

冀北山地不同坡位华北落叶松人工林与油松天然次生林群落环境分析

刘春利¹, 黄小军^{1,2}, 刘晓博², 赵娜², 徐学华², 李玉灵²

(1. 木兰林管局, 河北 承德 068450; 2. 河北农业大学, 河北 保定 071000)

摘要:以冀北山地华北落叶松人工林与油松天然次生林为研究对象, 对不同坡位气象因子、立地因子等方面的差异进行研究。结果表明: 华北落叶松人工林内测定点温湿度均高于油松林, 同一林分内温度差异不显著。落叶松林内照度随着海拔增加逐渐增大, 油松群落内坡底照度最高。油松、落叶松群落随着海拔的增加, 各样地相同土层间土壤质量含水量、饱和含水量、相对含水量逐渐减小, 相同海拔落叶松林样地各土层水分指标均高于油松林。油松各样地内土壤容重随着土层深度的增加而增加, 且随着海拔的增高, 各样地相同土壤层次容重值增大。落叶松林变化均不显著。油松各样地土壤孔隙随着土层深度和海拔的增加均变小。落叶松林变化均不显著, 但在相同土层上落叶松林土壤孔隙多于油松林。油松林地土壤颗粒随着土层深度的增加而减小, 落叶松林则增大。油松及落叶松群落坡中样地土壤颗粒均较大。2个林分土壤 pH 随着土壤层次的增加而增加, 土壤养分含量随土层深度增加而递减; 随着海拔增高, 相同海拔落叶松林内有机质、全氮、全磷、碱解氮、有效钾含量均高于油松林, 而速效磷则相反。

关键词:冀北山地; 华北落叶松人工林; 油松天然次生林; 群落环境

中图分类号:S 791.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)16-0082-07

林下群落环境的研究对该地区植被恢复和重建有着十分重要的指导意义。人工林和天然林由于起源不

同, 经历演替过程不同, 林下环境势必出现不同变化趋势, 相同林分不同坡位的环境因子也不尽相同。

第一作者简介:刘春利(1973-), 男, 高级工程师, 现主要从事林场经营管理工作。

责任作者:李玉灵(1962-), 女, 内蒙古集宁人, 教授, 博士生导师, 现主要从事植物生理生态学与恢复生态学的研究工作。E-mail: liyuling0425@yahoo.com.cn.

基金项目:河北省科技计划资助项目(12237510; 11236713D-12-1)。

收稿日期:2013-04-15

以保护滦河上游自然生态环境、自然资源、森林生态系统和拯救珍稀濒危野生动植物物种及其生物多样性为宗旨, 维持生态平衡, 集资源保护、植被恢复、科学研究为一体的河北木兰围场自然保护区地理位置独特, 具有丰富的野生动植物资源, 同时又是滦河上游的生态主体, 是京津风沙源治理工程的主体之一, 对京津生态

Effect of Different Nitrogen Forms on Chlorophyll Content and Photosynthetic Fluorescence Parameters of *Impatiens balsamina*

HE Hui-liu^{1,2}

(1. Chongqing City Management College, Chongqing 401331; 2. State Key Laboratory Breeding Base of Eco-Environments and Bio-Resources of the Three Gorges Reservoir Region, Chongqing 400715)

Abstract: Using *Impatiens balsamina* seedlings as the materials, the impact of different nitrogen forms on chlorophyll content and photosynthetic fluorescence parameters of *Impatiens balsamina* were studied. The results showed that dealing with nitrogen forms could effectively promote the accumulation of *Impatiens balsamina* chlorophyll, besides, in T5(100% NH_4^+), the contents of photosynthetic pigment obviously rise much higher. In T3($\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+ = 50 : 50$), level of F_v/F_m , Yield, ETR, qP was much higher comparing with CK. Thus, appropriately increasing proportion of tritic nitrogen was good for *Impatiens balsamina*'s growing, $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ ratio of 50 : 50 was better.

Key words: *Impatiens balsamina*; $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ ratio; chlorophyll; photosynthetic fluorescence parameters

安全起着重要的屏障作用。现以冀北山地华北落叶松人工林与油松天然次生林为研究对象,研究与分析不同坡位气象因子、立地因子等方面的差异,以期为该地区森林群落环境研究提供理论依据。

1 研究方法

1.1 样地的设置

遵循试验样地与周边环境的一致性原则,避开林缘带状区域,于河北木兰围场自然保护区大汉马沟华北落叶松人工林和南沙坨子油松天然次生林 2 个研究区内选择具有典型立地条件的地区,采用典型取样法,运用测树罗盘及 GPS 进行定位,沿山坡分别设置 3 块 20 m×33 m 的标准样地,并将边界线上的灌木和杂草清除;在上述每块样地内采用对角线法分别设置 5 个 5 m×5 m 的灌木样方;在每个灌木样方内随机设置 3 个 1 m×1 m 草本样方。样地基本情况见表 1。

1.2 环境因子调查

1.2.1 气象因子调查 分别在 6 块 20 m×33 m 的标准样地内随机取 3 个点,分别在一天中的 9:00、11:30、

15:00、17:00 利用照度计测定光照强度、利用 DT-8860 温湿度计测定温度及湿度。

1.2.2 土壤调查 在 2 个研究区 20 m×33 m 标准样地内分别设立 3 个土壤剖面,各自按 0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm、30~40 cm、40~60 cm、60~80 cm、80~100 cm 土层深度 3 次重复采样,利用烘干法测定土壤质量含水量。按 0~10 cm、10~20 cm、20~40 cm 土层 3 次重复采样测定土壤其它理化性质。土壤物理性质分析:土壤机械组成采用筛分法测定;土壤容重、孔隙度(毛管孔隙度、空气孔隙度和总孔隙度)、持水量采用环刀法测定。土壤化学性质分析:土壤 pH 采用电位计(酸度计)测定;土壤有机质的测定采用重铬酸钾稀释放热-外加热法;土壤全氮的测定采用浓硫酸消煮,半微量凯式定氮法;土壤全磷含量采用浓硫酸消煮,钼蓝比色法测定;土壤碱解氮的测定采用碱解扩散法;土壤速效磷的测定采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提钼蓝比色法;土壤有效钾的测定采用 2 mol/L HNO₃ 溶液浸提-火焰光度法^[1]。

表 1 标准样地基本情况

群落(样地)	海拔	调查面积	郁闭度	坡度	坡位	坡向	平均林龄	枯落物厚度
Communities(Plots)	Altitude/m	Area/m ²	Canopy density	Slope gradient/(°)	Slope position	Aspect	Average ages/a	Litter depth/cm
油松(N1)	1 125	660	0.21	5	底	西	40	1.50
油松(N2)	1 250	660	0.87	28	中	西	40	1.68
油松(N3)	1 325	660	0.59	13	顶	西	40	1.72
华北落叶松(D1)	980	660	0.70	3	底	西	30	1.16
华北落叶松(D2)	1 100	660	0.88	30	中	西	30	2.37
华北落叶松(D3)	1 350	660	0.34	28	顶	西	30	1.85

1.2.3 其它立地因子调查 采用样点测定法,测定各标准样地内郁闭度;利用 GPS 定位仪测定各标准样地坡度、坡位及高度;并对土层及枯落物厚度进行测量。

2 结果与分析

2.1 微气象因子

温度对林木的生长发育具有重要的影响作用。由图 1 可知,随着时间变化,各样地内林内温度变化趋势与大气候条件相似,即先升高后降低,15:00 出现最高温度。落叶松标准地林内任一时刻温度均高于油松林,而

同一林分不同海拔样地内温度差异不显著。林内湿度变化与温度变化趋势相反,温度升高,群落蒸散量增大,在 15:00 达到最低值。在 9:00 落叶松林内空气湿度高于油松林,同一林分不同海拔及 2 个林分同一海拔样地间在其它 3 个测定点湿度差异不显著。林内照度变化与温度变化相似,但最大值出现在 11:30 测点上。随着样地海拔的增加,落叶松林内照度逐渐增大,坡底油松照度在油松群落内各测点均值最高。

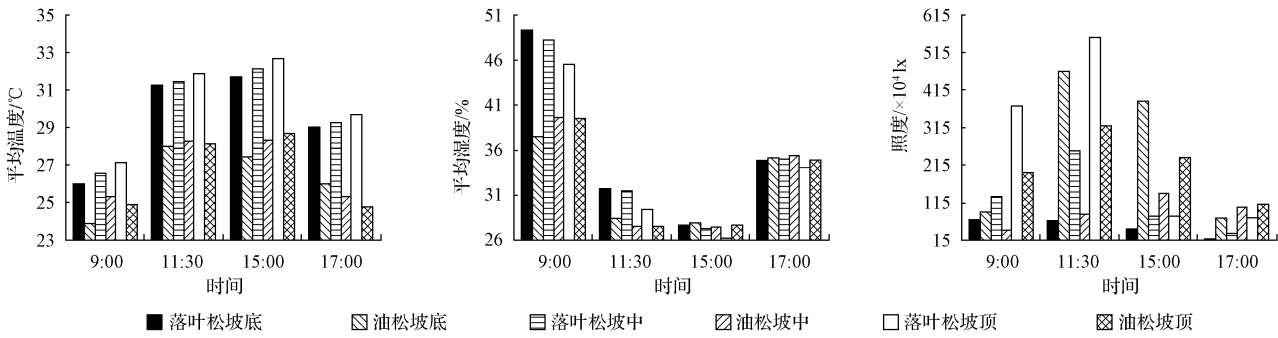


图 1 华北落叶松人工林与油松天然次生林群落气象因子

Fig. 1 Meteorological factors in natural secondary forests of *Pinus tabulaeformis* Carr and plantations of *Larix gmelini* (Rupr.) Rupr

2.2 土壤因子

2.2.1 土壤物理性质 由图2、表2可知,油松天然次生林土壤质量含水量随着土层深度的增加逐渐减少;在0~20 cm土层中土壤质量含水量为坡底>坡中>坡顶;3块样地20~60 cm水分含量差异不明显;油松坡顶样地在60 cm以下土层水分含量最高。落叶松林各样地内土壤质量含水量随土层变化不明显;落叶松坡底样地各土壤层次内含水量明显高于坡中及坡顶样地相同土层中的水分含量。落叶松样地各个土层含水量均高于油松林地。根据测定所得,油松群落各样地的最大田间持水量分别在14.9032%~18.5570%、14.0617%~19.0874%、15.0492%~17.5392%之间,同一坡位最大田间持水量随土层无明显变化,但0~10 cm土层田间持水量均为最大;各样地同一土层最大田间水量无明显差异($P<0.05$)。落叶松林各样地最大田间持水量分别在

21.7575%~25.9287%、20.0517%~24.5188%、18.0114%~24.8401%之间,同一坡位最大田间持水量随土层无明显变化,除坡底落叶松外,落叶松林各样地最大田间持水量的最大值均出现于0~10 cm,坡顶落叶

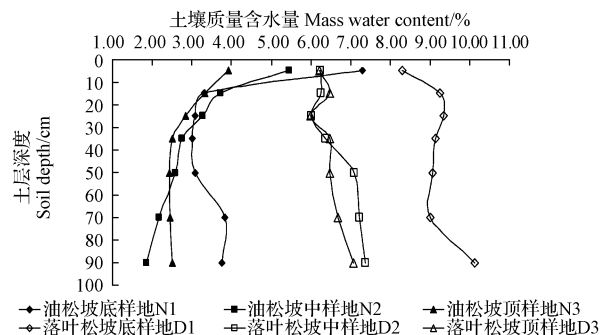


图2 各样地土壤质量含水量

Fig. 2 Mass water content of soil in plots

表2

各样地水分状况指标

Table 2

Moisture indexes in different plots

样地 Plots	土层深度 Soil layers/cm	质量含水量 Mass water content/%	最大田间持水量 Maximum field capacity/%	毛管持水量 Capillary water capacity/%	饱和含水量 Saturated water content/%	相对含水量 Relative water content/%
N1	0~10	7.2956aA	18.5570a*	25.7005aAB	35.5956AB	39.7839aA
	10~20	3.3140b*	14.9032b*	24.0934b*	34.3282	22.2734b*
	20~30	3.0902b*	15.2558b*	24.8754abA	34.5728A	20.3951b*AB
	30~40	3.0180b*	15.1758b*	24.7883abA	34.4812A	20.0152b*
N2	0~10	5.4458aAB	19.0874a*	26.5790aA	37.5054aA	28.7212AB
	10~20	3.7116a*	16.7094a*	22.8271b*	34.7080ab	22.2526*
	20~30	3.2794b*	14.6604b*	21.1447bcB	31.8584bAB	22.5737* A
	30~40	2.7420b*	14.0617b*	20.5112cB	31.1692b*AB	19.6998*
N3	0~10	3.9232a* B	17.5392*	23.9433* B	32.1209* B	22.2782aB
	10~20	3.3278ab*	15.7548	23.1556	31.4284	20.8210ab*
	20~30	2.8523bc*	15.4337*	23.0917AB	31.0918B	18.4458* bB
	30~40	2.5115c*	15.0492*	22.6916AB	30.6554B	16.7705b*
D1	0~10	8.2912A	21.7575a* B	24.5470bB	33.9947bB	37.9879abA
	10~20	9.2472* A	25.9287b* A	30.6250a* A	41.4823aA	35.9070b* A
	20~30	9.3488* A	23.8772ab*	31.3892aA	38.6233ab	39.4444a* A
	30~40	9.1451* A	23.6375ab*	31.1233aA	38.3491ab	39.1802ab* A
D2	0~10	6.2388abB	24.5188a* A	28.2516aA	39.3169aA	25.6956bB
	10~20	6.2588a* B	22.0029ab* B	25.3522b* B	36.5502abA	28.8278ab* B
	20~30	6.0099b* B	20.0517b*	23.6142bB	34.8575b	30.3685a* B
	30~40	6.3639ab* B	20.458b*	24.0334bB	35.3160b*	31.4069a* B
D3	0~10	6.2174* B	24.8401a* A	28.6753a* A	39.9515a* A	25.2454bB
	10~20	6.4752* B	18.0114cC	20.9267bC	29.9008cB	36.8809a* AB
	20~30	5.9916* B	21.3619b*	23.3512bAB	34.1648b	28.4052b* B
	30~40	6.4709* B	21.9069b*	23.8977bAB	34.7647b	29.9664ab* B

注:不同小写字母代表同一群落同样地不同土壤层次间差异显著度,无小写字母则差异不显著;“*”为2个群落相同坡位相同土层间的差异显著,不标“*”的则不显著;不同大写字母代表同一群落内不同坡位相同土壤层次间差异显著度,无大写字母则差异不显著。下同。

松 0~10 cm 最大田间持水量显著高于坡中、坡底落叶松 ($P<0.05$),而坡底落叶松 10~20 cm 土层的最大田间持水量高于坡中、坡顶落叶松相同土层的值。除坡顶油松与坡顶落叶松的 10~20 cm 土层外,2 个群落同海拔同土层最大田间水量比较:落叶松>油松。油松各样地毛管持水量随着土层深度逐渐减小,且各样地相同土层间毛管持水量比较可得,坡中与坡顶油松在 0~10 cm 土层明显差异,坡底与坡中油松在 20~30 cm、30~40 cm 差异显著 ($P<0.05$)。除坡底落叶松外,落叶松林各样地毛管持水量随着土层深度增加而减小,且落叶松林随着海拔高度的增加,坡底、坡中落叶松内 0~10 cm 层毛管持水量低于坡顶落叶松含量,10~20 cm 毛管持水量排序为:坡底落叶松>坡中落叶松>坡顶落叶松,而坡底落叶松(20~40 cm)>坡中落叶松(20~40 cm),差异显著 ($P<0.05$)。2 个群落同海拔同土层毛管持水量比较:坡顶油松(0~10 cm)<坡顶落叶松(0~10 cm),坡底油松(10~20 cm)<坡底落叶松(10~20 cm),坡中油松(10~20 cm)<坡中落叶松(10~20 cm)。落叶松比油松相同海拔样地内浅层土壤毛管持水量普遍要高。由表 2 可知,除坡底落叶松外,2 个群落各样地饱和含水量随着土壤层次及海拔的增加均逐渐减少。2 个群落同海拔同土层比较:坡顶油松(0~10 cm)<坡顶落叶松(0~10 cm),坡中油松(30~40 cm)<坡中落叶松(30~40 cm)。油松林内各样地内土壤相对含水量随着土层深度的增加减少,坡底高于坡顶 0~10 cm 土壤相对含水量。落叶松林各样地土壤相对含水量随着土层深度的增加而增加,坡底落叶松 0~20 cm 相对含水量高于坡中及坡顶落叶松。落叶松同海拔同土层相对含水量均高于油松林。由表 3 可知,油松各坡位土壤容重随着土层深度的增加而增加,差异不明显,且随着海拔增高土壤容重增大。落叶松各坡位土壤容重随土层变化不显著;在 0~10 cm 层坡底落叶松土壤容重高于坡顶落叶松,其它样地相同土层间容重差异不显著。2 个群落同海拔同土层土壤容重比较:坡顶油松(20~40 cm)>坡顶落叶松(20~40 cm),其它无差异。油松各样地土壤总孔隙度随着土层变化变小,差异不明显。坡底油松在相同土层上的总孔隙度比坡顶油松大。除坡顶落叶松 10~20 cm 土壤总孔隙度明显低于其它土层外,落叶松林内其它样地土壤总孔隙度随土层变化不显著,坡底落叶松 10~20 cm 土壤总孔隙度显著大于坡顶落叶松,而其它样地相同土层间的土壤总孔隙度差异不显著。仅坡顶落叶松 0~10 cm 土壤总孔隙度显著大于坡顶油松外,2 个群落其它样地相同土层土壤总孔隙度无明显差异。油松林内 3 个样地毛管孔隙度随土层深度逐渐减小,坡顶油松在相同土层上的土壤毛管孔隙度比坡底、坡中油松要大。落叶松林毛管孔隙度随土层深度无差异变化。除坡底落叶松在 10~20 cm 上

表 3 各样地土壤容重及孔隙度

Table 3 Soil bulk density and porosity in different plots

样地 Plots	土层深度 Soil layers /cm	土壤容重 Soil bulk density /g·cm ⁻³	土壤总孔隙度 Total porosity /%	毛管孔隙度 Capillary porosity/%	非毛管孔隙度 Non-capillary porosity/%
N1	0~10	0.9572A	49.7182A	17.3809AB	16.2047
	10~20	0.9676AB	48.6632A	14.1528*	18.0418
	20~30	0.9593AB	49.0554A	14.4556* AB	17.7205
	30~40	0.9614AB	48.9553A	14.2985* AB	17.7312
N2	0~10	0.8961B	49.7211aA	15.4113* B	15.5446
	10~20	0.9293* B	48.109abAB	15.3023*	16.1438
	20~30	0.9647B	47.0944abAB	14.3025* B	16.6292
	30~40	0.9705B	46.3359bAB	13.7241* B	16.6292
N3	0~10	1.3699B	43.5537* B	23.7149* A	19.8388a
	10~20	1.3946A	43.8036B	21.8971	21.9065ab
	20~30	1.4193* A	44.0539B	21.8418* A	22.2121b*
	30~40	1.4240* A	43.5919B	21.3798* A	22.2121b*
D1	0~10	1.3842A	47.2806	30.0347	16.9630
	10~20	1.2825	52.3124A	32.9343* A	19.3781
	20~30	1.3075	49.6052	30.7319*	18.8734
	30~40	1.3095	49.4001	30.5267*	18.8734
D2	0~10	1.2378AB	48.1943	30.1086*	18.0856
	10~20	1.3483*	48.9604A	29.6026* AB	19.3578
	20~30	1.3798	48.0285	27.6725*	20.356
	30~40	1.3755	48.4586	28.1026*	20.356
D3	0~10	1.2174B	48.3193a*	30.1103*	18.209
	10~20	1.3303	39.8068bB	24.0084B	15.7983
	20~30	1.3184*	44.8646a	28.0669*	16.7977*
	30~40	1.3123*	45.4764a	28.6787*	16.7977*

土壤毛管孔隙度大于坡顶落叶松外,其它样地相同土层土壤毛管孔隙度差异不明显。落叶松林在相同土层上的毛管孔隙度均大于油松林。根据测定,油松各样地林内非毛管孔隙度随土壤层次变化无明显差异,坡顶油松内非毛管孔隙度大于坡底和坡中油松。落叶松林各样地随土层深度及海拔的增加,非毛管孔隙度值无明显变化。除坡顶油松在 20~40 cm 的非毛管孔隙度大于坡顶落叶松外,2 个群落同海拔其它样地间非毛管孔隙度差异不显著。油松群落内土壤机械组成如表 4 所示,坡底油松石砾含量随土层深度减小,坡中油松则逐渐增多,坡顶油松没有石砾;各样地土层间表层石砾极粗砂粒比重大;坡底、坡中油松粗、中砂粒在 10~40 cm 相对较多,坡顶油松的 0~10 cm 粗砂粒较多;坡中、坡顶油松细砂粒含量随土层深度增加;坡底、坡中油松极细砂粒以下土壤颗粒随着土层逐渐减少。石砾、极粗砂粒、中砂粒在油松群落各样地同 0~10 cm 土层内含量随海拔的增加逐渐减少,粗砂粒则逐渐增多,细砂粒在坡底油松表层最多,极细砂粒以下颗粒则坡中油松表层最多。落叶松群落内坡中落叶松样地石砾含量随土层增加而增加;

坡底、坡顶落叶松极粗砂随土层深度增加;各样地粗砂含量随土壤层次变化不明显;坡底落叶松在 10~20 cm 中砂粒最多;坡顶落叶松在 10~20 cm 最少;坡顶落叶松内细砂粒含量在 10~20 cm 最少,坡中落叶松细砂粒含量随土壤层次递减;坡中落叶松的 10~20 cm 土层内极细砂粒以下的土壤颗粒最少,坡底落叶松则随土层递减。坡中落叶松样地同一土层内石砾含量最高,坡底落叶松最低。坡底落叶松同一土层内极粗砂、粗砂、中砂粒、细砂粒及极细砂粒以下土壤颗粒的含量最高。落叶松各土层粗砂粒以上颗粒含量多于油松林,而其中砂粒以下颗粒含量则少于油松林。

表 4 各样地土壤机械组成

Table 4 Soil mechanical composition in different plots

样地 Plots	土层 Soil layers /cm	土壤颗粒组成 Soil particle composition/%					
		石砾 Gravel content	极粗砂粒 Very coarse sand	粗砂粒 Coarse sand	中砂粒 Medium coarse sand	细砂粒 Fine sand	极细砂粒、 粉粒及粘粒 Very fine sand, silt and clay
N1	0~10	1.9303	0.0506	1.2658	11.8037	44.4485	40.5013
	10~20	0.0857	0.0132	1.0462	10.2295	45.6892	42.9362
	20~40	0.0649	0.0302	1.9735	13.8088	45.2360	38.8865
N2	0~10	0.0043	0.0064	1.3943	10.8641	40.3882	47.3427
	10~20	0.0185	0.0074	1.1218	13.2248	44.3194	41.3080
	20~40	0.0415	0.0013	3.1747	12.2878	46.6941	37.8007
N3	0~10	0.0000	0.0292	4.6243	6.4277	42.7613	46.1574
	10~20	0.0000	0.0071	0.1036	3.3607	45.6870	50.8415
	20~40	0.0000	0.0034	0.2069	6.7550	51.2926	41.7421
D1	0~10	36.8375	2.0829	8.6274	11.4216	11.8506	29.1800
	10~20	23.5885	2.3324	10.6172	15.2240	13.8202	34.4176
	20~40	24.8432	2.7140	9.9730	13.4751	15.0687	33.9259
D2	0~10	56.9686	1.3412	5.7223	8.5088	8.7709	18.6882
	10~20	62.0537	1.3917	5.7321	6.9680	7.9076	15.9469
	20~40	78.8841	1.0516	3.9660	5.1978	3.9422	6.9583
D3	0~10	50.0504	1.1978	5.8678	8.5668	10.5333	23.7838
	10~20	62.1663	1.2746	4.7577	6.8007	8.3979	16.6028
	20~40	39.0121	1.6916	7.2064	11.8198	14.2272	26.0430

注:土壤粒级分级制采用美国制。石砾>2 mm;极粗砂粒 2~1 mm;粗砂粒 1~0.5 mm;中砂粒 0.5~0.25 mm;细砂粒 0.25~0.1 mm;极细砂粒、粉粒及粘粒<0.1 mm。

2.2.2 土壤化学性质分析 从表 5 可看出,坡底油松土壤各层 pH 随着土壤层次的增加而增加,坡中、坡顶油松各土层间 pH 无明显差异;随海拔的增加,油松 0~10 cm 层间 pH 无明显差异,10~40 cm 则逐渐减小。坡底落叶松土壤各层 pH 随着土壤层次的增加而增加,坡中、坡顶落叶松各土层间 pH 无明显差异;随着海拔的增加,落叶松各样地同一土层 pH 值比较,坡中落叶松的 0~40 cm pH 值均最大。除坡中油松与坡中落叶松在 10~40 cm pH 存在显著差异($P<0.05$),即坡中落叶松>坡中油松外,坡底油松与坡底落叶松、坡中油松与坡中落叶松相同土层间 pH 无差异显著性。油松各样地有机质

含量随着土层深度递减,坡顶油松在 20~40 cm 土层有机质含量比坡底、坡中油松低,其它各样地相同土层间有机质含量无显著差异。落叶松林各样地有机质含量随着土层深度递减,坡顶落叶松在 10~20 cm 土层有机质含量比坡底、坡中落叶松低,坡底落叶松在 20~40 cm 土层有机质含量比坡中、坡顶落叶松高。落叶松林同海拔各土层有机质含量均高于油松林。油松 3 个样地全氮含量随土层深度递减,各样地相同土层间全氮比较无显著差异。落叶松林 3 个样地全氮含量随土层深度递减,且随着海拔的增高,各样地 10~40 cm 全氮含量递减。落叶松林同海拔各土层全氮含量均高于油松林。油松各样地土层间全磷变化不显著,坡底油松在 10~20 cm 上的全磷含量显著高于坡中油松($P<0.05$)。落叶松林各土层全磷含量随着土层深度变化不显著,且随着海拔增高,全磷含量逐渐降低。2 个群落各土层间全氮含量比较均为落叶松林地含量高于油松林。油松各样地碱解氮含量随土层深度递减,坡底油松在 10~20 cm 碱解氮含量显著高于坡中、坡顶油松同土层含量,坡底、坡中油松在 20~40 cm 碱解氮含量显著高于坡顶油松同土层含量。落叶松林各样地碱解氮含量随土层深度递减,坡中落叶松在 10~20 cm 上碱解氮含量明显高于坡顶落叶松同土层含量($P<0.05$)。2 个群落各土层间碱解氮含量比较均为落叶松林地含量高于油松林。坡底油松样地内 10~20 cm 速效磷含量高于 20~40 cm 土层含量,坡顶油松内 0~20 cm 速效磷含量比 20~40 cm 高;随着海拔的增高,同一群落速效磷含量变化为:坡底油松(10~20 cm)>坡中及坡顶油松(10~20 cm),坡顶油松(20~40 cm)>坡底及坡中油松(20~40 cm)。随着土层深度的增加,落叶松各样地速效磷含量变化为:坡底落叶松(0~10 cm)>坡底落叶松(10~40 cm),坡中落叶松(0~20 cm)>坡中落叶松(20~40 cm),坡顶落叶松(0~10 cm)>坡顶落叶松(10~40 cm);随着海拔增高,各样地 10~20 cm 速效磷含量显著降低($P<0.05$)。除坡底油松(10~20 cm)>坡底落叶松(10~20 cm)及坡顶油松(10~20 cm)>坡顶落叶松(10~20 cm)外,2 个群落同海拔相同土层速效磷含量无显著差别。坡底和坡中油松有效钾含量随土壤层次变化无明显差异,坡顶油松则递减;有效钾含量随着海拔变化:坡顶油松(10~20 cm)>坡中油松(10~20 cm),坡底油松(20~40 cm)>坡顶油松(20~40 cm)。坡底落叶松有效钾含量随土壤层次无明显变化,坡中落叶松(0~10 m)>坡中落叶松(20~40 cm),坡顶落叶松有效钾含量随土层递减,随着海拔的增高,各样地 0~10 cm 有效钾含量增加,20~40 cm 层该值则减少。落叶松林同海拔各土层全氮含量均高于油松林。

表 5

各样地土壤养分含量

Table 5

Soil nutrient content in different plots

样地 Plots	土层深度 Soil layers/cm	pH 值	有机质含量 Organic matter content /g · kg ⁻¹	全氮含量 Total N content /g · kg ⁻¹	全磷含量 Total P content /g · kg ⁻¹	碱解氮含量 Alkaline hydrolyze N content /g · kg ⁻¹	速效磷含量 Available P content /g · kg ⁻¹	有效钾含量 Available K content /g · kg ⁻¹
N1	0~10	5.8022b	8.097 *	0.0498 *	0.122 *	71.986ab	11.3057ab	70.2329 *
	10~20	6.3200abA	7.071 *	0.0486 *	0.116 * A	66.661a * A	12.2685a * A	73.6208 * AB
	20~40	6.4922aA	7.725 * A	0.0385 *	0.102 *	55.873bA	8.2292bB	72.0022 * A
N2	0~10	5.9000	9.303 *	0.042 *	0.084 *	60.525	9.0222	72.3394 *
	10~20	5.7822 * AB	7.713 *	0.0408 *	0.066 * B	48.740B	7.7383B	58.8488 * A
	20~40	5.8589 * B	7.664AB	0.0412	0.081 *	56.959A	9.7769B	74.0769 * AB
N3	0~10	5.6722	14.691a *	0.0461a *	0.120 *	52.027a	17.5906a	96.1318a *
	10~20	5.4989B	7.0453a *	0.0362b *	0.087 * AB	42.005a * B	10.5131a * B	69.5176b * B
	20~40	5.7344B	4.337b * B	0.0179c *	0.054 *	21.244b * B	11.2112b * A	56.9707c * B
D1	0~10	5.7356bB	28.035 *	0.1271ab *	0.497 * A	179.609a	18.9305a	113.3315 * C
	10~20	6.1533cAB	30.789 * A	0.1516a * A	0.596 * A	138.41ab * AB	8.6633b * AB	117.0473 *
	20~40	6.3189acA	26.625 * A	0.1081b * A	0.542 * A	110.227b	10.1166b	116.5864 * A
D2	0~10	6.4856A	28.174a *	0.1189a *	0.336a * B	186.470a	13.0231a	129.3715a * B
	10~20	6.5911 * A	24.575a * A	0.1112a * A	0.309ab * B	172.708aA	8.0593aA	121.3975ab *
	20~40	6.3833 * A	12.360bB	0.0552bB	0.249b * B	92.910b	4.3222b	115.7373b * A
D3	0~10	5.9633AB	26.886a *	0.1026a *	0.311a * B	167.642a	13.1933a	136.9804a * A
	10~20	5.2922B	15.472b * B	0.063b * B	0.229b * B	110.306b * B	6.2476b * B	106.7756b *
	20~40	5.7867B	14.434b * AB	0.0535c * B	0.203b * B	94.6055c *	4.4165b *	95.5592c * B

3 讨论与结论

该试验结果表明,华北落叶松人工林内测定点温度均高于油松林,同一林分内温度差异不显著。落叶松林内空气湿度高于油松林,同一林分不同海拔及 2 个林分同一海拔样地间湿度差异不显著($P < 0.05$)。落叶松林内照度随着海拔增加逐渐增大,油松群落内坡底照度最高。

不同深度、不同物理性质的土壤含水量不同。油松、落叶松群落随着海拔的增加,各样地相同土层间土壤质量含水量、饱和含水量、相对含水量逐渐减小,但落叶松林相同海拔样地各土层水分指标均高于油松林。

根据调查,人工林地土壤容重一般在 $0.77 \sim 1.35 \text{ g/cm}^3$ 之间,土壤总孔隙度在 $50\% \sim 60\%$ 时,土壤结构良好。森林经改造后,林地枯落物不断增加,使土壤容重降低,孔隙度增多,土壤物理性状质量明显得到改善,且随着改造林龄的延长,效果越来越明显^[2]。油松各样地内土壤容重随着土层深度的增加而增加,且随着海拔的增高,各样地相同土层层次容重值增大。落叶松各样地内土壤容重随着土层及海拔变化均不显著。除油松坡顶样地 $20 \sim 40 \text{ cm}$ 土层土壤容重大于落叶松林外,其它土层容重值均小于落叶松林。

土壤总孔隙度、非毛管孔隙度、非毛管孔隙度与毛管孔隙度比值随着土层深度的增加而降低,并逐渐稳定在一定水平;不同群落同一土层土壤有机质含量和孔隙状况大小顺序为:锐齿栎林>油松林>草丛;而土壤容重的变化趋势则相反^[3]。由于土壤的粗骨化和结构性状的恶化,使土壤的容重增大,土壤的总孔隙度、毛管孔

隙度、非毛管孔隙度和非毛管孔隙度/毛管孔隙度减小,导致了土壤孔隙状况的恶化^[4]。贾忠奎等^[5]研究了北京几种不同的侧柏林分表明,各种林分类型间土壤容重差异不大,基本变化在 $1.5 \sim 1.8 \text{ g/cm}^3$ 之间,总的趋势是各个林分类型上层土壤容重小于下层;其原因在于林地上层土壤分布着大量根系以及枯枝落叶,腐殖质含量高所致。油松各样地土壤孔隙随着土层深度和海拔的增加均变小。落叶松各样地土壤空隙随着土层变化不显著,但随着海拔的增高变小。在相同土层上落叶松林土壤孔隙多于油松林。

土壤颗粒的大小还决定着土壤 N、P、K 的供应能力,进而影响着植物的生长发育。油松林地土壤颗粒随着土层深度的增加而减小,落叶松林则增大。随着海拔的增加,油松及落叶松群落较粗颗粒逐渐减少。油松及落叶松群落坡中样地土壤颗粒均较大。

油松林、落叶松林土壤各层 pH 随着土壤层次的增加而增加,油松群落 $10 \sim 40 \text{ cm}$ 土层 pH 随着海拔的增加而减小。落叶松随海拔未表现出规律性的变化,但落叶松 $10 \sim 40 \text{ cm}$ 土层 pH 大于油松同一土层。落叶松、油松林内各样地土壤养分含量随土层深度递减;随着海拔的增高,落叶松、油松群落各样地相同土层土壤有机质、全氮、有效钾减少,而全磷、碱解氮、速效磷含量则增加。相同海拔落叶松林内有机质、全氮、全磷、碱解氮、有效钾含量均高于油松林,而速效磷则相反。

该试验结果表明,华北落叶松人工林内测定点温度均高于油松林,同一林分内温度差异不显著。落叶松林内照度随着海拔增加逐渐增大,油松群落内坡底照度最高。油松、落叶松群落随着海拔的增加,各样地相同

土层间土壤质量含水量、饱和含水量、相对含水量逐渐减小,相同海拔落叶松林样地各土层水分指标均高于油松林。油松各样地内土壤容重随着土层深度的增加而增加,且随着海拔的增高,各样地相同土壤层次容重值增大。落叶松林变化均不显著。油松各样地土壤孔隙随着土层深度和海拔的增加均变小。落叶松林变化均不显著。但在相同土层上落叶松林土壤孔隙多于油松林。油松林地土壤颗粒随着土层深度的增加而减小,落叶松林则增大。油松及落叶松群落坡中样地土壤颗粒均较大。2个林分土壤 pH 随着土壤层次的增加而增加,土壤养分含量随土层深度递减;随着海拔增高,相同

海拔落叶松林内有机质、全氮、全磷、碱解氮、有效钾含量均高于油松林,而速效磷则相反。

参考文献

- [1] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,1999.
- [2] 邓鉴锋. 西樵山森林改造对林地土壤理化性质的影响[J]. 广东林业科技,2005,21(2):14-18.
- [3] 刘建军,雷瑞德,吴钦孝,等. 秦岭天然油松、锐齿栎林根系-土壤互动效应研究[J]. 西北林学院学报,2002,17(1):1-4.
- [4] 吴蔚东. 两种林木更新方式对亚热带山地土壤影响的研究[J]. 生态学杂志,1996,15(4):19-23.
- [5] 贾忠奎,马履一,徐程扬,等. 北京山区幼龄侧柏林主要林分类型土壤水分及理化特性研究[J]. 水土保持学报,2005,19(3):160-164.

Analysis of Community Environment of North China Larch Plantation and Natural Secondary Forest of *Pinus tabulaeformis* in Mountainous Area of Northern Hebei Province in Different Slope Positions

LIU Chun-li¹, HUANG Xiao-jun^{1,2}, LIU Xiao-bo², ZHAO Na², XU Xue-hua², LI Yu-ling²

(1. Mulan Forestry Administration, Chengde, Hebei 068450; 2. Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000)

Abstract: Taking north China larch plantation and natural secondary forest of *Pinus tabulaeformis* in northern mountain areas of Hebei Province as the research objects, the difference of meteorological factors, site factors in different slope positions were studied. The results showed that the temperature and humidity of north China larch plantation were higher than that of natural secondary forest of *Pinus tabulaeformis*, and the temperature difference was not significant. Larch forest illumination increased as altitude increased gradually, *Pinus tabulaeformis* communities within the highest slope bottom had the highest illumination. With the increase of altitude, variety of water content, saturated water content, relative water content in the same layer soil decreased gradually, the same altitude larch forest plots of each soil moisture indexes were higher than that of *Pinus tabulaeformis*. Of *Pinus tabulaeformis* in soil bulk density, with the increase of soil depth, and along with the increase of altitude, the same level of soil bulk density increased. Larch of inner soil bulk density with soil and elevation changes were not significant. The soil pore types of *Pinus tabulaeformis* decreased with soil depth and altitude increased. Larch kinds of soil void with soil did not change significantly, but along with the increase of altitude change. In the same soil layer, larch forest soil pore was more than *Pinus tabulaeformis* forest. In *Pinus tabulaeformis* forest soil particles decreased with the increase of soil depth, larch forest increased. Pine and larch community slope soil particles were large sample. Soil pH in two forests increased with soil layer increased, soil nutrient content of larch, *Pinus tabulaeformis* forest variety decreased with soil depth increase. The same altitude deciduous forests of organic matter, total nitrogen, total phosphorus, alkaline hydrolysis nitrogen, available potassium content were higher than that of *Pinus tabulaeformis* forest, but available P was the opposite.

Key words: mountainous area of northern Hebei Province; north China larch plantation; natural secondary forest of *Pinus tabulaeformis*; community environment