随氮、磷、钾养分施用量的上升先增后减。根平均直径在氮、钾量级组中随养分施用量的上升先增后减,而磷量级组中则表现为逐渐上升趋势。可见磷肥对赤苍藤根系生长起到重要作用,氮素作用为辅助,缺磷(T4, N2P0K2)及磷素过量(T7, N2P3K2)处理下赤苍藤根系生长均受到显著不良影响。

表 4 不同氮磷钾施肥处理对赤苍藤幼苗增粗生长的影响

(mm)

组别	处理	地径增量	一级分枝粗度增量	新枝粗度
T1	N0P0K0	1.75 ± 0.51Aa	1.45 ± 0.80Aa	1.10 ± 0.86ABCabcd
T2	N0P2K2	1.45 ± 0.74Aa	1.41 ± 0.68Aa	0.74 ± 0.21Cd
T3	N1P2K2	2.18 ± 0.66Aa	2.10 ± 0.71Aa	1.35 ± 0.47ABCabc
T4	N2P0K2	2.06 ± 0.78Aa	1.99 ± 0.79Aa	1.37 ± 0.67ABCabc
T5	N2P1K2	2.67 ± 1.30Aa	2.21 ± 0.60Aa	1.39 ± 0.64ABCab
T6	N2P2K2	2.22 ± 0.58Aa	1.94 ± 0.58Aa	1.42 ± 0.46Aa
T7	N2P3K2	1.75 ± 0.49Aa	1.50 ± 0.56Aa	0.88 ± 0.31ABCcd
T8	N2P2K0	1.81 ± 0.67Aa	1.93 ± 0.75Aa	0.90 ± 0.39ABCbcd
T9	N2P2K1	1.88 ± 1.05Aa	1.68 ± 0.68Aa	1.42 ± 0.56Aa
T10	N2P2K3	2.08 ± 0.78Aa	1.68 ± 0.81Aa	1.40 ± 0.65ABa
T11	N3P2K2	1.82 ± 0.51Aa	1.78 ± 0.61Aa	0.98 ± 0.33ABCbcd
T12	N1P1K2	2.14 ± 1.29Aa	1.90 ± 0.74Aa	1.06 ± 0.40ABCbcd
T13	N1P2K1	1.98 ± 0.70Aa	1.58 ± 0.85Aa	0.76 ± 0.40BCd
T14	N2P1K1	1.98 ± 1.29Aa	1.58 ± 0.72Aa	1.29 ± 0.64ABCabc

表 5 不同氮磷钾施肥处理对赤苍藤幼苗根系生长的影响

组别	处理	单株总根长 (cm)	单株总根投影面积 (cm ²)	根平均直径 (mm)	单株根表面积 (cm ²)	单株总根体积 (cm ³)
T1	N0P0K0	467.96 ± 285.09BCbcd	26.24 ± 15.60BCbede	0.57 ± 0.01Df	82.41 ± 48.99BCbede	1.16 ± 0.67Bede
T2	N0P2K2	428.32 ± 82.96BCbcd	26.56 ± 4.93BCbede	0.62 ± 0.04CDef	83.36 ± 15.66BCbede	1.30 ± 0.27Bbede
T3	N1P2K2	493.31 ± 203.77BCbcd	34.69 ± 16.11BCbede	0.70 ± 0.08ABCabcd	109.00 ± 50.61BCbede	1.93 ± 0.99Bbede
T4	N2P0K2	306.33 ± 16.98BCcd	19.20 ± 0.12BCde	0.63 ± 0.03CDdef	60.32 ± 0.39BCde	0.95 ± 0.05Bde
T5	N2P1K2	1398.01 ± 224.16Aa	89.09 ± 12.97Aa	0.64 ± 0.04CDede	279.89 ± 40.76Aa	4.49 ± 0.70Aa
T6	N2P2K2	571.79 ± 108.25BCbcd	39.72 ± 9.18BCbede	0.69 ± 0.03ABCbede	124.79 ± 28.85BCbede	2.17 ± 0.59Bbcd
T7	N2P3K2	207.71 ± 31.63Cd	16.06 ± 3.28Ce	0.77 ± 0.04Aa	50.46 ± 10.31Ce	0.98 ± 0.25Bde
T8	N2P2K0	582.36 ± 267.69BCbcd	38.37 ± 16.83BCbede	0.67 ± 0.02BCDede	120.54 ± 52.88BCbede	1.99 ± 0.83Bbede
T9	N2P2K1	455.31 ± 234.43BCbcd	32.09 ± 15.44BCbede	0.71 ± 0.03ABCabc	100.79 ± 48.48BCbede	1.78 ± 0.80Bbede
T10	N2P2K3	300.32 ± 57.94BCcd	22.18 ± 3.01BCede	0.75 ± 0.04ABab	69.68 ± 9.47BCede	1.29 ± 0.10Bbede
T11	N3P2K2	228.96 ± 115.80Cd	14.58 ± 7.33Ce	0.64 ± 0.01CDdef	45.80 ± 23.03Ce	0.73 ± 0.36Be
T12	N1P1K2	654.41 ± 333.06BCbc	46.61 ± 26.18BCbc	0.69 ± 0.05ABCbede	146.43 ± 82.24BCbc	2.62 ± 1.60Bb
T13	N1P2K1	577.61 ± 204.54BCbcd	42.28 ± 13.12BCbcd	0.74 ± 0.04ABab	132.82 ± 41.23BCbcd	2.44 ± 0.65Bbc
T14	N2P1K1	797.28 ± 191.12Bb	51.53 ± 13.88Bb	0.64 ± 0.02CDede	161.87 ± 43.60Bb	2.62 ± 0.78Bb

2.3 氮磷钾配比施肥对赤苍藤地上及地下部分生长的综合分析

由表 6 可知, 萌芽数总和、新叶数总和与大多数地上部分生长指标呈显著或极显著正相关关系, 叶生长指标之间互为极显著正相关。枝条总量、新枝长度总量与地径增量、一级分枝粗度增量等呈显著或极显著正相关关系。对根系生长指标而言, 其

大多数指标与地径增量呈显著或极显著正相关关系。地上部分与地下部分的关联中, 仅叶面积与地径增量呈显著正相关关系。由此可见, 植株萌芽、展叶时, 新枝逐渐生长、枝条逐渐增多, 节间亦逐渐生长。枝条生长时以新生状态为主, 基生枝条生长不显著。此外, 地上及地下部分的增粗生长呈现一定的关联。

表6 氮磷钾配比施肥后赤苍藤地上及地下部分生长指标相关性分析

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X1	1.000									
X2	0.935**	1.000								
X3	0.731**	0.671**	1.000							
X4	0.851**	0.792**	0.906**	1.000						
X5	0.832**	0.855**	0.723**	0.786**	1.000					
X6	0.966**	0.976**	0.706**	0.825**	0.846**	1.000				
X7	0.045	-0.083	0.024	0.099	-0.229	-0.138	1.000			
X8	0.974**	0.977**	0.707**	0.834**	0.832**	0.998**	-0.076	1.000		
X9	0.930**	0.984**	0.718**	0.808**	0.869**	0.959**	-0.083	0.960**	1.000	
X10	0.949**	0.993**	0.692**	0.791**	0.854**	0.984**	-0.104	0.984**	0.981**	1.000
X11	0.560*	0.650*	0.513	0.698**	0.477	0.603*	0.224	0.622*	0.637*	0.585*
X12	0.782**	0.763**	0.431	0.540*	0.794**	0.764**	-0.206	0.751**	0.797**	0.784**
X13	0.673**	0.667**	0.329	0.470	0.648*	0.725**	-0.377	0.701**	0.637*	0.702**
X14	0.827**	0.878**	0.451	0.668**	0.703**	0.845**	-0.044	0.854**	0.852**	0.853**
X15	0.438	0.423	0.389	0.356	0.719**	0.437	-0.358	0.413	0.514	0.447
X16	0.463	0.433	0.380	0.333	0.702**	0.452	-0.342	0.430	0.523	0.465
X17	0.223	0.083	0.088	0.011	-0.196	0.123	0.384	0.154	0.079	0.144
X18	0.463	0.433	0.380	0.333	0.702**	0.452	-0.342	0.430	0.523	0.465
X19	0.476	0.433	0.359	0.299	0.669**	0.456	-0.319	0.436	0.520	0.472
	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	
X11	1.000									
X12	0.266	1.000								
X13	0.251	0.801**	1.000							
X14	0.635	0.657*	0.534*	1.000						
X15	0.113	0.690**	0.472	0.262	1.000					
X16	0.076	0.723**	0.493	0.262	0.992**	1.000				
X17	-0.173	0.120	-0.008	-0.017	-0.243	-0.132	1.000			
X18	0.076	0.723**	0.494	0.262	0.992**	1.000**	-0.131	1.000		
X19	0.034	0.744**	0.504	0.254	0.965**	0.991**	-0.012	0.991**	1.000	

注: X1—萌芽数总和; X2—新叶数总和; X3—叶长; X4—最大叶宽; X5—叶面积; X6—新生枝条数量总和; X7—基生枝条数量总和; X8—枝条总量; X9—新枝长度总量; X10—新枝节间数; X11—节间平均长度; X12—地径增量; X13—一级分枝粗度增量; X14—新枝粗度; X15—总根长; X16—总根投影面积; X17—根平均直径; X18—根表面积; X19—总根体积。* 表示显著相关关系, ** 表示极显著相关关系。

根据地上部分及地下部分生长状况试验结果, 采用模糊隶属函数进行综合分析, 得出表7结果。由表7数据可知, 此14组处理平均隶属函数值排序为: T5 (N2P1K2) > T6 (N2P2K2) > T3 (N1P2K2) > T14 (N2P1K1) > T10 (N2P2K3) > T4 (N2P0K2) > T9 (N2P2K1) > T8 (N2P2K0) > T12 (N1P1K2) > T7 (N2P3K2) > T11 (N3P2K2) > T13 (N1P2K1)

> T1 (N0P0K0) > T2 (N0P2K2)。由此可见, T5处理 (N1 g/株 + P₂O₅ 0.8 g/株 + K₂O 0.8 g/株) 下赤苍藤地上部分及地下部分生长状况最佳, T6处理 (N1 g/株 + P₂O₅ 1.6 g/株 + K₂O 0.8 g/株) 次之, T2缺氮处理 (N0 g/株 + P₂O₅ 1.6 g/株 + K₂O 0.8 g/株) 下赤苍藤生长状况最差, 甚至低于不施肥对照组 (T1, N0P0K0)。排名位列前10名的处理中, 氮素均为2水平 (即

1 g/株); 磷、钾肥过量处理 (N2P3K2、N2P2K3) 对赤苍藤毒害作用小于氮肥过量处理 (N3P2K2)。排序靠后的处理中, 多为氮素 1、3 水平。可见, 氮素在赤苍藤地上及地下部分生长发育的过程中起

到非常重要的作用, 缺氮条件下其生长状况最差, 但其过量施用亦会对赤苍藤植株造成较重的毒害。磷、钾肥适度配合氮肥施用可对赤苍藤萌芽、展叶、枝条生长及地下部分发育起到良好的促进作用。

表 7 氮磷钾配比施肥后赤苍藤地上及地下部分生长指标隶属度分析

指标	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
萌芽数总和	0.043	0.000	0.769	0.609	1.000	0.900	0.334	0.464	0.522	0.856	0.231	0.261	0.160	0.725
新叶数总和	0.172	0.000	1.000	0.546	1.000	0.902	0.160	0.210	0.540	0.709	0.166	0.107	0.056	0.584
叶长	0.114	0.193	0.684	0.285	0.917	0.750	0.754	0.452	0.281	0.447	0.390	0.000	0.009	1.000
最大叶宽	0.229	0.282	0.612	0.635	1.000	0.771	0.647	0.459	0.447	0.676	0.447	0.118	0.000	0.800
叶面积	0.247	0.045	0.487	0.272	1.000	0.798	0.056	0.264	0.201	0.327	0.151	0.158	0.000	0.553
新生枝条数量总和	0.097	0.000	0.936	0.661	1.000	0.903	0.258	0.436	0.564	0.661	0.161	0.145	0.112	0.630
基生枝条数量总和	0.000	0.405	0.000	0.000	0.000	0.000	0.405	0.000	0.000	1.000	0.190	0.190	0.000	0.190
枝条总量	0.068	0.000	0.934	0.650	1.000	0.900	0.268	0.418	0.584	0.734	0.150	0.134	0.084	0.634
新枝长度总量	0.200	0.000	0.885	0.462	1.000	0.713	0.218	0.184	0.490	0.632	0.165	0.135	0.128	0.644
新枝节间数	0.170	0.000	0.989	0.507	1.000	0.880	0.245	0.340	0.577	0.697	0.220	0.181	0.137	0.588
节间平均长度	0.409	0.878	0.939	1.000	0.913	0.670	0.583	0.174	0.687	0.835	0.426	0.348	0.000	0.843
地径增量	0.246	0.000	0.598	0.500	1.000	0.631	0.246	0.295	0.352	0.516	0.303	0.566	0.434	0.434
一级分枝粗度增量	0.050	0.000	0.863	0.725	1.000	0.663	0.113	0.650	0.338	0.338	0.463	0.613	0.213	0.213
新枝粗度	0.529	0.000	0.897	0.926	0.956	1.000	0.206	0.235	1.000	0.971	0.353	0.471	0.029	0.809
总根长	0.219	0.185	0.240	0.083	1.000	0.306	0.000	0.315	0.208	0.078	0.018	0.375	0.311	0.495
总根投影面积	0.156	0.161	0.270	0.062	1.000	0.337	0.020	0.319	0.235	0.102	0.000	0.430	0.372	0.496
根平均直径	0.000	0.250	0.650	0.300	0.350	0.600	1.000	0.500	0.700	0.900	0.350	0.600	0.850	0.350
根表面积	0.156	0.160	0.270	0.062	1.000	0.337	0.020	0.319	0.235	0.102	0.000	0.430	0.372	0.496
总根体积	0.114	0.152	0.319	0.059	1.000	0.383	0.066	0.335	0.279	0.149	0.000	0.503	0.455	0.503
隶属度均值	0.169	0.143	0.650	0.439	0.902	0.655	0.295	0.335	0.434	0.565	0.220	0.303	0.196	0.578
隶属度排名	13	14	3	6	1	2	10	8	7	5	11	9	12	4

3 讨论

氮磷钾配比施肥是蔬菜类植物丰产培育环节中的重要措施, 合理施肥对作物地上及地下部分生长均起到重要作用。本试验中适度施肥条件下赤苍藤地上部分生长受到显著的促进, 过度施肥则会抑制赤苍藤地上、地下部分的生长, 这与大多数施肥试验的结果相一致。从氮、磷、钾元素对植株生长状况的效应来看, 氮素对赤苍藤地上部分生长影响最

大, 而地下部分生长则与磷素施用量有关。这符合大量元素在植物生长发育过程中起到的基本作用。

前人研究过程中, 麻疯树生长、生理状况受氮肥显著影响^[16], 而降香黄檀 (*Dalbergia odorifera* T.Chen) 苗木则表现出对磷的偏向性^[17], 对合江方竹 (*Chimonobambusa hejiangensis* C.D.Chu et C.S.Chao) 竹笋“3414”施肥后则发现, 氮磷钾对笋产量的增加效果依次为 P>K>N^[18]。本试验结果与刘秀等^[19]、段如雁等^[20]的结果相类似。氮肥

适当施用的同时合理配施磷、钾肥可有效促进赤苍藤芽、叶的萌发及生长,为其苗期健康发育起到重要作用。

就本试验中赤苍藤地下部分生长状况而言,在氮、磷、钾量级组中,其单株总根长、总根投影面积、根平均直径、单株根表面积及总根体积表现出随养分施用量的上升呈先增后减的变化趋势,这与段如雁等^[20]、杨阳等^[21]对花榈木(*Ormosia henryi* Prain)、紫椴(*Tilia amurensis* Rupr.)等植物的研究结果相类似。纵观所有处理,氮、磷素过度施用对根系的毒害作用最显著。虽磷素对赤苍藤根系生长促进作用显著,高磷处理下显著促进根系增粗生长,但过多磷肥施用对赤苍藤根系加长生长及延展存在显著胁迫作用,这与王莉珊^[22]研究结果相类似。赤苍藤多见于中国广西石灰岩石山地区,在我国西南岩溶地区的峰丛洼地,赤苍藤可作为水保植物使用,用于保持水土及环境综合治理^[23]。岩溶区以钙质土最为多见,该地区植物对钙元素适应性强,多为嗜钙、喜钙植物^[24]。本试验中选择的赤苍藤种源来自广西大新地区,该地区为典型石灰岩山地^[25],种源植株应对钙元素具有一定的适应性。本试验中当过磷酸钙施用量达13.33 g/株(T7处理)时赤苍藤根系生长受到显著抑制,集中表现为须根数量少、易断裂破溃等。此时根系生长受显著阻碍的原因可能是新生须根短时间内无法忍受高浓度钙胁迫造成的,亦可能与土壤本底值中磷素含量较高有关,但此施肥条件下其根系仍有明显增粗效应,故此效应产生的具体原因及机制尚待印证。赤苍藤苗期培育时磷肥的施用及摄取需要探索新方法进行。

根据本试验模糊隶属函数分析结果显示,T5(N2P1K2)、T6(N2P2K2)处理下赤苍藤整体生长状况最佳,但二者大多数指标差异不显著,可见,氮素、钾素在赤苍藤扦插苗苗期培育过程中起到重要作用,磷素协同作用仍需重点把握。

4 结论

本试验中14种不同氮磷钾肥追肥处理对赤苍藤大多数地上、地下部分生长指标起到极显著或显著影响。模糊隶属函数分析结果表明,本试验条件下,对1.5年生赤苍藤扦插苗追施N 1 g/株+P₂O₅ 0.8 g/株+K₂O 0.8 g/株(即尿素2.14 g/株+过磷酸钙4.44 g/株+氯化钾1.33 g/株)条件下植株生长

状况最好,追施N 1 g/株+P₂O₅ 1.6 g/株+K₂O 0.8 g/株(即尿素2.14 g/株+过磷酸钙8.88 g/株+氯化钾1.33 g/株)情况次之。当追肥中不施用氮素(即尿素0 g/株+过磷酸钙8.88 g/株+氯化钾1.33 g/株)时植株地上、地下部分生长状况最差,芽、叶、枝条生长及地下部分发育状况均受限,叶片黄化情况明显。研究过程中,施用过多肥料导致的养分胁迫情况及过量过磷酸钙对赤苍藤根系造成的毒害作用亦是赤苍藤生产、追肥过程中需要注意的问题。

参考文献:

- [1] 温旭丁,陈花.海南海桑幼苗氮磷钾施肥量分析[J].森林与环境学报,2021,41(4):351-357.
- [2] 汪雪影,胡永红,张宪权,等.氮、磷、钾肥对绣球‘花手鞠’容器苗生长及养分状况的影响[J].广西植物.2022,42(11):1971-1979.
- [3] 罗婷,杨文忠,张珊珊.施肥对云南蓝果树幼苗抗旱生理指标的影响[J].中南林业科技大学学报,2021,41(2):54-62.
- [4] 栗春青.氮磷钾配比对假苹婆生长生理及土壤肥力特征的影响[D].南宁:广西大学,2020.
- [5] 吴晨.基于“3414”试验优化西洋参氮磷钾施肥研究[D].北京:中国农业科学院,2021.
- [6] 龚泽丹,刘三波,龚达林,等.氮磷钾配施对不同年限雷公藤根鲜重和甲素含量的影响[J].中药材,2021,44(8):1801-1807.
- [7] 隆卫革,黎素平,安家成,等.森林蔬菜赤苍藤营养分析与评价[J].食品研究与开发,2017,38(24):124-127.
- [8] 符策,韦雪英,刘连军,等.不同外源激素、基质处理对赤苍藤扦插生根的影响[J].南方农业,2019,13(5):139-140.
- [9] 梁臣艳,张玄薇,李耀华,等.腥藤化学成分的研究(1)[J].中药材,2017,40(11):2598-2600.
- [10] Zhu Z X, Wang J H, Cai Y C, et al. Complete plastome sequence of *Erythralium scandens* (Erythraliaceae), an edible and medicinally important liana in China[J]. Mitochondrial DNA Part B, 2018, 3: 139-140.
- [11] 徐永强.辣木苗期施肥效应和营养诊断研究[D].北京:中国林业科学研究院,2010.
- [12] 任开磊,郑益兴,吴疆翀,等.配方施肥对辣木生长效应及其初果期产量构成的影响[J].林业科学研究,2016,29(6):820-825.
- [13] Sarwar M, Patra J K, Ali A, et al. Effect of compost and NPK fertilizer on improving biochemical and antioxidant properties of *Moringa oleifera* [J]. South African Journal of Botany, 2020, 129: 62-66.
- [14] 郭品湘.鸡粪和牛粪配施对赤苍藤产量和品质的影响[D].南宁:广西大学,2020.

- [15] 王慷林, 李莲芳, 苏柠, 等. 小省藤苗木生长对遮阴和施肥的响应[J]. 西南林业大学学报(自然科学版), 2019, 39(1): 20-26.
- [16] 郑绍鑫, 滕维超, 胡厚臻, 等. 氮磷钾肥料处理对麻风树苗木生长及生理特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(6): 171-174.
- [17] 吴国欣, 王凌晖, 梁惠萍, 等. 氮磷钾配比施肥对降香黄檀苗木生长及生理的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2012, 29(2): 296-300.
- [18] 马师, 苟光前. 合江方竹竹笋培育施肥研究[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(8): 107-110.
- [19] 刘秀, 廖宝文, 李志辉, 等. 不同氮磷钾含量的施肥配比对半年生杨叶肖槿苗木生长及生理的影响[J]. 西部林业科学, 2009, 38(4): 57-62.
- [20] 段如雁, 韦小丽, 张之栋, 等. 珍贵树种花榈木容器苗配方施肥试验[J]. 森林与环境学报, 2017, 37(2): 225-230.
- [21] 杨阳, 张德鹏, 及利, 等. 配比施肥对紫椴播种苗生长、养分积累及根系形态的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2021, 41(9): 63-70.
- [22] 王莉娜. 不同施肥处理对海南风吹楠幼苗生长和生理特性的影响[D]. 南宁: 广西大学, 2017.
- [23] 蒋忠诚, 罗为群, 邓艳, 等. 岩溶峰丛洼地水土流失及防治研究[J]. 地球学报, 2014, 35(5): 535-542.
- [24] 王传明, 乙引. 自然生长下喜钙植物、随遇植物和嫌钙植物生理活性特征及钙含量特征的研究[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(16): 3840-3844.
- [25] 柴胜丰, 付嵘, 邹蓉, 等. 不同钙离子浓度对喜钙和嫌钙型金花茶光合及生理指标的影响[J]. 广西植物, 2021, 41(2): 167-176.

Influence of formula fertilization on the growth of *Erythralum scandens* Bl.

MA Dao-cheng¹, TIAN Xiang^{2*}, WANG Ling-hui^{1*}, TENG Wei-chao¹, QIN Jie¹, SHAO Jia-yin¹ (1. College of Forestry, Guangxi University, Nanning Guangxi 530004; 2. Nanning Arboretum, Nanning Guangxi 530031)

Abstract: As a common woody vegetable in south China and southwest China, the tender stems and leaves of *Erythralum scandens* Bl. have good taste and high nutritional value, but the cultivation and researches on its seedling stage are not clear at present. Because of the lack of research on the characteristics of NPK formula fertilization at seedling stage, this study adopted “3414” formula fertilization method, and carried out topdressing experiment on 1.5-year-old *E. scandens* officinalis cutting seedlings from Daxin provenance, in order to find a suitable ratio of NPK fertilizer for its seedling growth and development. The results showed that proper fertilization could improve the plant growth and promote the growth and development of aboveground and underground parts. Nitrogen played an important role in the growth and development of *E. scandens*. Except for T2 (N0P2K2) treatment, the growth of aboveground and underground parts of most treatments were significantly improved compared with the control group (T1, N0P0K0) without fertilization. The results of fuzzy membership function analysis showed that the average membership function value after fertilization was in descending order as follows: T5 (N2P1K2) > T6 (N2P2K2) > T3 (N1P2K2) > T14 (N2P1K1) > T10 (N2P2K3) > T4 (N2P0K2) > T9 (N2P2K1) > T8 (N2P2K0) > T12 (N1P1K2) > T7 (N2P3K2) > T11 (N3P2K2) > T13 (N1P2K1) > T1 (N0P0K0) > T2 (N0P2K2). In conclusion, under the experimental conditions, T5 treatment (N 1 g/plant+P₂O₅ 0.8 g/plant+K₂O 0.8 g/plant) and T6 treatment (N 1 g/plant+P₂O₅ 1.6 g/plant+K₂O 0.8 g/plant) had the best comprehensive performance, with vigorous plant growth, abundant new buds and leaves, vigorous branches and strong roots. So rational application of nitrogen fertilizer and reasonable combination of phosphorus and potassium fertilizer are the key points of seedling cultivation of *E. scandens*.

Key words: *Erythralum scandens* Bl.; NPK fertilization; above-ground part growth; underground part growth