

日本落叶松容器苗不同控释肥生长效应*

楚秀丽¹, 孙晓梅¹, 张守攻^{1**}, 徐成立², 王丽², 程旭²

(1. 林木遗传育种国家重点实验室, 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091;

2. 木兰国有林场管理局龙头山种苗场, 河北 围场 068450)

摘要:以落叶松网袋容器播种苗为对象, 施用不同配方控释肥, 进行落叶松苗期生长量、生物量、根冠比、叶绿素含量的测定, 采用模糊数学隶属值计算方法选出适合日本落叶松育苗的专用配方控释肥。结果表明: 按播种后天数, 日本落叶松苗期生长阶段为: 出苗期(7~39 d), 生长初期(40~54 d), 速生期(55~114 d) 及生长后期(115~135 d); 不同配方控释肥对落叶松苗高、地径、单株生物量、地上生物量、地下生物量及叶绿素含量的影响差异极显著, 而不同配方控释肥间根冠比差异不显著。控释肥配方 2 综合效果优于其他配方控释肥及从美国进口控释肥爱贝施, 可以作为日本落叶松育苗专用肥。

关键词:落叶松; 控释肥; 生长量; 生物量; 根冠比

中图分类号:S723.1

文献标识码:A

Effect of Controlled Release Fertilizers on Net Container Seedlings Growth of *Larix kaempferi*

CHU Xiu-li¹, SUN Xiao-mei¹, ZHANG Shou-gong¹, XU Cheng-li², WANG Li², CHENG Xu²

(1. State Key Laboratory of Tree Genetics and Breeding, Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. Longtoushan Seedling Farm, Mulan Forest Farm Administration Bureau, Weichang 068450, Hebei China)

Abstract: One-year-old larch seedlings cultivated in net container were treated with different formulations of controlled release fertilizers aiming at selecting suitable formulation among those controlled release fertilizers by Fuzzy Mathematic method based on the growth, biomass and chlorophyll content of the treated seedlings. The results indicated that the growth of *Larix* spp. seedlings treated with different formulations fertilizer after the seeds sowed could be divided into four stages which were the germination stage(7 - 39 d), initial growing stage (40 - 54 d), fast-growing stage(55 - 114 d) and the late growing stage(115 - 135 d). It was found that different controlled release fertilizer formulations had extremely significant effects on the height, basal diameter, individual biomass, aboveground biomass, underground biomass and chlorophyll content of the seedlings, while there were no significant differences on the ratio of root to shoot of the seedlings treated with those fertilizers. The formulations 2 displayed much better effects on larch seedlings than that of the other formulations and the Apex imported from America and it could be used for larch seedlings nurturing.

Key words: *Larix* spp.; controlled release fertilizer; growth mass; biomass; ratio of root to shoot

包膜控释肥是近几年研制开发的一种具有缓控释作用的一类肥料, 以预先设定肥料释放模式, 使其

养分释放与作物养分吸收同步, 从而提高肥料利用率, 节省人力资源, 减轻不当施肥对环境的污染^[1]。

收稿日期: 2012-01-12

基金项目: 林业公益性行业科研专项经费项目(201104027)

作者简介: 楚秀丽(1981—), 女, 在读博士. 主要研究方向: 落叶松苗木水肥效应。

* 中国林业科学研究院林业研究所马常耕研究员审阅本文并提出修改意见, 特此致谢!

** 通讯作者: 张守攻, 博士, 研究员, 主要研究方向: 森林可持续经营与管理与林木遗传育种。

使用控释肥料可使氮利用率达 60%~80%,在达到相同产量的情况下,可降低施肥量 50%左右^[2]。自 1948 年,美国合成世界上第一批缓释脲醛肥料之后,控释肥逐渐在全球普及。近年来,我国控释肥应用在水稻(*Oryza sativa* L.)^[3]、小麦(*Triticum aestivum* L.)^[4]、棉花(*Gossypium hirsutum* L.)^[5]等植物,并且效果显著。同时,林业施用控释肥的研究逐步展开,如火炬松(*Pinus taeda* L.)^[6]、柑橘(*Citrus reticulata* Bancro)^[7]、木荷(*Schima superba* Gardn et Champ)容器育苗^[8]相关报道以及对长白落叶松(*Larix olgensis* Henry)^[9]施用控释氮肥与普通尿素肥效对比研究结果,而结合某一树种生长节律并进行控释肥配方筛选的研究较为鲜见。

落叶松(*Larix* spp.)是我国东北、西北、华北、南方亚高山地区重要纸浆材及建筑材树种,是退耕还林及防护林工程主要造林树种^[10];造林需求量大,树木结实量小,无性繁殖困难^[11],其育苗还普遍采用小农方式的大田苗床裸根育苗手段,周期长,2 年方可出圃,每年育苗前期施用硫酸铵、中后期施用磷酸二氢钾,在育苗周期内施肥次数多达 10 次,每次施肥后还要喷水以防烧苗,人工成本高,肥料利用率低。随着育苗技术和集约化水平的提高,容器育苗已成为苗木培育的发展趋势。容器育苗与苗床育苗不同,特别是对于封闭式容器育苗,基质肥力差,主要靠人工施肥来补充营养,包膜控释肥成为其理想的养分来源。国内外针叶树育苗多采用控释肥爱贝施(美国),不仅价格高,且不是落叶松苗专用肥。因此,本试验以日本落叶松容器苗为研究材料,结合温棚落叶松苗期生长节律,根据其需肥特点,设计 8 种配方控释肥料进行筛选,以期在保证苗木质量的前提下找到日本落叶松专用配方控释肥,达到提高育苗效率、缩短育苗周期、降低育苗成本的目的。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况和试验材料

试验地设在河北省木兰林管局龙头山种苗场,地处 117°45'E, 41°56'N,阴山山系,海拔 850~1 750 m,属大陆季风气候,年平均气温 4.7℃,最高气温 39℃,最低气温 -28℃,年平均降水量 450 mm,无霜期 120 d 左右。

供试材料为龙头山种苗场温棚所育日本落叶松(*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.)苗,采用轻基质网袋容器育苗,容器规格为 5 cm×15 cm,基质为草炭

土:珍珠岩:炭化稻壳=1:1:1,催芽后于 2010 年 5 月 26 日播种,自播种出苗后,整晚补光至天亮,2010 年 7 月 18 日停止补光。育苗期间温棚温度为 10~29℃,湿度为 17%~45%,基质温度为 8~27℃。2010 年 7 月 8 日撤去温棚塑料封膜。温棚撤塑料后,其气候因子与大田一致。幼苗生长过程中常规浇水、遮阳、消毒、病虫害管理。

1.2 试验方法

1.2.1 配方肥施用方法 依据氮、磷、钾及微量元素的不同配比,结合养分相应控释期及肥芯中钾盐成分不同(氯基或硫基),委托山东金正大集团配制 8 个控释肥配方,试验中分别记为 1、2、3、4、5、6、7、8,各配方营养元素大致为:配方 1、2、4 为高氮型氮磷钾及微量元素复合包膜,配方 3、6、7 为中氮型氮磷钾及微量元素复合包膜,配方 5、8 为低氮型氮磷钾及微量元素复合包膜。各配方养分释放期为:配方 1、3 为中期养分释放型,配方 2、4、6 为中长期养分释放型,配方 5 属长期养分释放型,配方 7、8 则属短期养分释放型。以从美国进口的控释肥爱贝施(N:16%,P₂O₅:8%,K₂O:16%,Mg:1%,S:3.5%,Fe:1%;养分释放期 9 个月;育苗建议施肥量为每立方米育苗基质施用 3 000 g,即:3 kg·m⁻³)为本试验的 CK。不同配方控释肥于 2010 年 6 月 25 日在各个网袋轻基质容器苗四周插孔放入,孔深 3 cm,施肥量为每平方米基质 3 kg。每配方控释肥处理每重复为 200 株苗,3 次重复。

1.2.2 指标测定方法 落叶松苗高、地径生长量分别于日本落叶松种子催芽播种后 40 d 起,每 10 d 测定 1 次,至苗木封顶后再测 2 次,共测定 11 次。采用钢卷尺测量苗高,精确到 0.1 cm,采用电子数显游标卡尺测量地径,精度为 0.000 1 mm。

2010 年 9 月 15 日(催芽播种后 120 d)进行最后 1 次总生长量、生物量测定,每个重复每配方处理选落叶松 9 株标准株进行苗高、地径测量及总生物量、地上生物量、根生物量恒质量称量。生物量采用全株及分开部位烘干恒质量后用精度为 0.001 g 感量天平称质量。根冠比=根生物量/地上生物量。

分别于 2010 年 7 月 14 日(催芽播种后 50 d)、8 月 14 日(催芽播种后 80 d)、9 月 15 日(催芽播种后 120 d)取功能叶用于叶绿素及类胡萝卜素含量测定。各配方各重复选 10 株苗,取其健康叶片 5 g 左右迅速用锡箔纸包好放进液氮罐带回实验室,称取 0.2 g 左右,放棕色带盖小瓶,加入 10 mL 质量分数

80% 丙酮液暗提取 24 h 后用分光光度计测定^[12]。

1.3 数据分析方法

1.3.1 生长曲线拟合 苗高地径的 Logistic 曲线拟合方程(拟合判别系数为 r^2)^[13]为:

$$y = \frac{k}{1 + ae^{-bx}}$$

式中: y 为苗高或地径生长量; x 为时间; a 、 b 为待定系数; k 为既定条件下苗高或地径生长可能达到的极限值,可用等差三点法计算求得。

求(1)式的二阶导数,得: $x = \frac{1}{b} \ln a$, 它是生长速率从快转慢的转折点,即生长拐点。

求(1)式的三阶导数,得: $x = \frac{1}{b} \ln \frac{a}{2 \pm \sqrt{3}}$, 即

$$x_1 = \frac{1}{b} \ln \frac{a}{2 + \sqrt{3}}, \quad x_2 = \frac{1}{b} \ln \frac{a}{2 - \sqrt{3}}$$

式中: x_1 、 x_2 为生长量变化速率最快的 2 个点,即为萌动到速生和速生转为缓慢生长的分界点, (x_1 , x_2) 两点之间的时间为速生期,据此来划分苗高和地径的生长时期。

1.3.2 隶属值计算方法 依照模糊数学中隶属函

数的方法^[14],对各个指标求其隶属值,并累加后求取平均数,综合比较各配方肥效优劣。各指标的具体隶属值计算公式:

$$\text{隶属值} = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \times 100\%$$

式中: X 为某配方的某一指标测定值, X_{\max} 为该指标测定值的最大值, X_{\min} 为该指标中的最小值。若某一指标与苗木生长呈反向关系,可通过反隶属函数计算其隶属函数值:

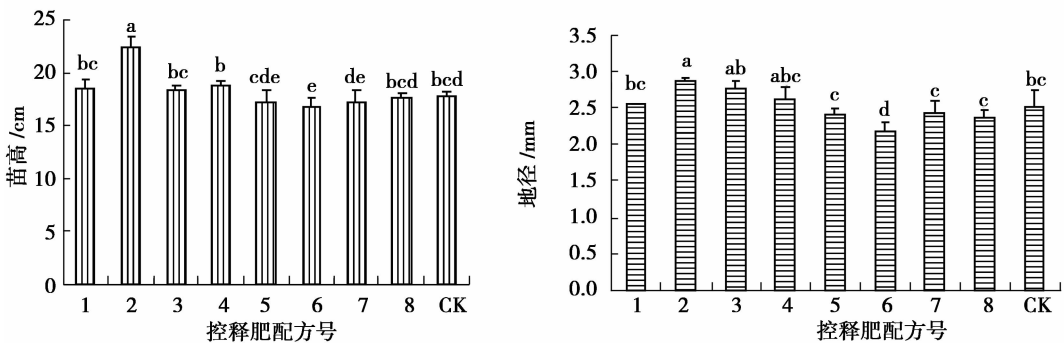
$$\text{隶属值} = [1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})] \times 100\%$$

1.3.3 数据统计分析 数据采用 Excel、SPSS18.0 软件的单因素 ANOVA 及 Non-linear regression 程序进行相关统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同配方控释肥对落叶松苗期生长量和生长动态的影响

对各配方控释肥落叶松苗高和地径总生长量进行方差分析,配方控释肥间苗高和地径总生长量差异极显著 ($F_{\text{苗高}} = 13.388^{**}$; $F_{\text{地径}} = 6.625^{**}$)。配方 1、2、3、4 控释肥的苗高生长量均大于对照,配方 2 的苗高和地径显著大于对照(图 1)。



图中小写字母不同表明 0.05 水平差异显著,相同表明 0.05 水平差异不显著,下同。

图 1 不同控释肥配方处理的日本落叶松苗高(左)和地径(右)总生长量

施肥后,不同配方控释肥处理的落叶松苗苗高及地径的生长节律符合倒“S”型曲线(图 2),但其速生期拐点有所不同,配方 1、2、3、4 控释肥苗相对对照及其他配方较晚进入速生期,速生期结束较晚(表 1)。

结合出苗观察记录及表 1 生长 Logistic 方程的拟合参数,将日本落叶松苗期高生长阶段分为:出苗期(播种后 7~39 d,即当年 6 月 2 日-7 月 5 日),生长初期(40~51 d,即当年 7 月 6 日-7 月 17 日),速生期(52~110 d,即当年 7 月 18 日-9 月 16

日)及生长后期(111~130 d,即当年 9 月 17 日-10 月 6 日);地径生长阶段的速生期较高生长延后,其生长阶段为:出苗期(播种后 7~39 d,即当年 6 月 2 日-7 月 5 日),生长初期(40~56 d,即当年 7 月 6 日-7 月 22 日),速生期(57~115 d,即当年 7 月 23 日-9 月 21 日)及生长后期(116~140 d,即当年 9 月 22 日-10 月 16 日)。据此,日本落叶松苗期生长阶段为:出苗期(播种后 7~39 d),生长初期(40~54 d),速生期(55~114 d)及生长后期(115~135 d)。

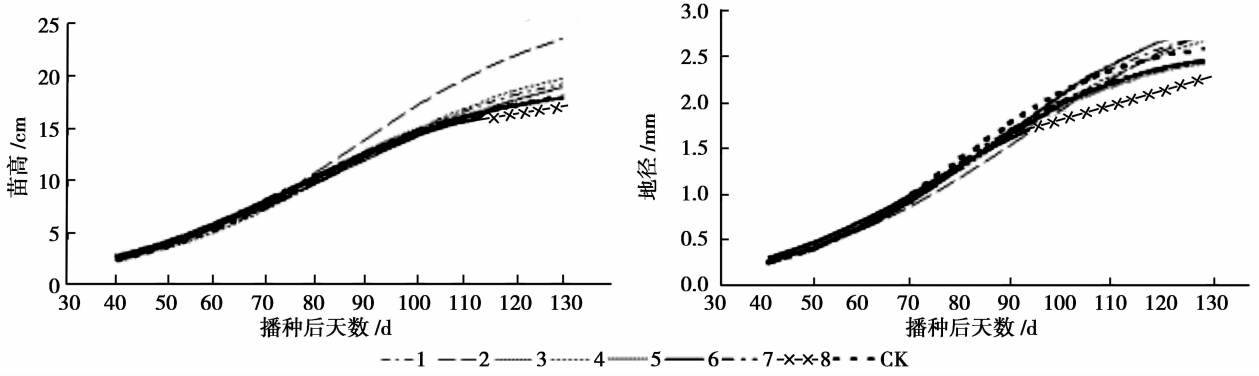


图2 施用不同配方控释肥后日本落叶松苗高(左)和地径(右)生长动态

表1 不同配方日本苗高与地径生长量的 Logistic 方程拟合参数值

生长指标	控释肥配方号	k	a	b	r^2	x_1	x_2	x
苗高	1	21.560	46.659	0.459	0.991	55	112	84
	2	26.570	91.965	0.506	0.987	60	117	89
	3	21.927	34.293	0.414	0.989	54	117	85
	4	22.279	52.509	0.463	0.982	57	114	86
	5	18.975	56.823	0.531	0.992	51	101	76
	6	18.400	46.067	0.507	0.996	50	102	76
	7	19.100	41.563	0.490	0.984	49	103	76
	8	19.386	36.784	0.468	0.992	49	105	77
	CK	19.582	48.659	0.490	0.995	52	106	79
地径	1	2.996	72.181	0.506	0.990	59	111	85
	2	3.338	53.052	0.424	0.978	63	125	94
	3	3.189	72.881	0.489	0.991	61	115	88
	4	3.031	53.813	0.460	0.992	58	115	87
	5	2.618	59.062	0.513	0.993	54	105	80
	6	2.335	52.487	0.530	0.997	50	100	75
	7	2.570	87.145	0.570	0.994	55	101	78
	8	2.627	71.995	0.536	0.988	55	104	80
	CK	2.731	94.056	0.573	0.990	56	102	79

注:表中 k 、 a 、 b 为 Logistic 曲线拟合参数, r^2 为拟合判别系数, x_1 、 x_2 、 x 分别为萌动到速生的分界点、速生转为缓慢生长的分界点及速生期拐点。

2.2 不同配方控释肥对日本落叶松苗期生物量的影响

方差分析结果(表2)表明:不同配方间单株生物量、地上生物量、地下生物量均存在极显著差异。

配方3控释肥的单株总生物量、地上生物量、地下生物量显著大于对照,配方2控释肥的单株生物量显著大于对照;不同配方处理间根冠比差异不显著。

表2 不同配方控释肥对日本落叶松单株生物量的影响

控释肥配方号	生物量/(g·株 ⁻¹)	地上干质量/(g·株 ⁻¹)	地下干质量/(g·株 ⁻¹)	根冠比
1	0.519 ± 0.022 d	0.413 ± 0.090 cd	0.106 ± 0.008 de	0.271 ± 0.090
2	0.656 ± 0.005 b	0.524 ± 0.016 b	0.132 ± 0.013 b	0.253 ± 0.032
3	0.756 ± 0.030 a	0.607 ± 0.060 a	0.150 ± 0.019 a	0.250 ± 0.054
4	0.615 ± 0.026 c	0.497 ± 0.020 b	0.118 ± 0.005 bed	0.238 ± 0.011
5	0.455 ± 0.020 e	0.350 ± 0.050 d	0.105 ± 0.003 de	0.305 ± 0.044
6	0.517 ± 0.016 d	0.417 ± 0.056 cd	0.101 ± 0.004 e	0.246 ± 0.038
7	0.584 ± 0.014 c	0.468 ± 0.003 bc	0.116 ± 0.003 cd	0.248 ± 0.006
8	0.524 ± 0.009 d	0.414 ± 0.020 cd	0.110 ± 0.003 de	0.267 ± 0.007
CK	0.614 ± 0.003 c	0.484 ± 0.016 bc	0.130 ± 0.005 bc	0.268 ± 0.017
F值	71.014 **	8.280 **	9.794 **	0.688

注:表中小写字母不同表明差异显著,相同表明差异不显著(0.05水平);**表示0.01水平差异极显著,*表示0.05水平差异显著,下同。

2.3 不同配方控释肥对日本落叶松苗叶绿素含量的影响

方差分析结果(表3)表明:不同配方控释肥处理间叶绿素、类胡萝卜素含量(3次测定平均值)均

存在极显著差异。配方1、2、3、4、5、6控释肥处理的叶绿素a、类胡萝卜素含量显著大于对照。配方1、2、4、6控释肥处理的总叶绿素含量显著大于对照。配方1、2、4处理叶绿素b含量大于对照。

表3 不同配方控释肥对日本落叶松针叶叶绿素含量的影响

控释肥配方号	叶绿素 a/(mg·g ⁻¹)	叶绿素 b/(mg·g ⁻¹)	总叶绿素/(mg·g ⁻¹)	类胡萝卜素/(mg·g ⁻¹)
1	0.726 ± 0.016 b	0.209 ± 0.014 ab	0.935 ± 0.031 ab	0.212 ± 0.005 a
2	0.686 ± 0.029 b	0.207 ± 0.024 ab	0.893 ± 0.052 bc	0.191 ± 0.006 b
3	0.708 ± 0.019 bc	0.173 ± 0.018 c	0.881 ± 0.037 bcd	0.197 ± 0.010 b
4	0.761 ± 0.017 a	0.225 ± 0.008 a	0.986 ± 0.024 a	0.185 ± 0.011 b
5	0.689 ± 0.034 c	0.172 ± 0.009 c	0.861 ± 0.043 cd	0.210 ± 0.005 a
6	0.733 ± 0.018 ab	0.174 ± 0.010 c	0.907 ± 0.028 bc	0.211 ± 0.008 a
7	0.552 ± 0.010 e	0.182 ± 0.012 c	0.734 ± 0.018 e	0.141 ± 0.002 d
8	0.563 ± 0.010 e	0.175 ± 0.005 c	0.738 ± 0.015 e	0.161 ± 0.001 c
CK	0.636 ± 0.013 d	0.191 ± 0.016 bc	0.827 ± 0.029 d	0.171 ± 0.002 c
F 值	41.403 **	5.843 **	20.284 **	42.701 **

2.4 各配方控释肥效应综合评价与选择

采用隶属值计算方法对各配方控释肥效果进行综合评价。计算各配方所测指标隶属值^[14]及综合

排序(表4),配方2、3、4、1控释肥处理苗期综合表现均超过对照,配方2控释肥综合表现最优。

表4 各配方控释肥处理的日本落叶松生长指标及叶光合色素含量的隶属值

控释肥配方号	苗高	地径	生物量	总叶绿素含量	类胡萝卜素量	均值	排名
1	0.31	0.56	0.21	0.79	1.00	0.57	4
2	1.00	1.00	0.67	0.66	0.72	0.81	1
3	0.28	0.83	1.00	0.56	0.68	0.67	2
4	0.36	0.64	0.53	1.00	0.62	0.63	3
5	0.09	0.35	0.00	0.53	0.94	0.38	6
6	0.00	0.00	0.21	0.69	0.94	0.37	7
7	0.08	0.37	0.43	0.00	0.00	0.18	9
8	0.14	0.28	0.23	0.04	0.27	0.19	8
CK	0.18	0.47	0.53	0.42	0.42	0.40	5

2.5 控释肥、传统施肥成本比较

控释肥只需以底肥的形式1次施入,相对传统施肥省时省工。对育苗各种施肥方式进行成本(各类型肥施用价格)统计比较(表5)发现:自开始播种至苗出圃时,施用调制配方年总成本低于传

统化肥,减少了很多劳动力投入,省工省时,并且传统施肥的大田裸根育苗2年出圃,而容器苗1年即可出圃,由此产生的效益更明显。因此,调制配方控释肥不仅有利于促进苗木生长,施用成本方面也有明显优势。

表5 日本落叶松育苗过程不同形式施肥成本比较

成本来源	传统施肥/(元·hm ⁻²)	进口爱贝施(CK)/(元·hm ⁻²)	调制配方/(元·hm ⁻²)
肥料	2 400.00	9 000.00	3 750.00
劳动力	3 150.00	600.00	600.00
总成本	5 550.00	9 600.00	4 350.00

注:传统施肥每年前期施用氮肥硫酸铵,全年共追施3次,每公顷共施300 kg(3.6元·kg⁻¹);自7月中、下旬开始分4次喷施磷酸二氢钾(每公顷15包,300克·包⁻¹,2.00元·包⁻¹);施肥用劳动力7次(225.00元·(次·hm²)⁻¹);则2年苗出圃时每公顷成本5 550.00元;进口爱贝施每公顷每年施300 kg(30.00元·kg⁻¹),施肥用劳动力1次(600.00元·(次·hm²)⁻¹),1年出圃时每公顷9 600.00元;调制配方每公顷每年施300 kg(12.5元·kg⁻¹),施肥用劳动力1次(600.00元·(次·hm²)⁻¹),1年出圃时每公顷需4 350.00元。

3 结论和讨论

施不同配方(包括对照)控释肥的日本落叶松苗期生长阶段为:出苗期(播种后7~39 d),生长初期(40~54 d),速生期(55~114 d)及生长后期(115~135 d)。Walker等^[15]对黑杉(*Pinus jeffreyi* Grev. & Balf.)的研究得出:配方间落叶松苗生长节律差异不明显。

配方间苗高、地径差异显著,单株生物量、地上生物量、地下生物量差异极显著,而根冠比差异不显著。配方1、2、3、4控释肥(养分氮所占的比例均稍多,且钾盐均为硫酸基)生长量显著高于或近等于对照,对落叶松苗有很好的促进生长作用。这4个配方相对其他配方养分释放速率存在明显差别,且其N、P、K比例相差较大,表明施肥配方及配方营养元素释放速率均造成苗木生长指标的差异。Oliet

等^[16]在控释肥对地中海松(*Pinus halepensis* Mill.)容器苗营养与生长影响的研究也表明,苗木生长指标不仅受施肥配方而且受配方营养元素释放速率的影响。另外,Oliet等^[16]研究发现,根生物量在不同配方间差异不显著,他认为是容器大小限制根发育,反之不同配方间根生物量应当差异明显。当容器体积比较小、根系生长明显受容器限制^[17],而容器规格增大可明显促进苗木及其根系发育^[18]。从该观点出发,本研究苗体较小(当年生播种苗),而且采用轻基质网袋容器(根系能够自由穿透网袋),不会限制根系发育,可能也是致使各配方间地下干质量差异极显著的原因。不同配方间根冠比差异不显著,表明不同配方对植株地上和地下生物量分配比例的影响不显著。Qu等^[18]通过研究不同控释模式对日本落叶松种的影响亦发现,配方间日本落叶松及其杂种根冠比差异不显著。一般认为,当土壤主要养分缺乏时,植物向根系投入较多的碳同化物质,促进根系生长发育,以获得更多的养分,导致植物的根冠比增加,而在养分丰富的基质中,因植物根系易获得生长发育所需的矿物质,相对降低了向根系分配的碳同化物质^[19]。

不同配方控释肥对日本落叶松的叶绿素、类胡萝卜素含量的影响差异极显著。营养元素配比大致相同的配方1、2、4(氮含量较对照高,养分释放期较对照短)处理的叶绿素a、叶绿素b、类胡萝卜素及总叶绿素含量大于甚至显著大于对照。卫茂荣等^[20]研究发现,日本落叶松叶绿素含量与营养元素施用量存在显著相关关系。光合色素是干物质产量的重要指标,本研究各叶绿素、类胡萝卜素在不同配方间差异明显,可能直接造成各配方苗木各部位干物质的极显著差异。

根据施用各配方控释肥的日本落叶松苗生长节律、总生长量、生物量、叶绿素含量等分析结果,进行综合隶属值计算,并结合成本分析,配方2控释肥(氮含量较高、钾盐硫基且释放期与落叶松生长节律比较吻合)在日本落叶松育苗时可以施用。

本研究初步从日本落叶松苗期生长及叶绿素含量等方面进行配方选择。Oliet等^[16]研究发现,在某一释放期控释肥的释放量对生长量的影响较不同配方对生长量的影响大。因此,笔者将从养分释放期、利用效率、基质营养元素动态与落叶松苗期生长节律、养分需求的关系方面选择落叶松育苗专用控释肥配方。同时,今后将开展配方2及其他配方控释

肥对落叶松种间轻基质容器苗生长效应试验,以确定落叶松种间差异情况及配方2控释肥施用效果的稳定性。

参考文献:

- [1] 华贵荣. 包膜缓、控释肥及施用技术[J]. 农业科技通讯, 2009(6): 102-103
- [2] 朱祖祥. 土壤学[M]. 北京: 农业出版社, 1983: 6-7, 56-57
- [3] 杨超越, 张民, 陈剑秋, 等. 控释氮肥对水稻秧苗形态特征和生理特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(5): 1126-1135
- [4] 张树清, 武翻江, 牛建彪. 施用不同缓释肥料对春小麦产量的影响[J]. 土壤肥料, 2004(2): 23-25
- [5] 李学刚, 宋宪亮, 孙学振, 等. 控释氮肥对棉花叶片光合特性及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(3): 656-662
- [6] 朱本岳, 俞巧钢, 郑永平, 等. 控释肥在苗木生产中的应用[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2000, 26(3): 274-276
- [7] 余观梅, 朱本岳, 俞巧钢. 施用缓释肥对柑桔产量和品质的影响[J]. 土壤肥料, 2002(5): 40-41
- [8] 马雪红, 胡根长, 冯建国, 等. 基质配比、缓释肥量和容器规格对木荷容器苗质量的影响[J]. 林业科学研究, 2010, 23(4): 505-509
- [9] 祝燕, 马履一, 刘勇, 等. 控释氮肥对长白落叶松苗木生长的影响[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2011, 35(1): 24-28
- [10] 马常耕, 孙晓梅. 我国落叶松遗传改良现状及发展方向[J]. 世界林业研究, 2008, 21(3): 58-63
- [11] 韩华. 杂种落叶松扦插不定根发育过程中差异表达蛋白分析及功能探讨[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2010
- [12] 黄秋婵, 韦友欢. 阳生植物和阴生植物叶绿素含量的比较分析[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(8): 1923-1924, 1929
- [13] 朱仁海, 杨琪瑜, 沈文琪. 统计分析方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990
- [14] 乔志霞, 沈火林, 安岩. 番茄耐高温胁迫能力鉴定方法的研究[J]. 西北农业学报, 2006, 15(6): 114-120
- [15] Walker R F, Hunt C D. Production of containerized Jeffrey pine plantation stock for harsh sites: growth and nutrition as influenced by controlled-release fertilization[J]. Western Journal of Applied Forestry, 2000, 15(2): 86-91
- [16] Oliet J, Planelles R, Segura M L, et al. Mineral nutrition and growth of containerized *Pinus halepensis* seedlings under controlled-release fertilizer[J]. Scientia Horticulturae, 2004, 103: 113-129
- [17] 范伟国, 杨洪强. 平邑甜茶幼苗生长、根构型及吸收特性的容器调控[J]. 园艺学报, 2009, 36(4): 559-564
- [18] Qu L, Quoreshi A M, Koike T. Root growth characteristics, biomass and nutrient dynamics of seedlings of two larch species raised under different fertilization regimes[J]. Plant and Soil, 2003, 255: 293-302
- [19] 范志强. 氮磷营养及氮形态对水曲柳幼苗生长和生理的营养机制[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2004
- [20] 卫茂荣, 王伟. 肥料三要素与日本落叶松苗木生理的关系[J]. 辽宁林业科技, 2002(3): 11-13