

文章编号:1001-1498(2015)03-0426-05

滴灌施肥条件下 107 杨幼林 N、P、K 养分 吸收量与施肥量研究

贺 勇¹, 兰再平^{1*}, 孙尚伟¹, 傅建平², 刘俊琴¹

(1. 中国林业科学研究院世界银行项目办公室,北京 100091; 2. 大兴区林场,北京 102602)

关键词:107 杨人工林;滴灌;施肥;N、P、K 养分

中图分类号:S792.11

文献标识码:A

Study on N, P, and K Uptake and Fertilization of Young '107' Poplar Clone with Drip Irrigation

HE Yong¹, LAN Zai-ping¹, SUN Shang-wei¹, FU Jian-ping², LIU Jun-qin¹

(1. World Bank Loan Project Office, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. Forest Farm of Daxing District, Beijing 102602, China)

Abstract: Taking '107' poplar clone (*Populus × euramericana* cv. '74/76') plantation cultivated with surface drip irrigation at sandy land of ancient Yongding River bed in Beijing as the research object, the effects of N, P, and K absorption and accumulation as well as different N fertilization gradient on the growth of 2- and 3-year-old '107' poplar clone were studied so as to determine the optimum amount of fertilization for young (2 or 3 year-old) poplar. The results showed that: (1) The nutrient uptake of 1- to 3-year-old '107' poplar clone increased year by year, the uptake in the third year was significantly greater than that in the previous two years, and the demand for various nutrients in the order of N > K > P. (2) The growth of 2-year-old '107' poplar clone showed no significant difference among various treatments, the minimum N fertilizer (30 g per tree) was the best, the corresponding P was 15 g per tree, K 20 g per tree, which were close to the result of N, P, and K nutrient absorption of 2-year-old '107' poplar clone plant (N 28.3 g, P 6.2 g, and K 18.9 g). (3) Among various treatments, the increment of volume of 3-year-old '107' poplar clone increased with the increase of N fertilizer. N fertilizer of 80 g per tree achieved the minimum volume increment, and there was significant difference between it and other treatments; 200 g per tree achieved the maximum volume increment, but there was no significant difference among treatments except 80 g per tree of N fertilizer treatment, so 120g N fertilizer per tree was the minimum fertilizer to meet the need for 3-year-old '107' poplar clone to grow, the corresponding P was 20 g per tree, K 50 g per tree, which was close to the result of N, P, and K nutrient absorption for 3-year-old '107' poplar clone (N 111.8 g, P 16.9 g, and K 43.8 g). (4) Marginal benefit analysis for 3-year-old '107' poplar clone plantation showed that N fertilization of 120 g per tree could achieve the maximum marginal income (863.08 yuan · hm⁻²), so it is the best.

Key words: poplar plantation; drip irrigation; fertilization; N, P, and K nutrient

收稿日期: 2015-01-26

基金项目: 国家林业局引进国际先进林业科学技术项目“速生丰产林自动化节水灌溉与高效栽培管理技术引进”(2009-4-48)

作者简介: 贺 勇(1988—),男,硕士生.主要研究方向:森林培育. E-mail:303061228@qq.com

* 通讯作者:研究员,硕士生导师,主要从事森林培育学与森林生态学研究. E-mail:zplan@139.com

杨树以其生长迅速、产量大、分布广、适应性强、易繁殖、易更新等特性,成为我国主要的速生造林树种,常作为短轮伐期工业用材来经营^[1];同时,它在解决我国用材短缺和生态问题等方面也起着不可忽视的作用。在营造速生丰产林的过程中,施肥是一项关键措施,多项研究结果表明,施肥对杨树树高、胸径的生长具有促进作用,不同施肥处理对杨树生长的影响不同^[2-8]。水和肥(主要是N肥)是影响杨树生长的重要因素,一直以来,在实际生产过程中,对杨树的经营方式较为粗放,在灌溉和施肥管理上对杨树水肥的实际需求缺乏认识,往往凭借经验来操作,造成水肥过量或不足。由于水肥的管理不当,从而使杨树人工林生产力低下,产品质量差,原材料利用率不高,甚至造成土质恶化、环境污染等问题。

滴灌施肥是将施肥与滴灌结合起来的一项现代技术,按照植物对水和肥的要求,通过低压管道系统,将含有养分的水溶液以较小流量,均匀准确地直接输送到植物根部附近的土壤表面,以水珠形式滴入土层中。国内外学者通过田间试验研究表明,滴灌施肥不仅能节省肥料和劳动力,还能大幅度提高作物的产量和质量^[9-15]。目前,滴灌施肥研究主要集中在农业领域,在林业上的应用较少,本文对滴灌条件下107杨栽培的施肥量进行定量分析比对,探索出滴灌栽培107杨人工林所需的最佳施肥量,为滴灌栽培107杨速生丰产林的经营管理提供一定的理论和实践依据。

1 研究区概况

1.1 自然条件

研究区地处北京市大兴区林场西麻各庄分区,为典型的暖温带半湿润大陆性季风气候,夏季炎热多雨,冬季寒冷干燥,春、秋短促。年平均气温10~12℃,年平均日照时长2 620.4 h,年平均降水量552.9 mm,年无霜期180~200 d。

1.2 土壤条件

试验地土壤为永定河故道冲积的沙土,地下水位深36 m,土壤密度(1.46±0.15) g·cm⁻³,土壤田间持水量为10%(体积含水量),有机质含量低于2.0 g·kg⁻¹,碱解氮含量1.27 mg·kg⁻¹,有效磷含量1.47 mg·kg⁻¹,有效钾含量16.48 mg·kg⁻¹,土壤贫瘠,蓄水保肥能力差。

1.3 林地现状

大兴区林场现有常规栽培的107杨人工林十多

公顷,由于沙土的有机质含量和N、P、K营养元素含量极低,导致107杨人工林生长较差。以12年生107杨人工林为例,其平均树高17 m,胸径16 cm,蓄积量87.24 m³·hm⁻²,年蓄积生长量仅为7.27 m³·hm⁻²,生产力低下。

2 研究方法

2.1 试验设计

2011年3月在北京市大兴区林场安装了14.7 hm²自动化地表滴灌系统,并在当年春季采用欧美杨107无性系(*Populus × euramericana* cv. '74/76') 30 cm插条进行扦插造林,株行距3 m×5 m,滴灌毛管在地表沿着树行方向铺设。为确保存活和生长一致,造林当年对苗木进行统一的灌溉和施肥处理,年末新造林存活率为98%,平均树高为2.8 m,平均胸径为1.7 cm。

滴灌栽培的107杨速生丰产林中现有4个可独立灌溉和施肥控制的试验小区,编号为A、B、C、D,株行距3 m×5 m,在试验小区内进行不同施肥量的试验。考虑到试验地土壤贫瘠,N、P、K元素含量极低,远不能满足107杨生长的需求,故没必要设置无施肥处理小区,从而能够更加有效的利用有限的四个独立灌溉和施肥控制区开展实验。在试验小区对N肥设置4个施肥量水平,对P、K肥采用相同施肥量,具体施肥处理见表1。每个处理面积为30 m×20 m,设置3个重复,每个重复40株,各重复间设置保护行。各试验小区的施肥均随灌溉同时进行,每个小区灌溉量及其他管理措施均相同。

表1 各小区施肥处理

小区 编号	每株施肥标准/g					
	N		P		K	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
A	30	80	15	20	20	50
B	70	120	15	20	20	50
C	110	160	15	20	20	50
D	150	200	15	20	20	50

注:N肥为尿素,P肥为磷酸一铵,K肥为白色氯化钾,均为可溶性肥料。

2.2 施肥方法

每年施肥从5月下旬开始到8月下旬结束,每隔10 d施肥1次,共施肥10次,各小区每次施肥量相同。

2.3 数据调查与处理

2.3.1 林分生长量调查与计算 分别于2012年和2013年生长季末对试验小区所有样木的树高和胸

径进行调查,运用欧美杨二元立木材积公式^[16]计算立木材积,进而得出每公顷蓄积。立木材积(V)公式:

$$V = 0.254\ 547\ 545D^2H + 0.784\ 642\ 807D^2$$

2.3.2 生物量调查与养分含量测定 每年生长季末,在生长表现最好的小区内选择3株平均木进行树干解析,测定其枝、叶、干、根部生物量及N、P、K元素含量。

2.3.3 数据处理 运用 excel 软件进行计算和经济效益分析,应用 R 语言软件对调查数据进行单因素方差分(ANOVA)。

3 结果与分析

3.1 107 杨幼林单株 N、P、K 吸收量

在生长表现最好的1~3年生107杨幼林中,

其N、P、K元素的年吸收量即是107杨在1~3年生时对N、P、K营养元素的最小需求。对1~3年生107杨单株各器官的生物量、N、P、K元素含量以及积累量和年吸收量的测定结果见表2~4。

表2 107 杨单株各器官生物量干质量

树龄/a	叶/g	枝/g	干/g	根/g	合计/g
1	284.7	229.7	689.1	452.6	1 656.1
2	1 230.4	696.0	1 961.2	1 033.8	4 921.4
3	3 296.0	2 728.3	12 840.0	4 499.2	23 363.5

从表2~4可看出:107杨体内的N、P、K含量随着器官和年龄的不同而变化;1~3年生107杨幼林单株生物量和N、P、K吸收量逐年加大,第3年养分需求明显大于前两年。因此,107杨幼林前3年施肥量需逐年加大,各养分的需求量大小依次为N>K>P。

表3 107 杨单株各器官 N、P、K 含量比例

树龄/a	N/%				P/%				K/%			
	叶	枝	干	根	叶	枝	干	根	叶	枝	干	根
1	1.80	1.43	0.95	1.00	0.25	0.15	0.09	0.25	0.90	0.71	0.63	0.91
2	1.83	1.04	0.42	0.95	0.22	0.17	0.08	0.20	0.60	0.66	0.34	0.73
3	1.82	0.77	0.29	0.92	0.20	0.13	0.06	0.18	0.63	0.26	0.16	0.60

表4 107 杨1~3年生幼林单株 N、P、K 积累量与吸收量

营养元素	积累量/g			吸收量/g	
	1年生	2年生	3年生	2年生	3年生
N	19.5	47.8	159.6	28.3	111.8
P	2.8	9.0	25.9	6.2	16.9
K	12.6	31.6	75.4	18.9	43.8

3.2 不同施肥量对2年生107杨幼林生长的影响

从2年生107杨幼林各处理树高、胸径、蓄积年生长量(表5)看出:2年生107杨幼林蓄积生长量随N施肥量的增加有细小的变化。对各小区蓄积进行单因素方差分析,结果表明:在不同施肥处理间,其蓄积年生长量无显著差异($p=0.212>0.05$)。

表5 2年生107杨速生丰产林树高、胸径、蓄积年生长量

处理	$\Delta H_{2年}/m$	$\Delta D_{2年}/cm$	$\Delta V_{2年}/(m^3 \cdot hm^{-2})$
A	2.8±0.68	2.8±0.75	3.00±1.29
B	3.0±0.77	3.0±0.80	2.99±1.27
C	2.7±0.70	2.9±0.74	3.21±1.24
D	2.9±0.75	3.0±0.70	3.19±1.20

3.3 不同施肥量对3年生107杨幼林生长的影响

从表6可看出:3年生107杨幼林蓄积生长量随N施肥量从80 g·株⁻¹增加到120 g·株⁻¹时有较大提升,但继续增加N施肥量则变化不大。对

各小区蓄积进行单因素方差分析,结果表明:在不同施肥处理间,其蓄积年生长量存在极显著差异($p=0.008\ 6<0.01$),进一步多重比较分析显示,A与B、C、D间差异显著($p<0.05$),B、C、D间差异均不显著($p>0.05$)。

表6 3年生107杨速生丰产林树高、胸径、蓄积年生长量

处理	$\Delta H_{3年}/m$	$\Delta D_{3年}/cm$	$\Delta V_{3年}/(m^3 \cdot hm^{-2})$
A	3.4±0.73	4.6±1.09	14.99±3.35a
B	3.8±0.67	5.2±1.17	17.39±3.61b
C	3.8±0.50	5.0±0.84	17.31±4.19b
D	4.1±0.57	5.1±0.77	17.71±3.95b

注:表中同列不同字母表示差异显著($p<0.05$),相同字母表示差异不显著($p>0.05$)。

3.4 不同施肥处理107杨幼林蓄积增长量的边际效益分析

由于2年生107杨幼林4个施肥处理间的各项指标均差异不显著,因此,只对3年生107杨幼林4个施肥处理获得的蓄积年增长量进行边际效益分析,3年生107杨幼林不同施肥处理的成本与收益见表7。

表7中以处理A为基准,计算增加施肥量所需增加施肥的边际成本及获得的蓄积增长量的边际收

入,得出不同施肥处理107杨幼林蓄积增长量的边际效益(表8)。从表8可看出:以A区为基准,随着施肥量的增加,B区、C区、D区的收入分别比A区的增加863.07、684.55、707.60元·hm⁻²。因此,3年生107杨幼林B区的施肥设计取得最大边际收益。

表7 3年生107杨幼林不同施肥处理的成本与收益

项目	施肥处理			
	A	B	C	D
施肥量/(kg·hm ⁻²)	115.94	173.91	231.88	289.86
施肥成本/(元·hm ⁻²)	289.85	434.78	579.70	724.65
蓄积增量/(m ³ ·hm ⁻²)	14.99	17.39	17.31	17.71
商品材增量/(m ³ ·hm ⁻²)	10.49	12.17	12.12	12.40
收入/(元·hm ⁻²)	6 295.80	7 303.80	7 270.20	7 438.20
收益/(元·hm ⁻²)	6 005.95	6 869.02	6 690.50	6 713.55

注:尿素按2.5元·kg⁻¹计算;107杨商品材出材率按70%计算;107杨商品材价格按600元·m⁻³计算。

表8 不同施肥处理3年生107杨幼林蓄积增长量的边际效益

项目	施肥处理			
	A	B	C	D
增加的施肥量/(kg·hm ⁻²)	0	57.97	115.94	173.92
边际成本/(元·hm ⁻²)	0	144.93	289.85	434.80
蓄积增量/(m ³ ·hm ⁻²)	0	2.40	2.32	2.72
商品材增量/(m ³ ·hm ⁻²)	0	1.68	1.63	1.91
边际收入/(元·hm ⁻²)	0	1 008.00	974.40	1 142.40
边际收益/(元·hm ⁻²)	0	863.07	684.55	707.60

4 结论与讨论

(1) 107杨1~3年生幼林单株养分吸收量逐年加大,第3年生养分需求明显大于前2年,各养分需求量的大小依次为N>K>P。

(2) 2年生107杨幼林经过施肥处理后,树高增长约3m,胸径增长约3cm,各施肥处理间107杨生长表现差异不显著,最小N肥施肥量30g·株⁻¹的处理即为2年生107杨4个处理中的最佳施肥量。马晖等^[17]对杨树速生丰产林配套施肥技术试验显示,在2年生杨树幼林不同施肥处理中,施用尿素(N 460g·kg⁻¹)250g·株⁻¹,即施N肥115g·株⁻¹时生长增幅最大,树高增长2.99m,胸径增加2.65cm。本试验2年生杨树幼林的N肥最佳施肥量仅是马晖的26%,但取得了更高的生长量。

(3) 30g·株⁻¹的N、15g·株⁻¹的P和20g·株⁻¹的K施肥量能满滴灌条件下2年生107杨幼林生长的需求,这与测定的2年生107杨单株N、P、

K营养元素的吸收量(N 28.3g、P 6.2g、K 18.9g)结果接近。

(4) 3年生107杨幼林经施肥处理后,各小区的树高、胸径和蓄积增长量均随N施肥量的增加而增加,80g·株⁻¹的N施肥量取得的蓄积增长量最小,并与其他处理间差异显著;200g·株⁻¹的N施肥量取得最大蓄积增长量,但与120、160g·株⁻¹的N施肥处理间差异不显著,故120g·株⁻¹的N施肥量是满足3年生107杨生长需求的最小施肥量。

(5) 120g·株⁻¹的N、20g·株⁻¹的P和50g·株⁻¹的K施肥量能满滴灌条件下3年生107杨幼林生长的需求,这与测定的3年生107杨单株N、P、K营养元素的吸收量(N 111.8g、P 16.9g、K 43.8g)结果接近。

(6) 对3年生107杨各施肥处理蓄积增长量的边际效益分析表明,120g·株⁻¹的N肥施肥处理能取得最大的边际收益,因此,120g·株⁻¹的N肥施肥量为3年生107杨幼林4个施肥处理中的最佳施肥量。胡磊等^[18]通过不同施肥处理对毛白杨人工林生长及营养状况的影响研究显示,3年生毛白杨幼林的不同施肥处理中,施用N肥240g·株⁻¹时生长增幅最大,树高增长2.29m,胸径增加2.25cm。本试验3年生杨树幼林的最佳施肥量仅为胡磊的50%,但取得的生长量是其2倍左右。因此,运用滴灌系统施肥能大幅度节约肥料,提高肥料利用率,减少肥料对环境的污染,建议有条件的应加大滴灌系统的推广,以推进生态中国、美丽中国事业的蓬勃发展。

参考文献:

- [1] 金建忠. 杨树二耕土施肥肥效的研究[J]. 中南林业调查规划, 1995(4): 59-61.
- [2] 余常兵, 罗治建, 陈卫文, 等. 幼龄杨树养分含量及其积累季节变化研究[J]. 福建林学院学报, 2005, 25(2): 181-186.
- [3] 杨光, 韩蕊莲. 低产小叶杨林地施肥效应分析[J]. 水土保持研究, 1994, 1(3): 82-86.
- [4] 刘文环, 李朝晖, 姜海涛, 等. 杨树扦插苗追肥试验[J]. 防护林科技, 2009, 44(3): 70-71.
- [5] Heilman P F, Xie F G. Effects of nitrogen fertilization on leaf area, light interception, and productivity of short-rotation *Populus trichocarpa* × *Populus deltoides* hybrids[J]. Canadian Journal of Forest Research, 2005, 24(1): 166-173.
- [6] 王梓. 欧美107杨苗木精确灌溉施肥制度研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2011.
- [7] 邓坦. 欧美杨107杨扦插苗需肥规律和合理施肥技术研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2009.

- [8] 孙 一. 欧美 107 杨苗木不同施 N 处理的生长生理响应[D]. 北京:北京林业大学,2013.
- [9] 安俊波,王振华,温新明,等. 不同栽培方式对地下滴灌棉花形态指标及产量的影响[J]. 灌溉排水学报,2010,29(1):93-96.
- [10] 陈 康,邓兰生,涂攀峰,等. 不同水肥调控措施对马铃薯种植土壤养分运移的影响[J]. 广东农业科学,2011(20):51-54.
- [11] 蒲胜海,冯炯鑫,丁 峰,等. 极干旱地区厚皮甜瓜露地栽培膜下滴灌灌水下限指标初步研究[J]. 节水灌溉,2012(5):33-35.
- [12] 张保东. 滴灌条件下不同肥料对西瓜品质及产量的影响[J]. 中国瓜菜,2011,24(6):17-19.
- [13] 邓兰生,陆树华,沈 宏,等. 滴灌施氮肥对甘蔗产量与品质的影响[J]. 灌溉排水学报,2010,29(2):119-123.
- [14] Machado Rui M A, Oliveira Maria Do Rosario G. Tomato root distribution, yield and fruit quality under different subsurface drip irrigation regimes and depths[J]. Irrigation Science,2005,24(1):15-24.
- [15] 栗岩峰,李久生,饶敏杰. 滴灌施肥时水肥顺序对番茄根系分布和产量的影响[J]. 农业工程学报,2006,22(7):205-207.
- [16] 陈章水. 杨树栽培实用技术[M]. 北京:中国林业出版社,2005.
- [17] 马 晖,于卫平,黄利江,等. 杨树速生丰产林配套施肥技术试验研究Ⅱ. 追肥试验[J]. 林业科学研究,2004,17(增刊):23-30.
- [18] 胡 磊,李吉跃,尚富华,等. 不同施肥处理对毛白杨人工林生长及营养状况的影响[J]. 中国农学通报,2010,26(9):115-121.