

云南松苗木生长对施肥和水分等多因素的响应

郑书绿,鲍雪纤,李莲芳*,王慷林,张 薇,王文俊,王文静,于国栋,郭 樑,苏 柠
(西南林业大学 林学院,云南 昆明 650224)

摘要: 采用 $U_{19}(19^{18})$ 均匀设计研究解淀粉芽孢杆菌(*Bacillus amyloliquefaciens*) B9601 - Y2(简称 Y2)、IBA、NAA、复合肥、浇水频率和浇水量及其不同水平组合对云南松(*Pinus yunnanensis*) 苗木生长的影响。结果表明,540 d 的苗木平均地径、苗高和针叶长分别为 4.1 ~ 6.9 mm、6.7 ~ 12.8 cm 和 7.2 ~ 19.1 cm。 10×10^5 cfu/mL 的 Y2 浸种、0.10 g/L 的 IBA 溶液喷施叶面、施 0.25 g/袋的复合肥、每 6 d 浇水 1 次和每次浇 1/2 饱和含水量的组合促进地径、苗高和针叶生长。复合肥是影响苗木生长的主要因子,其与 IBA、Y2 和水分共同促进苗木生长;NAA 则抑制苗高生长和针叶伸长。地径与苗高、针叶长呈现正相关。

关键词: 云南松; 均匀试验设计; 多因素; 苗木; 生长

中图分类号: S791.257 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004 - 3268(2015)08 - 0108 - 05

Response of *Pinus yunnanensis* Seedling Growth to Many Factors Such As Fertilization and Water

ZHENG Shulü, BAO Xuexian, LI Lianfang*, WANG Kanglin, ZHANG Wei,
WANG Wenjun, WANG Wenjing, YU Guodong, GUO Liang, SU Ning
(College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: The $U_{19}(19^{18})$ uniform design was applied to implement the trial of effects of *Bacillus amyloliquefaciens* B9601-Y2 (Y2), IBA, NAA, compound fertilizer, watering frequency and quantity with different factorial level combinations on seeding growth of *Pinus yunnanensis*. The results showed that mean basal diameters (BD), seedling heights (SH) and needle lengths (NL) were 4.1—6.9 mm, 6.7—12.8 cm and 7.2—19.1 cm, respectively, for 540-day old seedlings. The treated combination of 10×10^5 cfu/mL of Y2 presoaking seeds, 0.10 g/L IBA solution spraying needles, fertilizing 0.25 g/container of compound fertilizer and watering once every 6 days with 1/2 saturated water content promoted growth of the BDs, SHs and NLs. Compound fertilizer was the main factor of affecting seedling growth, which was facilitated seedling growth with IBA, Y2 and water together; contrarily, the NAA restrained the growth of the SHs and NLs. There were positive relevances between the BD and SH, NL.

Key words: *Pinus yunnanensis*; uniform experimental design; multiple factors; seedling; growth

云南松(*Pinus yunnanensis*)属松科(Pinaceae)松属的常绿高大乔木,是我国西南地区特有的树种,以云南省为分布中心,四川的西南部、西藏的东南部、贵州和广西的西部也有分布^[1]。云南松林占云南全省林地面积的 52%、占有林地蓄积量的 32%^[2]。具有适应性强、耐干旱瘠薄等特点,在云南经济、生态和社会的可持续发展中占有举足轻重的地位^[2-3]。然而,已有的研究指出云南松百日苗造林或天然更新幼林 3 年生苗木或幼林地上部分生长缓慢,这一阶段的生长以地下根系的生长为主,地

收稿日期:2015 - 03 - 25
基金项目:国家自然科学基金项目(31170585)
作者简介:郑书绿(1990 -),女,浙江平阳人,在读硕士研究生,研究方向:植物资源与利用。E - mail:1181318646@qq.com
* 通讯作者:李莲芳(1964 -),女,云南墨江人,教授,博士,主要从事森林培育、林木遗传育种及与林学相关的教学和科研工作。E - mail:llianf@126.com

上的株高生长极慢,存在严重的“蹲苗”现象^[1,4],这一特性严重地制约了其幼林生长和成林,限制了云南松在其分布区内应有的经济、生态和社会效益的发挥。为打破“蹲苗”现象,已有施肥、植物生长调节剂处理和环境控制等苗木培育方面的研究报道,并取得了一定的成效^[5-9]。然而,目前在培育无“蹲苗”期的壮苗方面的技术仍不完善,有待进一步研发。为此,在已有的研究基础上,研究解淀粉芽孢杆菌、施肥、水分控制、吲哚丁酸(IBA)和萘乙酸(NAA)等多因素对云南松苗木生长的影响,为无“蹲苗”期云南松实生壮苗培育提供科学依据和技术参考。

1 材料和方法

云南松种子采自昆明市宜良县禄丰村林场的尖山林区,千粒质量为 20.54 g,解淀粉芽孢杆菌(*Bacillus amyloliquefaciens*) B9601-Y2(简称 Y2)菌剂母液浓度为 1×10^{10} cfu/mL,IBA 和 NAA 为分析纯粉剂,复合肥的 N、P、K 含量分别为 $N \geq 14\%$ 、 $P \geq 6\%$ 、 $K \geq 18\%$ 。试验含 6 个因素,每因素包括 6 个水平(表 1)。根据因素水平表,采用 $U_{19}(19^{18})$ 均匀设计进行试验实施(表 2),试验在西南林业大学塑料大棚内实施。

表 1 试验的因素水平

因素	水平					
	1	2	3	4	5	6
Y2(A)/(cfu/mL)	0.00	2×10^5	4×10^5	6×10^5	8×10^5	10×10^5
IBA(B)/(g/L)	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
NAA(C)/(g/L)	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
复合肥(D)/(g/袋)	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
浇水频率(E)/(d/次)	3	4	5	6	7	8
浇水量(F)(饱和含水量/次)	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6

表 2 $U_{18}(19^{18})$ 均匀设计及实施方案

处理编号	A	B	C	D	E	F	试验组合
1	1	6	2	4	2	5	$A_1 B_6 C_2 D_4 E_2 F_5$
2	2	6	4	1	3	3	$A_2 B_6 C_4 D_1 E_3 F_3$
3	3	6	5	5	4	1	$A_3 B_6 C_5 D_5 E_4 F_1$
4	4	5	1	2	6	5	$A_4 B_5 C_1 D_2 E_6 F_5$
5	5	5	2	6	1	3	$A_5 B_5 C_2 D_6 E_1 F_3$
6	6	5	4	3	2	1	$A_6 B_5 C_4 D_3 E_2 F_1$
7	1	4	6	1	3	5	$A_1 B_4 C_6 D_1 E_3 F_5$
8	2	4	1	4	5	3	$A_2 B_4 C_1 D_4 E_5 F_3$
9	3	4	3	2	6	1	$A_3 B_4 C_3 D_2 E_6 F_1$
10	4	3	4	5	1	6	$A_4 B_3 C_4 D_5 E_1 F_6$
11	5	3	6	3	2	4	$A_5 B_3 C_6 D_3 E_2 F_4$
12	6	3	1	6	4	2	$A_6 B_3 C_1 D_6 E_4 F_2$
13	1	2	3	4	5	6	$A_1 B_2 C_3 D_4 E_5 F_6$
14	2	2	5	1	6	4	$A_2 B_2 C_5 D_1 E_6 F_4$
15	3	2	6	5	1	2	$A_3 B_2 C_6 D_5 E_1 F_2$
16	4	1	2	2	3	6	$A_4 B_1 C_2 D_2 E_3 F_6$
17	5	1	3	6	4	4	$A_5 B_1 C_3 D_6 E_4 F_4$
18	6	1	5	3	5	2	$A_6 B_1 C_5 D_3 E_5 F_2$

试验设 3 次重复,每重复 18 个处理组合,共 54 个;每处理组合播种 20 袋容器苗,苗木采用 1.5 m × 0.5 m 的蜂窝容器袋培育,每本 240 个容器袋。每袋播 5 粒种子(待出圃后逐渐间苗,并保持同一时期的苗木株数相同,保证其获得相同的养分和水分),共需种子 5 400 粒,约 111 g,共播含 240 袋/本的蜂窝容器袋 5 本。基质按苗圃土:煤渣为 2:1 的比例配制;容器基质的饱和含水量预先进行测定。

种子先用 0.5% 高锰酸钾溶液消毒 0.5 h,取出用清水冲洗后于 50 ℃ 的温水中浸泡 24 h 后播种。幼苗木质化后,按照试验设计要求每个月施固体肥料 1 次,用植物生长调节剂溶液喷施叶面 2 次(IBA 和 NAA 各 1 次),并定时定量浇水。

苗龄 540 d 时,从每个处理组合中随机选取 30 株具有代表性的苗木测定地径、苗高和针叶长。采用 Excel 和 SPSS 13.0 软件进行数据整理和分析^[10],

多重比较和相关分析分别采用邓肯氏(Duncan's)^[11]和 Pearson 法。

2 结果与分析

2.1 地径对试验因素和水平及其组合的响应

苗木的地径为 4.1~6.9 mm,处理 10(6×10⁵ cfu/mL 的 Y2,0.10 g/L 的 IBA,0.15 g/L 的 NAA,0.20 g/袋复合肥,每 1 d 浇水 1 次,每次浇 1/6 饱和含水量的组合)的平均地径最大(表 3),且极显著大于除处理 1(0.25 g/L 的 IBA,0.05 g/L 的 NAA,

0.15 g/袋复合肥,每 2 d 浇水 1 次,每次浇 1/5 饱和含水量的组合)、3(4×10⁵ cfu/mL 的 Y2,0.25 g/L 的 IBA,0.20 g/L 的 NAA,0.20 g/袋复合肥,每 4 d 浇水 1 次,每次浇 1/1 饱和含水量)和 12(10×10⁵ cfu/mL 的 Y2,0.10 g/L 的 IBA,0.25 g/袋复合肥,每 4 d 浇水 1 次,每次浇 1/2 饱和含水量的组合)以外的其他处理($P\approx 0.000 < 0.01$)。表明因素的水平组合的不同对苗木地径生长具有极显著的差异影响,结合苗高等指标,可获得缩短或无“蹲苗”期苗木培育的优化处理。

表 3 云南松苗木的平均地径、苗高和针叶长

处理编号	地径/mm				苗高/cm				针叶长/cm			
	平均值	最大值	最小值	变异系数/%	平均值	最大值	最小值	变异系数/%	平均值	最大值	最小值	变异系数/%
1	6.3±3.2 ^{AB}	12.6	2.7	50.9	8.5±3.8 ^{BC}	15.5	3.4	44.1	16.2±5.6 ^{AB}	29.6	5.2	34.9
2	5.0±2.5 ^{BC}	11.8	1.6	50.6	9.5±5.1 ^B	21.3	3.2	53.8	12.5±5.7 ^{BC}	29.7	4.1	45.5
3	6.3±2.8 ^{AB}	13.5	3.2	45.5	10.4±4.2 ^B	18.3	3.4	40.1	14.5±6.7 ^B	28.1	3.7	46.1
4	6.0±3.3 ^B	13.0	1.8	54.5	12.8±6.1 ^A	26.4	3.6	47.3	14.3±5.3 ^B	24.5	4.5	37.4
5	5.9±3.4 ^B	14.5	2.2	57.2	11.9±5.1 ^{AB}	24.0	4.2	43.1	14.8±6.0 ^{AB}	24.5	4.6	40.4
6	4.3±1.7 ^C	9.8	2.4	39.8	7.5±3.5 ^C	18.2	2.6	46.8	11.7±5.5 ^{BC}	22.2	2.9	47.0
7	5.1±1.5 ^{BC}	9.9	3.0	29.7	9.7±4.3 ^B	22.4	3.1	44.2	7.8±4.5 ^D	21.2	2.2	57.8
8	5.5±2.3 ^{BC}	10.5	2.5	42.8	10.5±4.3 ^B	20.6	5.0	41.1	10.8±4.9 ^B	21.4	3.1	45.1
9	5.5±2.7 ^B	14.5	2.4	48.7	10.6±4.1 ^B	20.5	5.3	38.5	13.7±6.1 ^B	24.1	4.3	44.7
10	6.9±2.8 ^A	12.1	2.3	41.1	9.6±3.1 ^B	19.6	3.2	32.0	13.5±6.6 ^B	28.2	4.5	49.0
11	5.4±2.5 ^{BC}	14.2	2.0	45.8	9.5±3.2 ^B	18.5	4.5	34.0	11.5±6.6 ^C	29.8	3.4	57.8
12	6.3±2.9 ^{AB}	11.1	2.6	45.8	12.3±4.2 ^{AB}	22.8	4.1	33.7	19.1±8.3 ^A	36.3	4.0	43.2
13	4.6±1.7 ^C	9.9	2.4	37.1	9.6±4.2 ^B	21.8	3.1	44.1	11.5±5.5 ^C	22.6	2.4	47.4
14	5.3±1.2 ^{BC}	9.4	4.0	23.3	11.6±3.7 ^B	20.1	6.1	32.2	10.0±4.7 ^{CD}	18.5	4.1	46.9
15	5.1±1.3 ^{BC}	7.6	2.3	26.3	7.7±2.9 ^C	15.4	1.8	37.2	7.2±3.8 ^{CD}	16.8	2.4	52.7
16	5.7±1.5 ^B	10.4	3.1	26.4	9.7±5.6 ^B	22.2	2.4	57.7	13.5±6.4 ^B	28.1	4.6	47.6
17	4.5±1.7 ^C	8.7	2.1	38.7	8.6±3.4 ^{BC}	14.6	2.6	40.1	8.2±3.8 ^{BC}	19.5	3.0	46.1
18	4.1±2.2 ^D	10.1	1.3	52.3	6.7±3.3 ^D	14.6	2.6	49.2	8.6±4.4 ^{BC}	21.4	2.1	50.8
总平均	5.4±2.5	14.5	1.3	45.7	9.8±4.4	26.4	1.8	45.3	12.2±6.4	36.3	2.1	52.3

注:同列不同大写字母表示在 $\alpha=0.01$ 水平上差异显著。

极差分析结果(表 4)表明,复合肥是影响地径生长的主要因子($R=1.5$ mm),其次是 IBA($R=1.4$ mm),浇水量的影响较小;地径的理论优水平组合为 A₄B₃C₂D₅E₁F₅(6×10⁵ cfu/mL 的 Y2,0.10 g/L 的 IBA,0.05 g/L 的 NAA,0.20 g/袋复合肥,每 3 d 浇水 1 次,每次浇 1/5 饱和含水量的组合)。

Y2、NAA 和浇水频率对苗木的地径具有显著影响($P_{Y2}=0.013 < 0.05$, $P_{NAA}=0.013 < 0.05$, $P_{\text{浇水频率}}=0.019 < 0.05$),其中,6×10⁵ cfu/mL 的 Y2 显著大于除 4×10⁵ cfu/mL 以外的其他水平,0.05 g/L 的 NAA 的地径显著大于除不喷施 NAA 以外的其他水平,每 3 d 浇水 1 次的地径则大于除每 6、8 d 浇水 1 次的其他水平。同样,喷施 0.10 g/L IBA 溶液的地径极显著大于除 0.25 g/L 以外的其他水平($P=0.001 < 0.01$),施复合肥 0.20 g/袋的地径极显著大

于除 0.05 g/袋以外的其他水平($P=0.001 < 0.01$)。虽然控制浇水不是影响地径的主导因子,但浇水频率的不同,显著地影响地径生长,说明云南松苗木地径的生长对基质水分的变化具有积极的响应,即基质的水分变化是决定地径生长的关键因子之一。

2.2 苗高对试验因素和水平及其组合的响应

苗木的苗高为 6.7~12.8 cm,处理组合间的差异极显著($P\approx 0.000 < 0.01$);与地径不同,处理 4(6×10⁵ cfu/mL 的 Y2,0.20 g/L 的 IBA,0.05 g/袋复合肥,每 6 d 浇水 1 次,每次浇 1/5 饱和含水量的组合)的平均苗高最高,并极显著高于除处理 5(8×10⁵ cfu/mL 的 Y2,0.20 g/L 的 IBA,0.05 g/L 的 NAA,0.25 g/袋复合肥,每 1 d 浇水 1 次,每次浇 1/3 饱和含水量的组合)和 12 以外的其他处理(表 3)。

表 4 因素水平间指标的极差分析

项目	A						B						极差					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	A	B	C	D	E	F
地径/mm	5.34 ^b	5.25 ^b	5.62 ^{ab}	6.21 ^a	5.25 ^b	4.91 ^c	4.76 ^C	5.00 ^B	6.20 ^A	5.35 ^B	5.41 ^B	5.85 ^{AB}	1.3	1.4	1.1	1.5	1.2	0.8
苗高/cm	9.27 ^{bc}	10.52 ^{ab}	9.56 ^{bc}	10.71 ^a	10.00 ^b	8.83 ^c	8.31 ^C	9.61 ^B	10.48 ^{AB}	10.26 ^{AB}	10.75 ^A	9.48 ^B	1.9	2.4	3.0	3.1	2.1	1.7
针叶长/cm	12.85 ^c	12.92 ^c	13.29 ^{bc}	15.81 ^a	14.35 ^b	15.56 ^{ab}	14.51 ^B	10.34 ^C	15.99 ^A	13.06 ^B	15.22 ^{AB}	15.67 ^{AB}	3.0	5.7	7.2	6.5	4.1	3.6
项目	C						D						主次因子排序					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6						
地径/mm	5.92 ^{ab}	5.99 ^a	4.87 ^c	5.39 ^b	4.89 ^c	5.16 ^b	5.43 ^B	5.75 ^{AB}	4.59 ^C	5.47 ^B	6.07 ^A	5.57 ^B	D>B>A>E>C>F					
苗高/cm	11.89 ^A	10.05 ^{AB}	9.56 ^B	8.85 ^C	9.57 ^B	8.97 ^C	10.26 ^{AB}	11.03 ^A	7.89 ^C	9.53 ^B	9.24 ^B	10.94 ^{AB}	D>C>B>E>A>F					
针叶长/cm	17.12 ^A	16.81 ^{AB}	13.66 ^B	14.09 ^B	13.22 ^B	9.89 ^C	10.54 ^C	15.35 ^{AB}	12.92 ^B	15.23 ^{AB}	13.75 ^B	17.00 ^A	C>D>B>E>F>A					
项目	E						F						优水平组合					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6						
地径/mm	5.97 ^a	5.33 ^b	5.25 ^b	5.68 ^{ab}	4.73 ^c	5.62 ^{ab}	5.36	5.16	5.46	5.04	5.80	5.75	A ₄ B ₃ C ₂ D ₅ E ₁ F ₅					
苗高/cm	9.73 ^B	8.51 ^C	9.63 ^B	10.44 ^{AB}	8.91 ^C	10.55 ^A	9.50	8.89	10.60	9.89	10.36	9.62	A ₄ B ₅ C ₁ D ₂ E ₆ F ₃					
针叶长/cm	14.22 ^{AB}	14.12 ^{AB}	12.45 ^C	16.54 ^A	14.02 ^B	13.44 ^B	14.45 ^B	14.41 ^B	15.44 ^A	11.84 ^C	14.06 ^B	14.59 ^{AB}	A ₄ B ₃ C ₁ D ₆ E ₄ F ₃					

注:同行同指标不同大、小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平差异显著。

由表 4 可知,与地径相同,复合肥是影响云南松苗高的主要因子 ($R = 3.1\text{ cm}$),其次是 NAA ($R = 3.0\text{ cm}$)。苗高的理论优水平组合为 $A_4B_5C_1D_2E_6F_3$ ($6 \times 10^5\text{ cfu/mL}$ 的 Y2, 0.20 g/L 的 IBA, 0.05 g/袋 复合肥,每 8 d 浇水 1 次,每次浇 1/3 饱和含水量的组合),与实际最高的处理组合 4 的浇水量不一致外,其余因子均一致。

Y2 对苗高具有显著影响 ($P = 0.032 < 0.05$),与地径相同, $6 \times 10^5\text{ cfu/mL}$ 的 Y2 的苗高显著高于除 $2 \times 10^5\text{ cfu/mL}$ 以外的其他水平;IBA、NAA、复合肥和浇水频率极显著影响苗高 ($P_{\text{IBA}} = 0.003 < 0.01$, $P_{\text{NAA}} \approx 0.000 < 0.01$, $P_{\text{复合肥}} \approx 0.000 < 0.01$, $P_{\text{浇水频率}} \approx 0.000 < 0.01$),喷施 0.20 g/L 的 IBA 溶液的苗高极显著高于除 0.10 g/L 和 0.15 g/L 以外的其他水平,不喷施 NAA 的苗高极显著高于除 0.05 g/L 以外的其他水平,施复合肥 0.05 g/袋 的苗高极显著高于除不施复合肥和 0.25 g/袋 以外的其他水平,每 8 d 浇水 1 次的苗高极显著高于除每 6 d 浇水 1 次以外的其他水平。喷施 NAA 的苗高均较不喷施的矮,是否 NAA 对云南松苗高生长具有抑制作用,应进一步开展研究。

2.3 针叶长对试验因素和水平及其组合的响应

苗木的针叶长为 $7.2 \sim 19.1\text{ cm}$,处理 12 的针叶最长,其极显著 ($P \approx 0.000 < 0.01$) 长于除处理 1 和 5 以外的其他处理组合 (表 3)。处理 12 的 3 个指标都属最优组别的,表明因素的此水平组合有利于云南松苗木的生长,可在生产实践中参照应用。

由表 4 可知,与地径和苗高不同,NAA 是影响苗木针叶长的主要因子 ($R = 7.2\text{ cm}$),其次是施复合肥 ($R = 6.5\text{ cm}$),再次是 IBA ($R = 5.7\text{ cm}$),Y2 的影响最小 ($R = 3.0\text{ cm}$)。针叶长的理论优水平组合为 $A_4B_3C_1D_6E_4F_3$ ($6 \times 10^5\text{ cfu/mL}$ 的 Y2, 0.10 g/L

的 IBA, 0.25 g/袋 复合肥,每 6 d 浇水 1 次,每次浇 1/3 饱和含水量)。

与地径和苗高相同,Y2 对针叶长也具有显著的影响 ($P = 0.035 < 0.05$) (表 4), $6 \times 10^5\text{ cfu/mL}$ 的 Y2 的针叶显著长于除 $10 \times 10^5\text{ cfu/mL}$ 以外的其他水平。IBA、NAA、复合肥、浇水频率和浇水量极显著影响针叶长 ($P_{\text{IBA}} \approx 0.000 < 0.01$, $P_{\text{NAA}} \approx 0.000 < 0.01$, $P_{\text{复合肥}} \approx 0.000 < 0.01$, $P_{\text{浇水频率}} = 0.002 < 0.01$, $P_{\text{浇水量}} = 0.004 < 0.01$)。喷施 0.10 g/L 的 IBA 溶液的针叶极显著长于除 0.20 、 0.25 g/L 以外的其他水平;与苗高相同,不喷 NAA 的针叶极显著长于除 0.05 g/L 以外的其他水平;施复合肥 0.25 g/袋 的针叶极显著长于除 0.05 g/袋 和 0.15 g/袋 以外的其他水平;每 6 d 浇水 1 次的针叶极显著长于除每 3、4 d 浇水 1 次以外的其他水平;每次浇 1/3 饱和含水量的针叶极显著地长于除每次浇 1/6 饱和含水量以外的其他水平。2 种植物生长调节剂中,NAA 极显著地抑制针叶长,与其对苗高的影响相同,而 0.10 g/L 的 IBA 则极显著地促进地径和针叶的生长;同时,复合肥是影响云南松苗木生长的主导因子, 0.05 g/袋 的复合肥有益于 3 个指标的生长。

2.4 指标间的相关分析

Pearson 相关分析结果表明,地径与苗高、针叶长之间相关性极显著 ($P \approx 0.000 < 0.01$),相关系数分别为 0.263 和 0.395 ;苗高和针叶长之间未表现出显著的相关 ($P = 0.220 > 0.05$,相关系数为 0.053)。表明此试验的处理间,虽然 3 个指标的最大值未出现在同一处理中,总趋势却是 3 者之间呈现正相关,即地径的生长同时有益于苗高生长和针叶伸长,3 个指标的生长互为促进,此与天然更新的云南松苗木因首先满足地径生长的养分和水分等需求而抑制苗高生长造成“蹲苗”的单指标生长模式

不相同。表明通过控制养分、水分和植物生长调节剂等,可改变人工培育的云南松苗木的生长模式,培育无或缩短“蹲苗”期的壮苗造林,营造初期速生和优质的云南松人工林,保障该树种在其分布区发挥应有的功能。

3 结论与讨论

3.1 结论

采用 U_{19} (19^{18}) 均匀试验设计研究 Y2、IBA、NAA、复合肥、浇水频率和浇水量的不同组合对云南松苗木生长的影响。结果表明,云南松的苗木生长同时受多因子的影响。处理 12 (10×10^5 cfu/mL 的 Y2 浸种、0.10 g/L 的 IBA 溶液叶面喷施、不喷施 NAA 溶液、施 0.25 g/袋的复合肥与每 6 d 浇水 1 次,每次浇 1/2 饱和含水量)同时促进云南松地径、苗高和针叶长生长。试验的 6 个因素中,复合肥是影响苗木生长的主要因子,每个月施 1 次 0.05 g/袋的复合肥促进苗木生长;其次是 IBA 喷施叶面和 Y2 浸种;浇水频率也显著地影响苗木的生长。叶面喷施的 2 种植物生长调节剂中,NAA 同时抑制苗高生长和针叶伸长,0.10 g/L 的 IBA 则同时促进苗木 3 个指标的生长;同样 6×10^5 cfu/mL 的 Y2 浸泡种子也促进苗木生长。地径与苗高、地径与针叶长之间呈现正相关,与天然更新的生长模式不同,地径的生长同时促进苗高生长和针叶伸长,反之亦然。

3.2 讨论

云南松苗木生长和发育已有一些的研究^[12-17]。孙昂等^[12]采用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计进行施基肥和解淀粉芽孢杆菌浸种 2 因素 3 水平的试验研究,分别在苗龄 60、130、200 d 时测定苗木生长量及生物量。结果 3 个苗龄阶段苗高最高的是施复合肥 44 g/m²、 6.4×10^5 cfu/mL 解淀粉芽孢杆菌浸种的组合,影响地径和苗高的关键因子是施肥;同时,孙昂等^[13]采用 $U_{12}(6 \times 3 \times 2)$ 混合均匀试验设计开展有机肥、水分控制和 IBA 叶面喷施 3 因素,每因素分别为 6、3 和 2 水平并分别在温棚和松针覆盖条件下同时实施的试验,苗龄 210 d 时测定地径和苗高,结果表明,施肥是同时影响 2 种小环境苗木地径和苗高生长的关键因子。本试验采用的 6 个因素中,施肥同样是影响地径和苗高的主要因子,说明养分是促进云南松苗木生长的关键因子。本研究中 6×10^5 cfu/mL 的解淀粉芽孢杆菌促进地径、苗高和针叶生长,与孙昂等^[12]的研究结果相近;在已有的研究中,浇水频率也极显著影响苗木生长,与本试验结果一致。不同的因素水平及方案的试验,结果基本一致,说明施肥、解淀粉芽孢杆菌浸种、叶面喷施 IBA 溶

液及控制浇水可促进云南松苗木生长,反证了云南松“蹲苗”是由多因素共同造成的。已有的研究中,虽然影响云南松苗木生长的主要因素基本一致,然而,因试验包含的因素及其水平、试验方案的不同,导致影响苗木生长最优的水平也不尽相同,建议在已有研究的主要因子和最优水平的基础上,进一步开展施肥、细菌、植物生长调节剂和水分控制等因素对云南松苗木生长影响的研究,为无“蹲苗”期的壮苗培育提供科学依据和技术指导。

参考文献:

- [1] 金振州,彭鉴.云南松[M].昆明:云南科技出版社,2004:154-155.
- [2] 云南森林编写委员会.云南森林[M].昆明:云南科技出版社,1986:125-153.
- [3] 中国森林编辑委员会.中国森林(第2卷):针叶林[M].北京:中国林业出版社,1999:971-985.
- [4] 郭荫卿,杨国光.南盘江上游云南松天然更新的初步研究[J].林业科学,1963,8(1):69-74.
- [5] 张跃敏,李根前,李莲芳,等.云南松实生苗生长对 N、P 配施的响应[J].东北林业大学学报,2009,37(8):5-8.
- [6] 蔡年辉,张瑞丽,陈诗,等.云南松幼苗对水分胁迫的生理响应[J].云南农业大学学报,2013,28(2):247-250.
- [7] 段旭,李根前,李莲芳.不同水分控制对云南松幼苗生长及生理特性的影响[J].种子,2013,32(3):75-78.
- [8] 师晨娟.植物生长调节剂对苗木生长及其抗性生理的影响[D].北京:北京林业大学,2006.
- [9] 张跃敏,李根前,李莲芳,等.云南松生长特性及其促成培育[J].陕西林业科技,2008(3):4-7.
- [10] 刘振学,黄仁和,田爱民.实验设计与数据处理[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [11] 张力.SPSS 13.0 在生物统计中的应用[M].厦门:厦门大学出版社,2006:68-80.
- [12] 孙昂,李莲芳,段安安,等.复合肥和解淀粉芽孢杆菌 B9601-Y2 对云南松苗木生长的影响[J].福建林学院学报,2014,34(1):15-20.
- [13] 孙昂,李莲芳,段安安,等.云南松苗木生长对水肥和 IBA 的响应试验[J].西部林业科学,2013,42(5):87-92.
- [14] 段旭,李莲芳.不同基质和激素处理对云南松幼苗生理特性的影响[J].种子,2012,31(10):46-48,52.
- [15] 舒筱武,郑晚,蔡雨新,等.促进云南松无性系种子园林木结实措施的研究[J].西部林业科学,2008,37(1):1-6.
- [16] 李莲芳,郑晚,韩明跃,等.云南松遗传改良进展及其育种策略剖析[J].西部林业科学,2010,39(2):104-110.
- [17] 郭樑,李莲芳,孙昂,等.水分对云南松苗木生长的影响[J].种子,2014,33(6):64-68.