

吉林省一级期刊
吉林省科技期刊30强
“中国知网”上网期刊
《中国学术期刊网络出版总库》收录期刊
《中文科技期刊数据库》收录期刊
《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊
“万方数据—数字化期刊群”全文上网期刊
《CAJ—规范》执行优秀期刊

ISSN 1005-7129
CN 22-1106/S

吉林林业科技

JOURNAL OF
JILIN FORESTRY SCIENCE AND TECHNOLOGY

第53卷 总第290期
2024
JILIN LINYE KEJI

4

ISSN 1005-7129



目次

PEG-6000 处理下 3 种藁草种子萌发期的耐旱性评价 李英博等(1)

造林密度对辽宁油松幼林生长、土壤理化性质和土壤养分含量的影响 赵博文(5)

欧黑青杨和小黑杨在山地栽培的对比研究 孙红英等(10)

5-ALA 对干旱胁迫下沙棘叶绿素合成和光合作用的影响 武亚琼等(14)

农田防护林林网景观结构定量评价与分析 李杰玲等(21)

舒兰市不同立地因子下的森林质量评价 李 亮等(28)

白山地区自然保护区整合优化方案探析 姚 雪等(33)

氮沉降对森林土壤有机碳矿化影响的研究进展 苗雪松等(38)

吉林省林草信息化建设现状、问题及发展对策 王牧原等(43)

珲春林业有限公司管护用房建设的实践与探析 孙丹月等(46)

本刊声明 (13)

CONTENTS

Drought Resistance Evaluation of Seeds of Three <i>Carex</i> Species during Germination Period under PEG-6000 Treatment	LI Yingbo et al. (1)
Effects of Planting Density on Growth, Soil Physicochemical Properties and Soil Nutrient Content of Young <i>Pinus tabuliformis</i> Forest in Liaoning Province	ZHAO Bowen(5)
Comparative Study on Cultivation of <i>Populus nigra</i> × <i>P. cathayana</i> and <i>Populus simonii</i> × <i>P. nigra</i> cv. Baicheng in Mountain Area	SUN Hongying et al. (10)
Effects of 5-ALA on Chlorophyll Synthesis and Photosynthesis of <i>Hippophae rhamnoides</i> under Drought Stress	WU Yaqiong et al. (14)
Quantitative Evaluation and Analysis of Landscape Structure of Farmland Shelterbelt Network	LI Jieling et al. (21)
Evaluation of Forest Quality under Different Site Factors in Shulan City	LI Liang et al. (28)
Analysis on the Integration and Optimization Scheme of Natural Reserves in Baishan Area	YAO Xue et al. (33)
Research Progress on Effects of Nitrogen Deposition on Forest Soil Organic Carbon Mineralization	MIAO Xuesong et al. (38)
Present Situation, Existing Problems and Development Countermeasures of Forest and Grass Informatization Construction in Jilin Province	WANG Muyuan et al. (43)
Practice and Analysis of the Construction of Management and Protection House of Hunchun Forestry Limited Company	SUN Danyue et al. (46)
Statement	(13)

DOI:10.16115/j.cnki.issn.1005-7129.2024.04.001

文章编号:1005-7129(2024)04-0001-04

中图分类号:S688.4; Q949.4

文献标识码:A

PEG-6000 处理下 3 种藁草种子萌发期的耐旱性评价

李英博, 马盈慧, 杜鹃, 阴晓波, 杨爱国, 王利

(白城市林业科学研究院, 吉林 白城 137000)

摘要:以低矮藁草、矮丛藁草、大披针藁草的种子为试验材料,分别用质量分数 0%(CK)、5%、10%、15%、20%、25% PEG-6000 溶液进行处理,通过测定发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数,评价 3 种藁草种子在萌发期的耐旱性。结果表明:随着 PEG-6000 质量分数的升高,3 种藁草种子的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数均受到不同程度的影响。3 种藁草种子耐旱性由强到弱依次为:大披针藁草>矮丛藁草>低矮藁草。

关键词:藁草属;种子萌发;PEG-6000 处理;耐旱性评价

Drought Resistance Evaluation of Seeds of Three *Carex* Species during Germination Period under PEG-6000 Treatment

LI Yingbo, MA Yinghui, DU Juan, YIN Xiaobo, YANG Aiguo, WANG Li

(Academy of Forestry Science of Baicheng City, Baicheng 137000, China)

Abstract: To evaluate the drought resistance of seeds of three *Carex* species during germination period, the germination rate, germination potential, germination index and vital index of *C. humilis*, *C. callitrichos* var. *nana*, and *C. lanceolata* were measured under PEG-6000 solution treatment with the mass fraction of 0% (CK), 5%, 10%, 15%, 20% and 25%. The results showed that the germination rate, germination potential, germination index, and vital index of seeds of three *Carex* species were affected with the increase of the mass fraction of PEG-6000. The drought resistance of seeds of three *Carex* species was as follows: *C. lanceolata* > *C. callitrichos* var. *nana* > *C. humilis*.

Keywords: *Carex*; seed germination; PEG-6000 treatment; drought resistance evaluation

藁草属(*Carex*)是莎草科(Cyperaceae)中最大的一个属,该属植物种类繁多,几乎遍布世界各地,约有 2 000 种,我国有近 500 种^[1]。藁草作为我国乡土草种,是一类理想的冷季型观赏草,具有返青早、叶色常绿、枯黄期晚、适应性强等优良特性^[2]。目前对于藁草属植物逆境萌发的研究仅见 PEG 胁迫对寸藁草

(*C. duriuscula*)、十字藁草(*C. cruciata*)和青绿藁草(*C. breviculmis*)生长的影响^[3-5],对东北地区常见的藁草属植物萌发耐旱性评价研究较少。本研究以东北地区常见的 3 种藁草属植物为研究对象,包括低矮藁草(*C. humilis*)、矮丛藁草(*C. callitrichos* var. *nana*)和大披针藁草(*C. lanceolata*),观测不同质量分数 PEG-6000

收稿日期:2024-02-29

第一作者简介:李英博(1996—),男,吉林白城人,研究实习员,硕士研究生,主要从事草地栽培与逆境生理方面的研究,E-mail:1669905136@qq.com。

通信作者简介:王利(1988—),女,吉林农安人,助理研究员,硕士研究生,主要从事植物抗性研究,E-mail:805113743@qq.com。

溶液处理下 3 种藁草种子各项萌发指标的变化情况,同时对 3 种藁草种子的耐旱能力进行综合评价,以期为东北地区藁草属植物的园林绿化及观赏草坪应用提供理论依据和数据支持。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2023 年 12 月在白城市林业科学研究院人工气候培养箱(MGZ-200L-2S)内进行,供试材料低矮藁草、矮丛藁草、大披针藁草种子购自江苏省沐阳县花趣园艺有限公司。

1.2 试验设计

选取均匀饱满的种子,用 0.4 % 高锰酸钾溶液消毒 10 min 后,用蒸馏水冲净。将 PEG-6000 溶液质量分数设置为 0 % (CK)、5 %、10 %、15 %、20 %、25 % 6 个水平。将经过消毒处理的种子分别置于铺有 2 层滤纸的培养皿中,在每个培养皿中均匀地放置 30 粒,然后分别加入 5 mL 处理液,每个处理重复 3 次。最后置于人工气候培养箱中,在 24 ℃、光照 12 h/黑暗 12 h 条件下培养 14 d。自第 2 天起每隔 24 h 统计 1 次发芽率,每 2 天更换 1 次滤纸,以保证培养皿内溶液的渗透势恒定,以胚根冲破种皮 1 mm 作为种子发芽的标准。

1.3 指标测定方法和耐旱性综合评价

1.3.1 指标测定

发芽率(GP)/% = (14 d 内萌发的种子数/供试种子数)×100。

发芽势(GE)/% = (7 d 内萌发的种子数/供试种子数)×100。

发芽指数(GI) = $\sum (G_t/D_t)$ 。式中: G_t 为第 t 天发芽的种子数; D_t 为相应的发芽天数。

活力指数(VI) = GI×RL。式中:RL 为胚根长/cm。

1.3.2 耐旱性综合评价

采用隶属函数法^[6],对 3 种藁草种子萌发时的耐旱性进行综合评价,计算方法为:

$$Y_{ij} = (X_{ij} - X_{imin}) / (X_{imax} - X_{imin}) \quad (1)$$

$$Y_{ij} = 1 - (X_{ij} - X_{imin}) / (X_{imax} - X_{imin}) \quad (2)$$

式中: X_{ij} 为 i 种类 j 的指标值; X_{jmin} 为试验种类中 j 指标中的最小值; X_{jmax} 为试验种类中 j 指标中的最大值; Y_{ij} 为 i 种类 j 指标的抗性隶

属值。

当测定指标与耐旱性成正比时使用公式(1),当测定指标与耐旱性成反比时使用公式(2)。

耐旱性隶属值的平均值 $\bar{Y}_{ij} = \sum Y_{ij} / n$ 。式中: n 为指标数量。 \bar{Y}_{ij} 越大抗性越强。

1.4 数据处理

采用 SPSS 22 软件对数据进行统计分析,采用双因素分析法和 LSD 法进行方差分析(显著性水平设定为 $P < 0.05$),采用 Excel 2019 软件制图。

2 结果与分析

2.1 PEG-6000 溶液处理对 3 种藁草种子发芽率和发芽势的影响

从表 1 中可以看出,在 PEG-6000 溶液处理下 3 种藁草种子发芽率均受到不同程度的抑制。当 PEG-6000 溶液质量分数为 5 % 时,与 CK 相比,矮丛藁草种子发芽率下降了 3.11 %,但低矮藁草和大披针藁草种子发芽率显著升高,说明低质量分数的 PEG-6000 溶液处理对这 2 种藁草种子萌发起了一定的促进作用。当 PEG-6000 溶液质量分数超过 5 % 时,3 种藁草种子发芽率均呈下降趋势,各处理间差异显著($P < 0.05$)。当 PEG-6000 溶液质量分数为 25 % 时,低矮藁草发芽率为 0,而矮丛藁草和大披针藁草的发芽率分别为 18.33 %、35.55 %。

随着 PEG-6000 溶液质量分数的升高,矮丛藁草种子的发芽势总体呈下降趋势,而低矮藁草和大披针藁草的种子发芽势分别呈降-升-降和先升后降的趋势(见表 1)。CK 组矮丛藁草的发芽势显著高于其他 2 个种类。当 PEG-6000 溶液质量分数为 10 % 时,相比 CK,低矮藁草和大披针藁草的发芽势分别升高了 11.11 %、54.54 %,矮丛藁草的发芽势下降了 44.47 %。试验结果表明,3 种藁草种子各处理组的发芽势均与 CK 差异显著($P < 0.05$),大披针藁草的发芽势在各处理下均显著高于低矮藁草与矮丛藁草。当 PEG-6000 溶液质量分数为 25 % 时,低矮藁草种子的发芽势为 0,而矮丛藁草和大披针藁草的发芽势分别为 2.67 %、7.67 %。

表 1 PEG-6000 处理对 3 种藁草种子萌发指标的影响

Tab. 1 Effects of PEG-6000 treatment on seeds germination indicators of three *Carex* species

种类	PEG-6000 溶液 质量分数/%	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	活力指数
低矮藁草	CK	21.15 ± 0.03 b	7.47 ± 0.03 b	9.65 ± 0.07 a	51.60 ± 5.45 a
	5	25.53 ± 0.04 a	5.57 ± 0.02 d	8.92 ± 0.03 b	29.59 ± 4.14 b
	10	18.78 ± 0.02 c	8.30 ± 0.02 a	5.92 ± 0.03 c	13.45 ± 0.90 c
	15	17.32 ± 0.02 d	6.37 ± 0.05 c	4.32 ± 0.03 d	7.33 ± 0.23 d
	20	10.15 ± 0.05 e	2.04 ± 0.05 e	4.12 ± 0.05 e	4.35 ± 0.96 d
	25	0	0	0	0
矮丛藁草	CK	53.67 ± 0.05 a	15.00 ± 0.03 a	31.27 ± 4.45 a	115.25 ± 11.32 a
	5	52.00 ± 0.01 a	13.00 ± 0.01 ab	22.34 ± 4.11 b	89.57 ± 8.95 b
	10	45.67 ± 0.08 ab	8.33 ± 0.08 bc	21.21 ± 4.63 b	65.52 ± 12.14 c
	15	35.00 ± 0.01 c	9.00 ± 0.08 bc	19.98 ± 0.81 b	43.66 ± 6.35 d
	20	39.67 ± 0.06 bc	6.00 ± 0.06 cd	18.42 ± 0.97 b	28.55 ± 4.91 e
	25	18.33 ± 0.06 d	2.67 ± 0.05 d	3.11 ± 1.33 c	4.20 ± 0.69 f
大披针藁草	CK	65.00 ± 0.01 b	11.00 ± 0.01 d	17.37 ± 0.86 cd	65.59 ± 8.39 b
	5	75.38 ± 0.03 a	21.67 ± 0.06 a	21.49 ± 0.45 a	83.26 ± 0.95 a
	10	61.57 ± 0.06 c	17.00 ± 0.01 b	18.88 ± 0.54 b	60.99 ± 2.26 b
	15	57.99 ± 0.09 d	13.67 ± 0.06 c	17.81 ± 0.25 c	43.54 ± 1.82 c
	20	41.04 ± 0.08 e	10.67 ± 0.06 d	16.76 ± 0.69 d	30.33 ± 3.02 d
	25	35.55 ± 0.04 f	7.67 ± 0.08 e	13.38 ± 0.36 e	22.16 ± 0.87 e

注:同列不同小写字母表示同一种类不同处理间差异显著($P < 0.05$)。

2.2 PEG-6000 处理对 3 种藁草种子发芽指数和活力指数的影响

从表 1 中可以看出,随着 PEG-6000 溶液质量分数的升高,低矮藁草和矮丛藁草的发芽指数随之降低,而大披针藁草的发芽指数呈先升后降的趋势。在各处理下 3 种藁草的发芽指数与 CK 相比均差异显著($P < 0.05$)。当 PEG-6000 溶液质量分数为 5 % 时,相比 CK,低矮藁草和矮丛藁草的发芽指数分别下降 7.56 %、28.56 %,而大披针藁草的发芽指数升高了 23.72 %。当 PEG-6000 溶液质量分数为 5 %~20 % 时,矮丛藁草的发芽指数呈持续下降趋势,但下降幅度较小,没有形成显著差异。当 PEG-6000 溶液质量分数为 25 % 时,低矮藁草的发芽指数为 0,而矮丛藁草和大披针藁草的发芽指数分别为 3.11、13.38。

低矮藁草和矮丛藁草种子活力指数随着 PEG-6000 溶液质量分数的升高,均呈下降趋

势(见表 1),其下降幅度不同,但是大披针藁草种子活力指数呈先升后降的趋势。CK 组中矮丛藁草和大披针藁草的种子活力指数显著高于低矮藁草。当 PEG-6000 溶液质量分数为 5 % 时,与 CK 相比,低矮藁草和矮丛藁草种子活力指数降幅分别为 42.66 %、22.28 %,而大披针藁草种子活力指数增幅为 26.94 %。试验结果表明,3 种藁草的活力指数与 CK 相比均差异显著($P < 0.05$)。当 PEG-6000 溶液质量分数为 25 % 时,低矮藁草活力指数为 0,而矮丛藁草和大披针藁草的活力指数分别为 4.20、22.16。

2.3 双因素差异比较与耐旱性综合评价

PEG-6000 溶液质量分数与藁草种类双因素方差分析结果见表 2。PEG-6000 溶液质量分数、藁草种类及两者的交互作用对 3 种藁草种子的发芽率、发芽势、发芽指数及活力指数的影响均达到极显著水平($P < 0.01$)。

表 2 PEG-6000 溶液质量分数、藁草种类和两者交互对 3 种藁草种子萌发影响的双因素分析

Tab. 2 Two-factor analysis of effects of the mass fraction of PEG-6000 solution, species of *Carex* and their interaction on seeds germination of three *Carex* species

指标	PEG-6000 溶液质量分数		藁草种类		PEG-6000 溶液质量分数×藁草种类	
	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
发芽率	36.845	< 0.01	198.06	< 0.01	27.76	< 0.01
发芽势	30.103	< 0.01	88.863	< 0.01	6.672	< 0.01
发芽指数	28.059	< 0.01	113.242	< 0.01	9.598	< 0.01
活力指数	75.681	< 0.01	85.982	< 0.01	14.05	< 0.01

不同质量分数 PEG-6000 溶液处理下 3 种藁草种子的各项萌发指标隶属函数值见表 3。低矮藁草、矮丛藁草和大披针藁草的平均隶属

函数值分别为 0.486、0.494 和 0.552,因此 3 种藁草种子的耐旱性由强到弱依次为:大披针藁草>矮丛藁草>低矮藁草。

表 3 PEG-6000 处理下 3 种藁草种子萌发指标的隶属函数值

Tab. 3 Membership function values of seeds germination indicators of three *Carex* species under PEG-6000 treatment

指标	隶属函数值		
	低矮藁草	矮丛藁草	大披针藁草
发芽率	0.524	0.549	0.634
发芽势	0.425	0.625	0.514
发芽指数	0.522	0.446	0.578
活力指数	0.472	0.358	0.483
平均值	0.486	0.494	0.552

3 结论与讨论

干旱胁迫通常会影响种子萌发的数量和速度,也会使植物内部细胞中生成各种活性氧,扰乱植物正常生长,PEG-6000 作为一类高分子渗透剂,广泛应用于植物耐旱性的评价,其质量分数越高,种子受到的干旱胁迫程度越强,大部分草种萌发受到抑制^[7, 8]。在干旱胁迫下,种子发芽率的变化能直观体现其耐旱性的强弱,通常随着 PEG 溶液质量分数增加,草种的发芽率呈下降趋势,但也有研究表明,低质量分数的 PEG 溶液处理会促进草种的萌发,如卢前成等^[9]研究发现,5 % PEG-6000 溶液处理对无芒雀麦种子萌发有促进作用。本试验中,5 % PEG-6000 溶液处理对低矮藁草和大披针藁草种子的萌发起到促进作用,发芽率显著高于 CK,研究结果与前人一致。

不同植物对 PEG 胁迫的响应程度不尽相同,如在对 5 种苜蓿的研究中,耐旱性较弱的品种在 25 % PEG 胁迫处理下其发芽率降幅高达 98.7 %,而耐旱性较强品种“甘农三号”的降幅

为 60.8 %,差异显著^[10]。本研究发现,25 % PEG-6000 溶液胁迫处理下,低矮藁草不发芽,而矮丛藁草的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数与 CK 相比分别下降了 65.85 %、82.20 %、90.05 %和 96.36 %,大披针藁草分别下降了 45.31 %、30.27 %、22.97 %和 66.21 %,与前人研究结果基本一致。本试验研究发现,3 种藁草种子在萌发期对干旱环境较为敏感,因此,在东北地区春季播种后应确保足够的水分供应。

不同质量分数 PEG-6000 溶液处理和不同藁草种类的双因素分析结果表明,不同 PEG-6000 溶液质量分数、不同藁草种类以及两者的交互作用均对 3 种藁草的种子萌发影响显著。

干旱胁迫是一个复杂的过程,对植物造成的伤害是多方面的,不同植物对干旱胁迫的抗性响应也有所不同,仅仅采用某一种指标难以全面有效地评价其耐旱性,因此,通过综合评价可以更全面客观地反映植物抗性。而隶属函数法就是对植物抗性进行综合评价的有效方法之一。魏江彤^[11]采用隶属函数法(下转第 48 页)

DOI:10.16115/j.cnki.issn.1005-7129.2024.04.002

文章编号:1005-7129(2024)04-0005-05

中图分类号:S791.254; S714.2

文献标识码:A

造林密度对辽宁油松幼林生长、土壤理化性质和土壤养分含量的影响

赵博文

(辽宁省林业发展服务中心, 辽宁 沈阳 110031)

摘要:以 3 年生油松为研究对象,设置 5 个密度梯度 $1.0\text{ m} \times 1.0\text{ m}$ 、 $1.0\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ 、 $1.5\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ 、 $1.5\text{ m} \times 2.0\text{ m}$ 和 $2.0\text{ m} \times 2.0\text{ m}$ 造林,3 年后测定树高、胸径、冠幅、郁闭度、土壤理化性质及土壤养分含量。结果表明:胸径、树高和冠幅生长量随造林密度的降低呈先增加后趋于稳定的趋势,并在 $1.5\text{ m} \times 2.0\text{ m}$ 密度时,胸径、树高和冠幅的生长量均达到最大值。通过回归方程分析,胸径、树高和冠幅的生长量与造林密度均呈负相关。从根际环境土壤理化性质和养分含量来看, $1.5\text{ m} \times 2.0\text{ m}$ 和 $2.0\text{ m} \times 2.0\text{ m}$ 2 个密度之间的土壤容重、孔隙度、有机质含量、速效氮含量、速效磷含量、速效钾含量差异未达到显著水平,但显著优于其他 3 个密度,降低造林密度可以改善土壤的理化性质,降低了土壤容重,提高了土壤通透性和养分含量。由此认定,在营造油松人工林时,造林密度不宜高于 $1.5\text{ m} \times 2.0\text{ m}$ 。

关键词:造林密度;油松;林木生长;土壤养分;理化性质

Effects of Planting Density on Growth, Soil Physicochemical Properties and Soil Nutrient Content of Young *Pinus tabuliformis* Forest in Liaoning Province

ZHAO Bowen

(Forestry Development Service Center of Liaoning Province, Shenyang 110031, China)

Abstract: Taking 3-year-old *Pinus tabuliformis* as the research object, 5 density gradients of $1.0\text{ m} \times 1.0\text{ m}$, $1.0\text{ m} \times 1.5\text{ m}$, $1.5\text{ m} \times 1.5\text{ m}$, $1.5\text{ m} \times 2.0\text{ m}$ and $2.0\text{ m} \times 2.0\text{ m}$ were set up for afforestation. After 3 years, tree height, DBH, crown width, canopy density, soil physicochemical properties and soil nutrient content were measured. The results showed that the increments of DBH, tree height and crown width increased first and then tended to be stable with the decrease of planting density. The increments of DBH, tree height and crown width reached the maximum at the density of $1.5\text{ m} \times 2.0\text{ m}$. Through regression equation analysis, the increments of DBH, tree height and crown width were negatively correlated with planting density. From the perspective of the physicochemical properties and nutrient content of the rhizosphere soil, there were no significant differences in soil bulk density, porosity, organic matter content, available nitrogen content, available phosphorus content and available potassium content between the two densities of $1.5\text{ m} \times 2.0\text{ m}$ and $2.0\text{ m} \times 2.0\text{ m}$, but the soil properties with the two densities were significantly better than those with the other three densities. Reducing the planting density could improve the soil physicochemical properties, reduce the soil bulk density, and increase soil permeability and soil nutrient content. Therefore, it was concluded that the planting density should not be higher than $1.5\text{ m} \times 2.0\text{ m}$ when constructing *Pinus tabuliformis* plantation.

Keywords: planting density; *Pinus tabuliformis*; tree growth; soil nutrient; physicochemical properties

收稿日期:2024-02-29

作者简介:赵博文(1990—),男,辽宁沈阳人,高级工程师,主要从事森林保护和林业生态工程方面的研究,E-mail:hhjdsa123456@163.com。

人工林是通过人工措施形成的森林,是天然林的有效补充。我国的人工林面积居世界首位,但受历史原因的影响,我国的人工林存在结构简单、种植密度不合理等问题,严重阻碍了林业生态建设的健康发展^[1]。有研究表明,合理的造林密度可改变光照强度和林内湿度,提高土壤养分利用率,从而促进幼林生长,改善林下生物群落结构,提高林分更新能力,实现森林生态系统功能自我恢复^[2, 3]。杨曾奖等^[4]研究认为细叶桉造林密度 $2\ 500\text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 最佳,其树高、胸径较其他造林密度显著增加,但有关造林密度对人工林苗木生长和根际土壤理化性质影响的研究较少。为此,本文以油松为研究对象,探讨了不同造林密度对油松生长、根际土壤理化性质和土壤养分含量的影响,以期提高人工林营林造林质量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于沈阳市苏家屯区马耳山,为千山余脉,主峰海拔 330.8m ,是沈阳南部最高峰。土壤类型主要有地带性土壤——暗棕壤,非地带性土壤——草甸土、沼泽土,暗棕壤占 81% 。该地区属温带半湿润大陆性气候,年平均气温 8.3℃ ,年均降水量 500mm ,年无霜期 183d 左右。受季风影响,该地区降水集中、温差较大、四季分明。

1.2 试验设计

采用完全随机设计,设置 5 个造林密度,分别为 $1.0\text{m}\times 1.0\text{m}$ (T1; $10\ 000\text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$), $1.0\text{m}\times 1.5\text{m}$ (T2; $6\ 667\text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$), $1.5\text{m}\times 1.5\text{m}$ (T3; $4\ 444\text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$), $1.5\text{m}\times 2.0\text{m}$ (T4; $3\ 333\text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$) 和 $2.0\text{m}\times 2.0\text{m}$ (T5; $2\ 500\text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$)。每个处理各设置 $20\text{m}\times 30\text{m}$ 的样地,每块样地之间的距离大于 30m ,重复 3 次,其他管理相同。

1.3 测定方法

1.3.1 油松生长指标的测定

2020 年 4 月 18 日选取 3 年生油松容器苗(2017 年育苗)进行移植,移植后在每块样地中间位置选择 10 株油松并测量树高、胸径、冠幅^[5]。2023 年 10 月再次测量并记录该 10 株油松的树高、胸径、冠幅和郁闭度。

1.3.2 油松根际环境土壤理化性质及养分的

测定

2023 年 10 月测定油松土壤理化性质和养分。

1.3.2.1 土壤理化性质的测定

先清理土壤表层的枯枝落叶、灌木和草本植被,按照“Z”型取土法,每个处理取 $0\sim 40\text{cm}$ 土层土壤 2kg 放入灭菌土壤袋内,密封并编号后带回实验室,采用环刀法测定土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度^[6];土壤 pH 采用 pH 计法测定。

1.3.2.2 土壤养分的测定

将土壤自然阴干后过 2mm 孔径土壤筛,采用土壤农化分析方法测定土壤养分含量^[7]。土壤有机质测定采用硫酸-重铬酸钾氧化法;土壤全氮的测定采用硫酸-高氯酸消煮-定氮仪蒸馏滴定法;土壤速效氮的测定采用碱解扩散皿法;土壤速效磷的测定采用钼锑抗比色法;土壤速效钾的测定采用火焰光度计法。

1.4 统计与分析

采用 Excel 2007 和 SPSS 18.0 软件进行试验数据的处理和分析。用 LSD 方法进行多重比较, $P < 0.05$ 具有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 造林密度对油松幼林生长的影响

从表 1 中可以看出,随着造林密度的降低,幼林胸径生长量、树高生长量均呈现先增加后趋于稳定的趋势。本试验条件下,T4 处理的胸径生长量和树高生长量达到最大值,分别为 0.83cm 、 0.99m ,分别比 T1 处理增加了 36.07% 、 73.68% ,比 T2 处理增加了 22.06% 、 57.14% ,差异均达到显著水平。与 T3、T5 处理相比,T4 处理的胸径生长量、树高生长量虽略有增加,但差异未达到显著水平。冠幅生长量随着造林密度的降低呈逐渐增加趋势,当降低到一定密度后,造林密度对冠幅的影响逐渐减弱,以 T4 处理最高。与 T1 处理相比,T4 处理的冠幅生长量增加了 64.58% ,差异显著;与 T2、T3、T5 处理相比,差异未达到显著水平。

人工林的郁闭度随着造林密度的降低而逐渐降低,T1 处理的郁闭度最高,比 T3、T4、T5 处理分别增加了 21.62% 、 25.00% 、 28.57% ,差异显著;T1 与 T2 处理相比,差异未达到显著

水平。

由此可见,不同造林密度对人工林林木生长的影响差异显著,低密度有利于促进胸径、树高和冠幅的生长,降低人工林的郁闭度,本试验条件下以 T4 处理效果最佳。

表 1 造林密度对油松幼林生长量的影响

Tab. 1 Effect of the planting density on the growth of young <i>Pinus tabuliformis</i> forest				
造林密度	胸径生长量/cm	树高生长量/m	冠幅生长量/m	郁闭度
T1	0.61±0.02 c	0.57±0.08 b	0.48±0.05 b	0.45±0.03 a
T2	0.68±0.04 b	0.63±0.02 b	0.65±0.07 ab	0.42±0.02 a
T3	0.77±0.03 a	0.77±0.07 ab	0.78±0.05 a	0.37±0.01 b
T4	0.83±0.05 a	0.99±0.17 a	0.79±0.07 a	0.36±0.03 b
T5	0.75±0.03 a	0.71±0.05 ab	0.74±0.04 a	0.35±0.03 b

注:树高、胸径、冠幅生长量是指 2023 年与 2020 年测量结果的差值;同列中不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$),下同。

2.2 造林密度与油松幼林生长量的关系

从图 1 中可以看出,造林密度与胸径、树高和冠幅生长量呈显著的负相关关系。随着造林密度的增加,胸径、树高和冠幅生长量呈逐渐降低趋势。胸径生长量与造林密度之间回归方程为 $y = -0.000\ 4x + 0.849\ 7, R^2 = 0.817\ 2, P < 0.01$;树高生长量与造林密度之间回归方程为

$y = -0.000\ 5x + 0.912\ 4, R^2 = 0.482\ 0, P < 0.01$;冠幅生长量与造林密度之间回归方程为 $y = -0.000\ 6x + 0.885\ 3, R^2 = 0.934\ 9, P < 0.01$ 。造林密度增加,会影响林木生长的营养生长空间,林木间相互挤压抑制了胸径、树高和冠幅生长,造成胸径、树高和冠幅生长量变小。

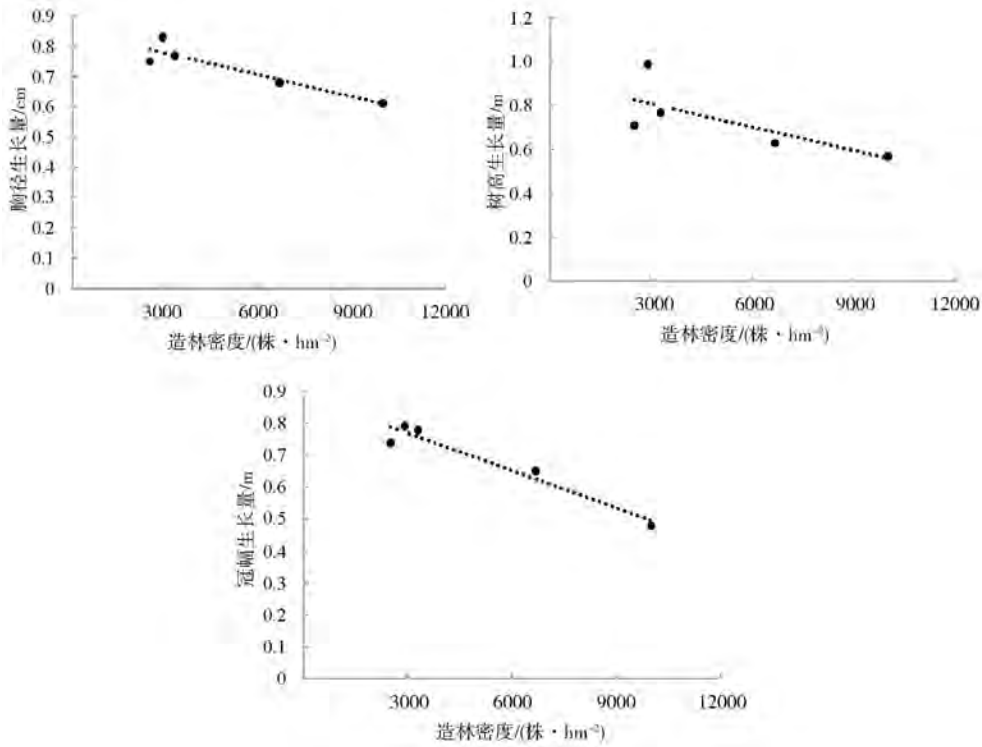


图 1 造林密度与油松幼林生长量的关系

Fig. 1 Relationship between the planting density and the increment of young *Pinus tabuliformis* forest

2.3 造林密度对油松幼林根际环境土壤理化性质的影响

从表 2 中可以看出,随着造林密度的降低,土壤容重逐渐降低后趋于稳定。其中 T4、T5 处理的土壤容重较低,分别为 $1.32\text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 、 $1.31\text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。与 T1 处理相比,T4、T5 处理的

土壤容重分别降低了 11.41 %、12.08 %;与 T2 处理相比,分别降低了 8.33 %、9.03 %,差异均达到显著水平。与 T3 处理相比,T4 和 T5 处理的土壤容重略有降低,但差异未达到显著水平。孔隙度随造林密度的降低逐渐增加后趋于稳定。其中 T4 处理的总孔隙度和毛管孔隙度最大,达到 59.31 %、49.64 %,与 T1 处理相比,分别增加了 8.21 %、6.89 %,差异均达到显著水平;与 T2、T3 和 T5 处理相比,差异不显著。非毛管孔隙度 T5 处理最大,与 T1、T2 处理相比,

增加了 17.80 %、12.81 %,差异均达到显著水平;与 T3 和 T4 处理相比,T5 处理土壤非毛管孔隙度虽略有增加,但差异未达到显著水平。

土壤酸碱度是影响植物生长的重要指标,降低造林密度可以明显降低土壤 pH,但本试验条件下各造林密度的土壤 pH 差异不显著。

由此可见,降低造林密度可以改善土壤的理化性质,降低土壤容重,提高土壤通透性,并以 T4 处理效果最佳。

表 2 造林密度对油松幼林根际土壤理化性质的影响

Tab. 2 Effect of the planting density on the physicochemical properties of rhizosphere soil of young *Pinus tabuliformis* forest

造林密度	土壤容重/(g·cm ⁻³)	总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	pH
T1	1.49±0.06 a	54.81±1.24 b	46.44±1.03 b	8.37±0.25 b	6.74±0.31 a
T2	1.44±0.04 ab	56.68±2.37 ab	47.95±1.18 ab	8.74±0.12 b	6.52±0.27 a
T3	1.38±0.04 abc	56.79±2.61 ab	47.33±1.56 ab	9.46±0.09 a	6.54±0.19 a
T4	1.32±0.05 c	59.31±3.12 a	49.64±2.21 a	9.67±0.27 a	6.35±0.22 a
T5	1.31±0.06 c	59.19±2.86 a	49.33±2.03 a	9.86±0.33 a	6.27±0.35 a

2.4 造林密度对油松幼林土壤养分含量的影响

土壤有机质和氮、磷、钾等大量元素的含量是衡量土壤肥力高低的重要指标,能够为植物生长提供必要的营养元素。从表 3 中可以看出,随着造林密度的降低,土壤有机质、全氮、速效氮、速效磷、速效钾含量均呈先增加后降低趋势,T4 处理的土壤有机质、全氮、速效氮、速效磷、速效钾含量最高,分别达到 73.96 g·kg⁻¹、3.00 g·kg⁻¹、189.71 mg·kg⁻¹、96.09 mg·kg⁻¹、324.28 mg·kg⁻¹,显著高于 T1 处理,分别增加

了 32.28 %、17.65 %、70.08 %、26.23 %、39.15 %,差异显著;与 T3 和 T5 处理相比,T4 处理的土壤有机质、全氮、速效氮、速效磷、速效钾含量略有增加,但差异未达到显著水平。与 T2 处理相比,T4 处理的土壤速效磷含量增加了 20.20 %,差异显著;土壤有机质、全氮、速效氮和速效钾含量差异不显著。

由此可见,降低造林密度能够显著提高土壤养分含量,T4 处理效果最佳。

表 3 造林密度对油松幼林土壤养分含量的影响

Tab. 3 Effect of the planting density on the soil nutrient content of young *Pinus tabuliformis* forest

造林密度	有机质含量 /(g·kg ⁻¹)	全氮含量 /(g·kg ⁻¹)	速效氮含量 /(mg·kg ⁻¹)	速效磷含量 /(mg·kg ⁻¹)	速效钾含量 /(mg·kg ⁻¹)
T1	55.91±7.76 b	2.55±0.07 b	111.54±18.72 b	76.12±5.26 b	233.05±19.36 c
T2	66.14±1.87 ab	2.72±0.08 ab	157.20±28.14 ab	79.94±2.87 b	268.31±18.93 abc
T3	72.35±2.34 a	2.79±0.11 ab	180.74±20.45 a	87.38±3.92 ab	281.11±22.54 ab
T4	73.96±2.15 a	3.00±0.06 a	189.71±21.98 a	96.09±5.23 a	324.28±28.71 a
T5	68.68±3.21 ab	2.96±0.17 a	182.27±19.27 a	93.52±4.12 a	313.68±30.92 a

3 结论与讨论

造林密度是影响植物生长的主要因子之

一,通过调整林分密度可促进人工林的生长发育,从而达到速生、丰产、优质的目的。影响造林密度的因素有很多,如植物的品种、土壤养分

含量和人工林林龄等^[8]。本试验以油松幼林作为研究对象,造林密度与胸径、树高和冠幅生长量呈显著的负相关关系。随着造林密度的增加,胸径、树高和冠幅生长量呈逐渐降低趋势。本试验条件下以 1.5 m × 2.0 m 造林密度效果最佳,能够显著促进树高、胸径、冠幅生长,这与张硕^[9]的研究结果相似。这是因为降低造林密度后,单位面积的立木数量减少,个体所拥有的生长空间变大,接受光、水、肥等资源充足,植株生长良好;随着造林密度的增大,植株对资源的竞争加剧,田间通风透光条件和小气候环境变差,进而影响了树高、胸径、冠幅和根系的生长^[10]。

土壤作为森林的主要生态因子之一,为植物生长提供水分和营养。土壤容重和孔隙度是反映土壤物理性质的重要指标,土壤容重与土壤孔隙度关系密切,土壤容重小,表明土壤比较疏松,孔隙多。反之,土壤容重大,表明土壤比较紧实,结构性差,孔隙少^[11]。土壤持水能力是森林水源涵养、调节水循环功能的主要指标之一,毛管孔隙度的大小反映土壤保水能力,非毛管孔隙度的大小反映土壤蓄水能力。试验结果表明,降低造林密度能够有效降低土壤的容重,增加土壤孔隙度,这与蔺鑫等^[12]研究结果相似。这是因为造林密度过大时,林木个体间存在竞争,影响了根系的生长发育,而造林密度过小时,影响林下植物的多样性,进而影响林木对土壤的改良作用,因此,在营造人工林时,选择良好的造林密度模式有利于保持较好的土壤通气性^[13]。

土壤有机质与氮、磷、钾三大主要元素是植物生长的养分来源,而速效氮、速效磷、速效钾能够被植物直接吸收利用,是土壤肥力的主要组成部分,也是植物生长发育的关键^[14]。本试验条件下,T3、T4 和 T5 处理的土壤有机质、全氮、速效氮、速效磷、速效钾含量差异未达到显著水平,但与 T1 处理相比,T4 处理的土壤养分含量显著增加;而 T5 处理的有机质含量、T3 处理的全氮和速效磷含量与 T1 处理相比,差异未达到显著水平。

综上所述,降低油松人工林林分密度,可使林间通风透光条件变好,改善土壤物理性质,增

加非毛管孔隙度,增强林下土壤储水能力,提高土壤肥力,增加土壤有机质含量,对促进林木生长具有积极作用,本试验条件下的造林密度以 1.5 m × 2.0 m (3 333 株 · hm⁻²) 效果最佳。本试验仅对幼林进行了相关研究,但随着林龄的增加,如何通过抚育间伐措施,筛选出中龄林和成熟林的最佳造林密度尚待进一步研究。

参考文献

- [1] 易晓冬. 沙县栎大杉不同造林密度对生长影响初步研究[J]. 绿色科技, 2019(9): 196-198.
- [2] 徐慧兰, 颜培栋, 杨章旗. 造林密度对 15 年生马尾松生长和材性的影响[J]. 森林与环境学报, 2020, 40(5): 505-511.
- [3] 康永武, 罗宁, 欧建德. 造林密度对南方红豆杉人工林生长性状的影响[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2017, 37(3): 47-52.
- [4] 杨曾奖, 徐大平, 张宁南, 等. 细叶桉造林密度试验初报[J]. 生态环境, 2003, 12(4): 446-448.
- [5] 叶尚红. 植物生理生化实验教程[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2004.
- [6] 胡慧蓉, 王艳霞. 土壤学实验指导教程[M]. 第 2 版. 北京: 中国林业出版社, 2020.
- [7] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [8] 尤文忠, 赵刚, 张慧东, 等. 抚育间伐对蒙古栎次生林生长的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(1): 56-64.
- [9] 张硕. 间伐对油松人工林生长和水分利用效率的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- [10] 刘丽丽. 不同林分密度对云杉人工林生长的影响[J]. 特种经济动植物, 2023, 26(2): 43-44, 65.
- [11] 丁绍兰, 杨宁贵, 赵串串, 等. 青海省东部黄土丘陵区主要林型土壤理化性质[J]. 水土保持通报, 2010, 30(6): 1-6.
- [12] 蔺鑫, 李想, 王安宁, 等. 冀东滨海盐碱地造林密度对白榆生长和土壤理化性质的影响[J]. 西北林学院学报, 2018, 33(5): 66-74.
- [13] 李鹏, 陈璇, 杨章旗, 等. 不同密度马尾松人工林枯落物输入对土壤理化性质的影响[J]. 水土保持学报, 2022, 36(2): 368-377.
- [14] 李雪, 王静, 张静, 等. 林龄和林分密度对华北落叶松人工林土壤养分和细菌群落的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2022, 42(10): 83-92.

(本篇专家编审:陈建军)

DOI:10.16115/j.cnki.issn.1005-7129.2024.04.003

文章编号:1005-7129(2024)04-0010-04

中图分类号:S792.11

文献标识码:A

欧黑青杨和小黑杨在山地栽培的对比研究

孙红英¹, 刘云良², 董春利³, 山海涛⁴, 刘 锋⁵

(1. 四平市林业科学研究院, 吉林 四平 136001; 2. 四平市铁东区林业和水利局, 吉林 四平 136001; 3. 四平市产品质量检验院, 吉林 四平 136001; 4. 吉林长白山森工集团安图林业有限公司, 吉林 延边 133600; 5. 四平市国有林总场, 吉林 四平 136002)

摘要:对栽植在四平市铁东区山地不同坡位的 21 年生小黑杨和欧黑青杨进行材积生长对比试验。结果表明:品种杨对水分的需要更重于对土壤养分的需要,其人工林抚育浇水重于施肥;品种杨通常适宜在平地 and 山坡下腹地栽培,而对于速生的欧黑青杨适于在平地 and 山坡中腹、下腹部位栽培。

关键词:小黑杨;欧黑青杨;平阶台地;山坡地;生长对比

Comparative Study on Cultivation of *Populus nigra* × *P. cathayana* and *Populus simonii* × *P. nigra* cv. Baicheng in Mountain Area

SUN Hongying¹, LIU Yunliang², DONG Chunli³, SHAN Haitao⁴, LIU Feng⁵

(1. Academy of Forestry Science of Siping City, Siping 136001, China; 2. Forestry and Water Resources Bureau of Tiedong District in Siping City, Siping 136001, China; 3. Product Quality Inspection Academy of Siping City, Siping 136001, China; 4. Antu Forestry Limited Company of Changbai Mountain Forest Industry Group of Jilin Province, Yanbian 133600, China; 5. State-owned Forest Farm of Siping City, Siping 136002, China)

Abstract: The volume growths of 21-year-old *Populus simonii* × *P. nigra* cv. Baicheng and *Populus nigra* × *P. cathayana* cultivated in mountain area in Tiedong District of Siping City were compared. The results showed that the water requirement of poplar varieties was more important than the soil nutrient requirement. Watering in tending poplar plantation was more important than fertilization. Poplar varieties were usually suitable for cultivation on flat land and lower part of the hillside. *Populus nigra* × *P. cathayana* was suitable for cultivation on flat land and middle and lower parts of the hillside.

Keywords: *Populus simonii* × *P. nigra* cv. Baicheng; *Populus nigra* × *P. cathayana*; platform shaped stepped ground; hillside land; growth comparison

2003 年 4 月在四平市铁东区石岭镇丘陵山地分别开展了小黑杨 (*Populus simonii* × *P. nigra* cv. Baicheng) 和欧黑青杨 (*Populus nigra* × *P. cathayana*) 1 年生全株苗造林^[1],初植株行距 2.5 m × 2.5 m,在幼龄阶段同期进行了强度为 25 % 的间伐,经营期间进行过除草抚育,未进行施肥、浇水,林龄达 21 年时进入成熟阶段后,分别对小黑杨和欧黑青杨进行了不同坡位的每木随机抽样及土壤养分调查,通过汇

总分析,对比二者在不同立地条件下的材积生长差异,探讨了欧黑青杨在山地栽培的优势及适应性。

1 试验地自然概况

四平市铁东区石岭镇的气候条件属温带大陆性季风气候,四季分明,年平均气温 6.1 ℃,7 月平均气温 23.4 ℃,1 月平均气温 -15.0 ℃,年均降水量 570 mm,年均蒸发量 1 364 mm,无

收稿日期:2023—12—30

第一作者简介:孙红英(1970—),女,吉林四平人,正高级工程师,主要从事森林培育方面的研究,E-mail:42749060@qq.com。

霜期约 137 d。

小黑杨栽植在永乐村饲养场南山半阳坡的中腹平阶台地和下腹平阶台地,面积各 1 hm²,此地为铁东区小黑杨生长最好的区域,地理位置 124°30′15″ E、43°10′37″ N。欧黑青杨栽植在哈福村卧龙泉屯山地阴坡,坡度 22°,面积 2 hm²,地理位置 124°31′23″ E、43°06′45″ N。

2 材料与方法

2023 年 11 月对永乐村饲养场的小黑杨和哈福村卧龙泉屯的欧黑青杨山地人工林按所处坡位(小黑杨:山坡中腹平阶台地、山坡下腹平阶台地;欧黑青杨:山坡上腹地、山坡中腹地、山坡下腹地)划分,随机抽样进行了每木胸径调查,并计算单株材积和平均单株材积。

对各品种杨所处坡位单株材积采用数理统计的总体平均数小样本抽样方法,估算得出平均值上下摆动幅度误差限,从而得出平均单株材积数值的估计区间,进而对 2 个品种杨平均单株材积进行对比。单株材积平均值上下摆动幅度误差限计算公式:

$$\Delta(\bar{x})=t_{\alpha}\sqrt{\frac{s^2}{n-1}}。$$

式中: s^2 为样本方差; n 为抽样数; α 为危险率; t_{α} 为与抽样数量(即自由度,为 $n-1$)有关的危险率为 α 时 t 分布的双侧分位数。

平均单株材积的数值集合区间为: $\bar{x} \in [\bar{x}-\Delta(\bar{x}),\bar{x}+\Delta(\bar{x})]$ 。

对 2 个村的不同林分地块土壤随机采样,送吉林农业大学中心实验室进行测定。

3 结果与分析

- 3.1 单株材积调查
- 各试验区林分随机抽样调查结果见表 1。
- 3.2 土壤营养成分
- 各试验区土壤养分调查结果见表 2。

表 1 各试验区的林分随机抽样调查

Tab. 1 Random sampling survey in the forest stand of each experimental area			
品种	试验区	抽样数量/株	平均单株材积/m ³
小黑杨	永乐村山坡中腹平阶台地	31	0.134 4
	永乐村山坡下腹平阶台地	27	0.243 4
	哈福村山坡上腹地	18	0.081 7
欧黑青杨	哈福村山坡中腹地	19	0.155 1
	哈福村山坡下腹地	18	0.263 0

表 2 各试验区的土壤养分调查

Tab. 2 Soil nutrient investigation in each experimental area							
品种	试验区	土层深度/cm	土质	有机质含量 /(g·kg ⁻¹)	碱解氮含量 /(mg·kg ⁻¹)	有效磷含量 /(mg·kg ⁻¹)	速效钾含量 /(mg·kg ⁻¹)
小黑杨	永乐村山坡中腹平阶台地	50	黄土,之下为粗沙质	21.95	43.4	23.4	123.1
	永乐村山坡下腹平阶台地	40	A 层棕壤土(20 cm), B 层黄土(20 cm), 之下为粗沙质	18.16	35.7	14.9	148.4
	哈福村山坡上腹地	45	A 层棕壤土(12 cm), B 层黄土(33 cm), 之下为石质	28.14	51.8	12.4	91.6
欧黑青杨	哈福村山坡中腹地	60	A 层棕壤土(25 cm), B 层黄土(35 cm), 之下为石质	49.03	88.2	11.5	161.0
	哈福村山坡下腹地	60	棕壤土,之下为石质	35.24	72.8	31.8	110.5

3.3 小黑杨山坡下腹平阶台地与中腹平阶台地材积生长差异比较

对表 1 中山坡下腹平阶台地的小黑杨和中腹平阶台地的小黑杨分别进行单株材积总体平均数的小样本抽样估计。

取 $\alpha = 0.10$ 为危险率,山坡下腹平阶台地抽查的小黑杨株数 $n = 27$, 则 $t_{0.10} = 1.706$, 计算样本方差 $s^2 = 0.039\ 05$, 代入公式中得出误差限为 $0.066\ 1\ \text{m}^3$ 。山坡下腹平阶台地小黑杨平均单株材积为 $0.243\ 4\ \text{m}^3$, 平均单株材积数值集合区间为:

$$\bar{x}_{\text{下小}} \in [(0.243\ 4 - 0.066\ 1)\ \text{m}^3, (0.243\ 4 + 0.066\ 1)\ \text{m}^3] = [0.177\ 3\ \text{m}^3, 0.309\ 5\ \text{m}^3]$$

与以上同样方法计算,得出山坡中腹平阶台地小黑杨平均单株材积数值集合区间为:

$$\bar{x}_{\text{中,小}} \in [(0.134\ 4 - 0.021\ 8)\ \text{m}^3, (0.134\ 4 + 0.021\ 8)\ \text{m}^3] = [0.112\ 6\ \text{m}^3, 0.156\ 2\ \text{m}^3]$$

从以上计算结果看出,小黑杨的山坡下腹平阶台地和中腹平阶台地平均单株材积区间没有交集,说明差异显著,下腹台地杨树生长量显著超过中腹台地。

从表 2 中可以看出,下腹台地土壤养分虽不及中腹台地,土层深度也不及中腹,但材积生长量却显著高于中腹地的。原因是下腹台地土壤水分含量高,而杨树是喜水树种^[2], 由此也看出,一般情况下,对于杨树而言,水分较养分更加重要。

3.4 欧黑青杨山坡下腹、中腹和上腹地材积生长差异比较

分别根据欧黑青杨的山坡下腹、中腹和上腹地单株材积及平均值,按 3.3 计算方法,得出不同坡位的材积平均值集合区间。

下腹坡地欧黑青杨平均单株材积数值集合区间为: $\bar{x}_{\text{下欧}} \in [(0.263\ 0 - 0.031\ 8)\ \text{m}^3, (0.263\ 0 + 0.031\ 8)\ \text{m}^3] = [0.231\ 2\ \text{m}^3, 0.294\ 8\ \text{m}^3]$ 。

中腹坡地欧黑青杨平均单株材积数值集合区间为: $\bar{x}_{\text{中欧}} \in [(0.155\ 1 - 0.049\ 3)\ \text{m}^3, (0.155\ 1 + 0.049\ 3)\ \text{m}^3] = [0.105\ 8\ \text{m}^3, 0.204\ 4\ \text{m}^3]$ 。

上腹坡地欧黑青杨平均单株材积数值集合区间为: $\bar{x}_{\text{上欧}} \in [(0.081\ 7 - 0.016\ 1)\ \text{m}^3, (0.081\ 7 + 0.016\ 1)\ \text{m}^3] = [0.065\ 6\ \text{m}^3, 0.097\ 8\ \text{m}^3]$ 。

从上述结果可以看出,欧黑青杨的山坡下

腹、中腹和上腹 3 个坡位的平均单株材积区间都没有交集,说明 3 个坡位之间生长差异显著,下腹坡地杨树生长量显著超过中腹坡地,中腹坡地显著超过上腹坡地。从表 2 中可以看出,上腹坡地土壤养分含量最低,土层最浅,土壤含水量也是最少的,杨树生长量最低;中腹坡地和下腹坡地相比,土层深度相等,土壤养分含量总体上看中腹坡地大于下腹坡地,但杨树生长量反而是下腹坡地大于中腹坡地,原因是下腹坡地土壤水分含量更高。可以推论,在非湿润气候区对杨树人工林进行抚育,在一定限度内,浇水比施肥更重要。

3.5 平阶台地和坡地杨树生长差异比较

从平均单株材积数值集合区间可以看出,永乐村山坡下腹平阶台地小黑杨生长量偏小于哈福村山坡下腹地欧黑青杨,即欧黑青杨平均单株材积集合区间偏移于小黑杨的右部分区间内,虽未达到显著差异,但存有偏差,欧黑青杨平均单株材积偏大于小黑杨。同样在山坡中腹,平阶台地小黑杨平均单株材积集合区间偏移于坡地欧黑青杨的左部分区间内,虽未达到显著差异,但存有偏差,仍然是欧黑青杨偏大于小黑杨。

平原区是杨树的主产区,以往研究也认为杨树适宜栽植于山中平地 and 山坡下腹地,平地杨树生长量大于山坡地^[2-4],而本试验结果表明,山坡下腹地欧黑青杨平均单株材积超过山坡下腹平阶台地小黑杨百分率 $= (0.263\ 0\ \text{m}^3 - 0.243\ 4\ \text{m}^3) / 0.243\ 4\ \text{m}^3 = 8\ \% < 30\ \%$; 同样,山坡中腹地欧黑青杨平均单株材积超过山坡中腹平阶台地小黑杨百分率 $= (0.155\ 1\ \text{m}^3 - 0.134\ 4\ \text{m}^3) / 0.134\ 4\ \text{m}^3 = 15\ \% < 30\ \%$ 。产生这种情况的原因是欧黑青杨在吉林省中部地区为生长速度较快的品种,在平地同样立地条件下生长量大于小黑杨 30% 以上^[5,6]。在本试验山坡地上欧黑青杨没有达到平地应有的生长量,尽管山坡地的土层深度和土壤养分均占优势,但上述试验结果表明,试验地下腹的土壤养分都不及中部,而 2 个品种杨的生长量在下腹地却都显著超过中腹地,说明对于喜水树种杨树,水分较养分对其更加重要,由于山坡难以存水,使欧黑青杨即使栽培在土质营养丰富的山坡上,生长量还是未能达到应有的量度,即使如此,在坡度较大的山坡上欧黑青杨生长量仍然优于平阶台

地的小黑杨,这赖于欧黑青杨品种的速生性,而且欧黑青杨林下有较多的杂木争夺养分,小黑杨林下则仅有极少的杂木。因此,除山坡上腹地外,在山坡中腹即山的 2/3 高度以下栽植欧黑青杨也能获得较高的生长量,比以往仅限于在山坡下腹即山的 1/3 高度以下栽培其他品种

杨又提升了一倍栽培高度。

3.6 其他间接生长调查

在哈福村卧龙泉屯试验地周边区域的山上、山下及住宅区,以 21 年生欧黑青杨和小黑杨的小片林(面积 50~80 m²)、四旁散生木为研究对象,进行生长调查,结果见表 3。

表 3 小黑杨和欧黑青杨生长零星调查

Tab. 3 Sporadic survey on the growth of *Populus simonii* × *P. nigra* cv. Baicheng and *Populus nigra* × *P. cathayana*

地形	品种	调查地片数	抽查数量/株	平均单株材积/m ³
四旁平地散生木	小黑杨	1	6	0.967 3
	欧黑青杨	3	17	1.334 9
山麓平坡小片林	小黑杨	1	11	0.242 3
	欧黑青杨	4	21	0.326 4
山坡中腹小片林	小黑杨	1	5	0.197 2
	欧黑青杨	2	13	0.286 7

从表 3 中可以看出,在 3 种立地条件下,欧黑青杨生长量分别显著高于小黑杨,尤其在山坡地上,虽然抽取株数较少,但也明显体现出欧黑青杨相对于小黑杨的生长优势。

4 结论

杨树栽培,水分的重要性大于土壤肥力,在非湿润气候区对杨树人工林进行抚育,在一定限度内,浇水比施肥更重要。山坡地不易保持水分,因此会降低生长量,本试验结果与以往不提倡品种杨上山栽植相吻合。

以往研究只提出在山坡下腹地可以栽植品种杨,但对于在吉林省中部地区生长速度较快的欧黑青杨,不仅可以在山坡下腹地栽培,在中腹地栽培也能较好地生长。对于土层较薄的山坡,无论是欧黑青杨还是其他品种杨,都不宜栽

植,因为杨树是深根性树种。

参考文献

[1]温宇光,张明,陈万毅,等. 北方杨树品种检索与识别[M]. 北京:中国林业出版社,2007.

[2]郑世锴. 杨树丰产栽培[M]. 北京:金盾出版社,2006.

[3]刘培林,马伊民,刘实. 杨树良种选育与栽培[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,2003.

[4]陈建军,梁学顺,孙镜明. 吉林杨树[M]. 长春:吉林科学技术出版社,2005.

[5]孙红英,李共欣,陈万毅,等. 吉林省四平地区杨树栽培良种引选试验[J]. 吉林林业科技,2022, 51(5): 1-3, 41.

[6]孙红英,朱景林,陈万毅,等. 欧黑×青杨在吉林省中部地区引种试验研究[R]. 四平,2022.

(本篇专家编审:陈建军)

著 作 权 声 明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意上述声明。

《吉林林业科技》编辑部

DOI:10.16115/j.cnki.issn.1005-7129.2024.04.004

文章编号:1005-7129(2024)04-0014-07

中图分类号:S793.6

文献标识码:A

5-ALA 对干旱胁迫下沙棘叶绿素合成和光合作用的影响

武亚琼, 宣振国

(山西省桑干河杨树丰产林实验局, 山西 大同 037006)

摘要:试验采用盆栽方式,设置无干旱胁迫对照、干旱胁迫对照和 3 个 5-ALA 质量浓度($40\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $80\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $120\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)处理,探讨其对沙棘叶绿素合成和光合速率的影响。结果表明:干旱胁迫与无干旱胁迫相比降低了叶绿素含量,并显著降低了叶绿素合成的前体物质胆色素原、原卟啉 IX 和 Mg-原卟啉 IX 含量; $80\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 5-ALA 会显著提高干旱胁迫下叶绿素合成的前体物质胆色素原、原卟啉 IX 和 Mg-原卟啉 IX 含量,处理后第 30 天、第 45 天和第 60 天会显著提高叶片内叶绿素含量; $40\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 5-ALA 在处理后第 60 天不能显著提高干旱胁迫下叶绿素、胆色素原、原卟啉 IX 和 Mg-原卟啉 IX 含量;干旱胁迫降低了沙棘叶片净光合速率和 Rubisco 活性, $80\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 5-ALA 可以显著提高干旱胁迫下净光合速率和 Rubisco 活性;5-ALA 质量浓度为 $120\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $80\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时干旱胁迫下叶绿素含量和净光合速率差异不显著。综上所述, $80\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 5-ALA 更适于促进干旱胁迫下沙棘叶绿素合成和提高其光合能力。

关键词:5-ALA;干旱胁迫;沙棘;叶绿素;净光合速率

Effects of 5-ALA on Chlorophyll Synthesis and Photosynthesis of *Hippophae rhamnoides* under Drought Stress

WU Yaqiong, XUAN Zhenguo

(Sangganhe Poplar High-yield Forest Experimental Bureau of Shanxi Province, Datong 037006, China)

Abstract: The pot experiment was conducted to investigate effects of 5-ALA on chlorophyll synthesis and photosynthetic rate of *Hippophae rhamnoides* under drought stress by setting no drought stress control, drought stress control and three 5-ALA concentrations ($40\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $80\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and $120\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$). The results showed that the chlorophyll content in the leaf under drought stress was lower than that under no drought stress, and the contents of precursor substances (porphobilinogen, protoporphyrin IX, and Mg-protoporphyrin IX) for chlorophyll synthesis under drought stress were significantly lower than those under no drought stress. The contents of precursor substances (porphobilinogen, protoporphyrin IX, and Mg-protoporphyrin IX) for chlorophyll synthesis under drought stress increased significantly with the 5-ALA concentration of $80\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, and the chlorophyll content increased significantly on the 30th day, 45th day and 60th day after treatment. The contents of chlorophyll, porphobilinogen, protoporphyrin IX, and Mg-protoporphyrin IX under drought stress did not increase significantly with the 5-ALA concentration of $40\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ on the 60th day after treatment. The net photosynthetic rate of the leaf and Rubisco activity decreased under drought stress, and those increased significantly with the 5-ALA concentration of $80\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. The chlorophyll content and net photosynthetic rate under drought stress with 5-ALA concentration of $120\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ were not significantly different from those with 5-ALA concentration of $80\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. In summary, the chlorophyll synthesis and photosynthetic capacity were better with the 5-ALA concentration of $80\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ under drought

收稿日期:2024-02-22

基金项目:山西省林业重点研发计划专项(LYZDYF2020-27)

第一作者简介:武亚琼(1989—),女,山西大同人,工程师,从事森林培育工作,E-mail:douyongyx@163.com。

stress.

Keywords: 5-ALA; drought stress; *Hippophae rhamnoides*; chlorophyll; net photosynthetic rate

近年来,温室效应的加剧导致全球极端高温和干旱频繁出现,干旱已经成为制约一些降雨较少地区树木生长的首要不利因素^[1]。干旱胁迫会导致植物代谢失衡和活性氧积累,引起叶绿素分解的同时还会降低植物光合能力,从而影响植物生长发育,严重时会导致植物死亡^[2]。叶绿素是植物进行光合作用的主要色素,其含量除了影响植物的光合能力之外也是判断干旱胁迫程度的重要指标之一^[3]。沙棘(*Hippophae rhamnoides*)是晋西北地区广泛栽培的生态保护兼经济生产树种,干旱会对沙棘的生长发育产生显著影响,苗期的沙棘更易受到干旱的危害^[4]。因此,在沙棘育苗和栽培中使用外源物质提高其抗旱能力,促进幼苗生长以利于培育优质壮苗具有重要的实践意义。5-氨基乙酰丙酸(5-aminolevulinic acid, 5-ALA)是植物合成叶绿素的前体物质,也是调节四吡咯类物质合成的非蛋白类五碳氨基酸^[5],在叶绿素的合成过程中,5-ALA 含量直接影响叶绿素的合成,也是叶绿素合成过程的关键限速物质,而且外源 5-ALA 还会增强植物抗氧化系统活性,提高植物抗旱性,促进叶绿素的合成并提高光系统 II 的稳定性,提高植物光合能力^[6]。蔚胜利等^[7]研究认为,15 mg · L⁻¹ 的 5-ALA 可以显著提高干旱胁迫下紫花苜蓿子叶叶绿素含量,同时显著提高种子的发芽率、发芽势、胚根长;杨妮等^[3]研究认为,外源 5-ALA 可以显著促进干旱胁迫下茶树的叶绿素合成并提高叶绿素含量,同时提高光合碳代谢相关基因的表达水平;蒋文华等^[6]研究结果表明,外源 5-ALA 显著提高了干旱胁迫下茶树 Mg-原卟啉 IX 和原叶绿素酸酯含量,以促进叶绿素的合成,提高植物叶片内叶绿素含量;王发展等^[8]研究结果表明,20 mg · L⁻¹ 的 5-ALA 可显著提高干旱胁迫下烤烟净光合速率、蒸腾速率和气孔导度,有效缓解干旱胁迫对烤烟的危害;王嘉楠等^[9]研究结果表明,100 mg · L⁻¹ 的 5-ALA 可以显著提高干旱胁迫下小麦叶片内叶绿素含量和光合效率。从前人的相关研究来看,目前尚未见到外源 5-ALA 对干旱胁迫下沙

棘叶绿素合成和光合作用影响的相关研究。本文探讨了外源 5-ALA 质量浓度对于干旱胁迫下沙棘叶绿素合成及光合速率的影响规律,以期为其育苗中科学使用 5-ALA 提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2022 年 4—9 月在桑干河杨树丰产林实验局附属苗圃内进行,试验所选沙棘为 1 年生扦插苗,该苗木于 2021 年 3 月 20 日扦插于苗床中,自然状态下生长至 2022 年 3 月。2022 年 3 月 10 日,在苗圃地中选择生长一致的苗木移栽入尺寸为 30 cm × 30 cm × 35 cm (长×宽×高)的塑料栽植盆中,所用土壤为苗圃中深度 0~20 cm 土壤。每盆移栽 1 株苗木,在缓苗期间保持土壤含水量为田间持水量的 65 %~70 %,缓苗 45 d 后进行试验处理。

1.2 试验设计

试验共设置 5 个处理:T1 为无干旱胁迫对照,土壤含水量控制在田间持水量的 68 %~72 %;T2 为干旱胁迫对照,采用称重法控制土壤含水量为田间持水量的 47 %~53 %;T3 为干旱胁迫+40 mg · L⁻¹ 5-ALA;T4 为干旱胁迫+80 mg · L⁻¹ 5-ALA;T5 为干旱胁迫+120 mg · L⁻¹ 5-ALA。4 月 25 日开始调控各处理土壤含水量,T3、T4、T5 自 4 月 29 日开始连续 5 d 每天下午 18:00 每株喷施 50 mL 5-ALA,T1 和 T2 喷施等量的清水。每个处理 12 盆,共计 60 盆,各处理随机排列。

1.3 指标测定

分别于处理后的第 15 天、第 30 天、第 45 天和第 60 天上午 10:00 利用 Li-6400 测定各处理的净光合速率,每个处理测定 3 株苗木。净光合速率测定结束后对测定光合作用的植株采集叶片样品,每株摘取枝条自顶端向下数第 3 片至第 8 片叶,然后进行生理指标的测定。其中叶绿素含量采用浸提法^[10]测定,胆色素原(PGB)含量采用 Ehrlich-Hg 法^[11]测定,原卟啉 IX、Mg-原卟啉 IX 含量参考翟晶所述方法^[11]测定;1, 5 - 二磷酸核酮糖羧化酶/加氧酶

(Rubisco) 活性参考蔡永萍所述方法^[12]测定。

1.4 数据处理

采用 Excel 2010 软件作图,采用 DPS 7.05 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 5-ALA 对干旱胁迫下沙棘叶片内叶绿素含量的影响

沙棘叶片内叶绿素含量随着干旱胁迫时间的延长表现出一直降低的趋势(见图 1),外源喷施 5-ALA 后提高了干旱胁迫下沙棘叶片内叶绿素含量。第 15 天,T2、T3 叶绿素含量分别低于 T1 处理 5.18 %、3.18 %,无显著差异,T3、T4、T5 分别高于 T2 处理 2.10 %、7.44 %、6.21 %,无显著差异,表明 5-ALA 在处理后第 15 天不会对沙棘叶绿素含量产生显著影响。第 30 天、第 45 天和第 60 天,T2 叶绿素含量分

别比 T1 降低了 25.04 %、32.07 %、34.35 %,差异显著,表明干旱胁迫 30 天后会显著降低沙棘叶片内叶绿素含量;第 30 天、第 45 天和第 60 天,T3 叶绿素含量分别较 T2 提高了 11.75 %、13.86 %、10.53 %,其中第 30 天和第 45 天差异显著,第 60 天 2 个处理之间无显著差异;T4 分别较 T3 提高了 13.71 %、15.36 %、19.29 %,差异显著,说明 5-ALA 质量浓度从 40 mg · L⁻¹ 提高至 80 mg · L⁻¹ 会显著提高干旱胁迫下沙棘叶片内叶绿素含量;第 15 天和第 30 天,T5 分别低于 T4 处理 1.14 %、6.31 %,无显著差异,第 45 天和第 60 天,T5 分别高于 T4 处理 2.12 %、8.60 %,无显著差异;T4、T5 在第 30 天、第 45 天和第 60 天均显著高于 T2,说明这 2 个处理均能显著提高干旱胁迫下沙棘叶片内叶绿素含量。

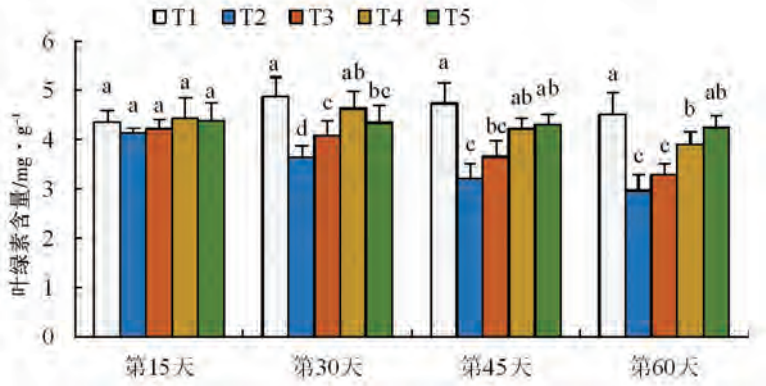


图 1 5-ALA 对干旱胁迫下沙棘叶绿素含量的影响

Fig. 1 Effect of 5-ALA on chlorophyll content of *Hippophae rhamnoides* under drought stress

2.2 5-ALA 对干旱胁迫下沙棘叶片内胆色素原含量的影响

干旱胁迫降低了沙棘叶片内的胆色素原含量(见图 2),第 15 天、第 30 天、第 45 天和第 60 天,T2 与 T1 相比胆色素原含量分别降低了 25.75 %、34.81 %、39.06 %和 41.22 %,差异显著;喷施 5-ALA 提高了干旱胁迫下沙棘叶片内胆色素原含量,但是不同处理之间存在差异。第 15 天、第 30 天、第 45 天和第 60 天,T3 与 T2 相比胆色素原含量分别提高了 5.59 %、21.05 %、24.02 %、11.35 %,其中第 15 天和第 60 天无显著差异,第 30 天和 45 天 2 个处理之间存在

显著差异;T4 分别较 T3 提高了 9.36 %、19.54 %、18.53 %、23.22 %,差异显著,表明 5-ALA 质量浓度从 40 mg · L⁻¹ 提高至 80 mg · L⁻¹ 会显著提高干旱胁迫下沙棘叶片内的胆色素原含量;第 30 天,T5 较 T4 降低了 3.76 %,第 15 天、第 45 天和第 60 天,T5 分别高于 T4 处理 7.25 %、7.88 %和 13.95 %,无显著差异,表明 5-ALA 质量浓度从 80 mg · L⁻¹ 提高至 120 mg · L⁻¹ 并未显著提高干旱胁迫下沙棘叶片内胆色素原含量;T4 和 T5 处理在整个试验期间均显著高于 T2,第 30 天和第 45 天 2 个处理与 T1 之间无显著差异。

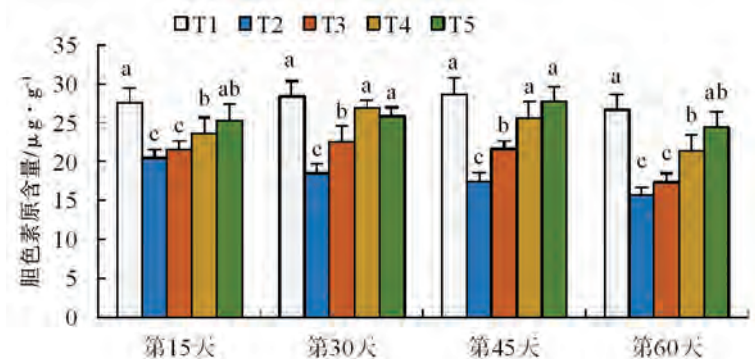


图2 5-ALA 对干旱胁迫下沙棘叶片内胆色素原含量的影响

Fig. 2 Effect of 5-ALA on porphobilinogen content in *Hippophae rhamnoides* leaves under drought stress

2.3 5-ALA 对干旱胁迫下沙棘叶片内原卟啉 IX 含量的影响

从图3中可以看出,干旱胁迫降低了沙棘叶片内原卟啉 IX 含量,但是 5-ALA 会提高干旱胁迫下沙棘叶片内原卟啉 IX 含量。第 15 天、第 30 天、第 45 天和第 60 天,T2 原卟啉 IX 含量分别较 T1 降低了 19.21 %、26.94 %、35.27 %和 39.78 %,差异显著;T3 与 T2 相比分别提高了 5.12 %、14.79 %、21.68 %、12.54 %,其中第 15 天和第 60 天无显著差异,第 30 天和第 45 天 T3 显著高于 T2;T4 与 T3 相比整个试验期间原卟啉 IX 含量分别提高了 14.44 %、10.28 %、17.80 %、20.99 %,其中第

15 天和第 30 天 2 个处理之间无显著差异,第 45 天和第 60 天 2 个处理之间存在显著差异,表明 5-ALA 质量浓度从 $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 提高至 $80 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 仅在第 45 天和第 60 天会显著提高干旱胁迫下沙棘原卟啉 IX 含量;第 15 天和第 30 天,T5 分别较 T4 降低了 3.19 %、2.81 %,无显著差异,第 45 天和第 60 天分别提高了 7.33 %、14.61 %,其中第 60 天 T5 显著高于 T4,表明 5-ALA 质量浓度从 $80 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 提高至 $120 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 在第 60 天会显著提高干旱胁迫下沙棘原卟啉 IX 含量。T4、T5 在整个试验期间均显著高于 T2。

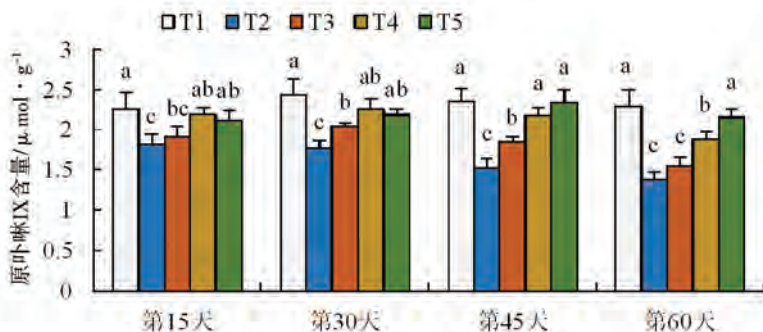


图3 5-ALA 对干旱胁迫下沙棘叶片内原卟啉 IX 含量的影响

Fig. 3 Effect of 5-ALA on protoporphyrin IX content in *Hippophae rhamnoides* leaves under drought stress

2.4 5-ALA 对干旱胁迫下沙棘叶片内 Mg-原卟啉 IX 含量的影响

5-ALA 对沙棘叶片内 Mg-原卟啉 IX 含量的影响与原卟啉 IX 相似(见图4),随着干旱胁迫时间的延长,Mg-原卟啉 IX 含量表现出逐步降低的趋势,其中 T2 显著低于 T1,表明干旱胁迫抑制了 Mg-原卟啉 IX 的合成;5-ALA 提高了干旱胁迫下沙棘叶片内的 Mg-原卟啉 IX 含量,其中第 15 天、第 30 天、第 45 天和第 60 天,T3

与 T2 相比 Mg-原卟啉 IX 含量分别提高了 6.21 %、9.19 %、6.79 %、5.60 %,无显著差异,表明 $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 5-ALA 不会对沙棘叶片内 Mg-原卟啉 IX 含量产生显著影响;T4 分别较 T3 提高了 10.44 %、17.18 %、19.19 %、16.40 %,第 15 天 2 个处理之间无显著差异,第 30 天和第 45 天 2 个处理之间存在显著差异,表明 5-ALA 质量浓度从 $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 提高至 $80 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 仅在第 30 天和第 45 天会显著

提高干旱胁迫下沙棘 Mg-原卟啉IX 含量;第 15 天,T5 较 T4 降低了 3.16 %,第 30 天、第 45 天和第 60 天 T5 分别较 T4 提高了 4.78 %、3.20 %、8.40 %,无显著差异,T4 和 T5 均显著高于 T2。

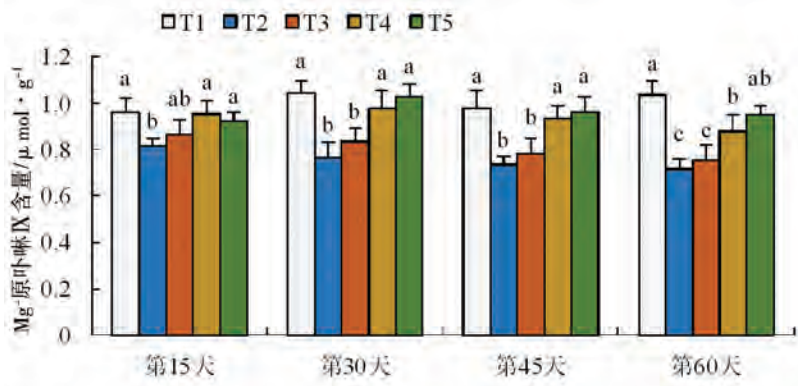


图 4 5-ALA 对干旱胁迫下沙棘叶片内 Mg-原卟啉IX 含量的影响

Fig. 4 Effect of 5-ALA on Mg-protoporphyrin IX content in *Hippophae rhamnoides* leaves under drought stress

2.5 5-ALA 对干旱胁迫下沙棘叶片净光合速率的影响

从表 1 中可以看出,干旱胁迫降低了沙棘叶片净光合速率,5-ALA 则提高了干旱胁迫下的净光合速率。第 15 天、第 30 天、第 45 天和第 60 天,T2 净光合速率均显著低于 T1,T3 与 T2 相比分别提高了 5.37 %、12.19 %、22.33 %、13.91 %,2 个处理之间无显著差异;T4 与 T3 相比分别提高了 1.00 %、25.28 %、32.71 %、35.86 %,其中第 15 天 2 个处理之间无显著差异,第 30 天、第 45 天和第 60 天 T4 显著高于 T3,表明 5-ALA 质量浓度从 40 mg · L⁻¹ 提高至 80 mg · L⁻¹ 在处理后第 30 天、第 45 天和第 60 天会显著提高沙棘叶片净光合速率;T4 在整个试验期间均显著高于 T2,表明该处理会显著提高干旱胁迫下沙棘叶片净光合速率;第 15 天,T5 较 T4 降低了 4.14 %,无显著差异,T5 与 T2 之间无显著差异,表明 120 mg · L⁻¹ 的 5-ALA 在第 15 天不会显著提高干旱胁迫下沙棘叶片净光合速率;第 45 天和第 60 天,T5 分别高于 T4 处理 9.70 %、10.02 %,无显著差异,表明 5-ALA 质量浓度从 80 mg · L⁻¹ 提高至 120 mg · L⁻¹ 不会对干旱胁迫下沙棘叶片净光合速率产生显著影响。

表 1 不同处理条件下沙棘叶片净光合速率

Tab. 1 Net photosynthetic rate of *Hippophae rhamnoides* leaves under different treatments

处理	沙棘叶片净光合速率/(μmol · m ⁻² · s ⁻¹)			
	第 15 天	第 30 天	第 45 天	第 60 天
T1	23.60 ± 1.92 a	26.52 ± 1.96 a	27.64 ± 2.11 a	24.53 ± 2.17 a
T2	19.37 ± 0.93 c	17.38 ± 1.12 b	14.42 ± 0.80 c	12.51 ± 1.31 c
T3	20.41 ± 1.12 bc	19.50 ± 1.07 b	17.64 ± 1.31 c	14.25 ± 0.99 c
T4	22.45 ± 1.17 ab	24.43 ± 2.12 a	23.41 ± 2.15 b	19.36 ± 1.09 b
T5	21.52 ± 1.03 abc	23.82 ± 2.16 a	25.68 ± 2.16 ab	21.30 ± 1.12 b

注:表内数据为平均值±标准差;不同小写字母表示不同处理之间差异显著(P < 0.05),下同。

2.6 5-ALA 对干旱胁迫下沙棘 Rubisco 活性的影响

从表 2 中可以看出,干旱胁迫显著降低了沙棘 Rubisco 活性,5-ALA 会提高干旱胁迫下沙棘 Rubisco 活性,其中 T3 与 T2 相比,在整个试验期间沙棘 Rubisco 活性分别提高了 29.88 %、18.71 %、20.22 %、22.50 %,其中第 15 天和第 60 天差异显著,第 30 天和第 45 天无显著差异;T4 与 T2 相比 Rubisco 活性分别提高了 51.55 %、53.59 %、72.45 %、48.86 %,差异显著,表明 80 mg · L⁻¹ 的 5-ALA 在整个试验期间均可以显著提高干旱胁迫下沙棘 Rubisco 活性;T4 与 T3 相比在整个试验期间分别提高了 16.68 %、29.38 %、43.44 %、21.52 %,差异显著,表明 5-ALA 质量浓度从 40 mg · L⁻¹ 提高至 80 mg · L⁻¹ 会显著提高干旱胁迫下沙棘

Rubisco 活性;第 15 天和第 30 天,T5 分别较 T4 降低了 10.04 %、3.61 %,无显著差异,第 45 天和第 60 天,T5 分别比 T4 提高了 4.25 %和 9.09 %,差异不显著,表明 5-ALA 质量浓度从

80 mg · L⁻¹ 提高至 120 mg · L⁻¹ 并不会显著提高干旱胁迫下沙棘 Rubisco 活性;T5 显著高于 T2,表明 120 mg · L⁻¹ 的 5-ALA 也会显著提高干旱胁迫下沙棘 Rubisco 活性。

表 2 不同处理条件下沙棘 Rubisco 活性

Tab. 2 Rubisco activity of <i>Hippophae rhamnoides</i> under different treatments				
处理	沙棘 Rubisco 活性/($\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)			
	第 15 天	第 30 天	第 45 天	第 60 天
T1	11.33 ± 1.00 a	13.67 ± 1.41 a	14.37 ± 1.13 a	12.78 ± 0.70 a
T2	7.43 ± 0.42 c	6.68 ± 0.60 c	6.28 ± 0.40 c	5.69 ± 0.50 d
T3	9.65 ± 0.63 b	7.93 ± 0.43 c	7.55 ± 0.52 c	6.97 ± 0.39 c
T4	11.26 ± 0.52 a	10.26 ± 0.51 b	10.83 ± 0.80 b	8.47 ± 0.45 b
T5	10.13 ± 0.50 ab	9.89 ± 0.80 b	11.29 ± 1.00 b	9.24 ± 0.50 b

3 讨论

叶绿素是植物进行光合作用的主要色素,其在光能的接收、转化过程中具有重要作用^[13]。叶绿素也与植物光合速率和干物质积累直接相关,植物叶绿素含量的升高在提高植物光合速率的同时会显著促进植物生长,因此影响植物叶绿素合成的因素也会对植物光合作用和生长发育产生显著影响^[14]。5-ALA 是影响植物叶绿素合成和叶绿素含量的关键因素,能够显著促进处于干旱、盐胁迫等逆境条件下植物叶绿素的合成^[15],这与本试验研究结果中外源 5-ALA 提高了干旱胁迫下沙棘叶绿素含量相似,杨妮^[3]研究认为这可能与外源 5-ALA 提高了干旱胁迫下沙棘叶片内叶绿素合成关键酶的活性有关。

胆色素原是叶绿素合成的第一阶段产物,由谷氨酸或者 α-酮戊二酸合成,并且胆色素原也是原卟啉 IX 合成的底物,因此胆色素原含量的变化也会影响到原卟啉 IX 合成,从而影响叶绿素合成过程^[16]。本试验结果表明,干旱胁迫降低了沙棘叶片中胆色素原含量,这可能是干旱导致沙棘叶绿素含量降低的重要原因。外源 5-ALA 提高了干旱胁迫下沙棘叶片内的胆色素原含量,从而为原卟啉 IX 合成提供了较多的底物,原卟啉 IX 合成数量的提高也为 Mg-原卟啉 IX 合成提供了充足的底物,这为植物叶绿素的合成提供了充足的底物^[17]。本研究发现,外源 5-ALA 在提高了干旱胁迫下沙棘叶片内胆色素原含量的同时也提高了原卟啉 IX 和 Mg-原卟啉 IX 含量,表明外源 5-ALA 提高叶绿素含

量可能与其可以提高叶绿素合成前体物质的含量有关。不同 5-ALA 质量浓度比较来看,40 mg · L⁻¹ 的 5-ALA 在处理后的第 30 天和第 45 天能够显著提高干旱胁迫下沙棘叶片内的叶绿素、胆色素原、原卟啉 IX 含量,但是在第 15 天和第 60 天提高效果不显著,整个试验期间不会显著提高 Mg-原卟啉 IX 含量;而 80 mg · L⁻¹ 的 5-ALA 在处理后的第 30 天、第 45 天和第 60 天均可以显著提高干旱胁迫下沙棘叶片内叶绿素、胆色素原、原卟啉 IX 和 Mg-原卟啉 IX 含量,因此 80 mg · L⁻¹ 处理对促进干旱胁迫下沙棘叶绿素含量效果优于 40 mg · L⁻¹;120 mg · L⁻¹ 的 5-ALA 在处理后的第 15 天与 80 mg · L⁻¹ 处理相比会降低叶绿素、原卟啉 IX 含量、Mg-原卟啉 IX 含量,说明过高质量浓度的 5-ALA 在早期不利于叶绿素的合成,因此 80 mg · L⁻¹ 的 5-ALA 对促进干旱胁迫下沙棘叶绿素合成效果优于 120 mg · L⁻¹ 处理。

光合作用是植物生长所需的物质和能量的来源,而叶绿素含量会直接影响植物光合作用。光合速率是反应植物光合强度的重要指标,叶绿素含量会对植物光合速率产生显著影响^[18]。干旱胁迫在引起叶绿素分解的情况下也会导致植物光合速率显著降低,本试验中干旱处理净光合速率显著降低,这与刘涛^[19]的研究结果相似,表明干旱对沙棘光合作用产生了明显的影响。外源喷施 5-ALA 提高了干旱胁迫下沙棘叶片净光合速率,Hotta Y 等^[20]研究认为出现这种现象的原因可能与 5-ALA 可以显著提高 PSII 的反应活性有关,也有研究认为这可能与 5-ALA 可以促进干旱条件下植物气孔开放以

利于 CO₂ 的交换有关^[21]。Rubisco 活性与植物净光合速率呈正相关,Rubisco 活性的升高有利于提高植物净光合速率并提高碳同化能力^[22]。本试验结果表明,外源 5-ALA 提高了干旱胁迫下沙棘叶片内 Rubisco 活性,这也可能与 5-ALA 提高了沙棘净光合速率有关。

4 结论

干旱胁迫会显著降低沙棘叶片内叶绿素合成的前体物质胆色素原、原卟啉 IX、Mg-原卟啉IX含量,从而抑制叶绿素的合成,降低叶片内叶绿素含量。外源 5-ALA 能够提高干旱胁迫下沙棘叶片内叶绿素合成的前体物质含量,从而提高干旱胁迫下沙棘叶片内叶绿素含量,其中 80 mg · L⁻¹ 的 5-ALA 对提高干旱胁迫下沙棘叶绿素合成效果优于 40 mg · L⁻¹ 和 120 mg · L⁻¹ 处理;同时,80 mg · L⁻¹ 的 5-ALA 也能够显著提高沙棘叶片净光合速率和 Rubisco 活性。综上分析认为,80 mg · L⁻¹ 的 5-ALA 更适于促进干旱胁迫下叶绿素合成和提高其光合能力。

参考文献

[1] 张士功,刘国栋,刘更另. 植物营养与作物抗旱性[J]. 植物学通报, 2001, 36(1): 64-69, 63.

[2] 段丽丽,刘仁祥. 干旱胁迫对烟草幼苗生理特性的影响[J]. 贵州大学学报(自然科学版), 2023, 40(4): 34-38.

[3] 杨妮,李逸民,李静文,等. 外源 5-ALA 对干旱胁迫下茶树叶绿素合成和荧光特性及关键酶基因表达的影响[J]. 茶叶科学, 2022, 42(2): 187-199.

[4] 陈汉鑫. 山西野生沙棘对吕梁山区海拔和坡位的生理生态响应[D]. 晋中: 山西农业大学, 2020.

[5] 李智祥,赵磊,梁云龙,等. 生物法合成 5-氨基乙酰丙酸的研究进展[J]. 发酵科技通讯, 2017, 46(3): 178-182.

[6] 蒋文华,燕飞,付静,等. 外源 5-氨基乙酰丙酸对低温胁迫下茶树光合特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2020, 48(10): 108-115, 126.

[7] 蔚胜利,王秋雁,张群珖,等. 5-ALA 浸种对干旱胁迫下紫花苜蓿种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 草学, 2022(6): 22-31.

[8] 王发展,金伊楠,李子玮,等. 干旱胁迫下外源

ALA 对烤烟幼苗光合特性和抗氧化能力的影响[J]. 中国烟草科学, 2020, 41(1): 22-29.

[9] 王嘉楠,李小艳,魏石美,等. 5-ALA 对干旱胁迫下小麦幼苗光合作用及 D1 蛋白的调节作用[J]. 作物杂志, 2018(5): 121-126.

[10] 刘永军,郭守华,杨晓玲. 植物生理生化实验[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2002.

[11] 翟晶. 镉胁迫下增施氮对杨树生长和叶绿素合成的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2013.

[12] 蔡永萍. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2014.

[13] 张吉立. 冬季 4 种针叶树色素动态变化研究[J]. 青海农林科技, 2020(2): 103-106.

[14] 于宇璇,刘储睿,唐文竹. 利用蛋白质组学技术探究叶绿素含量对植物生长的影响[J]. 质谱学报, 2023, 44(4): 545-555.

[15] Naeem M S, Jin Z L, Wan G L, et al. 5-Aminolevulinic acid improves photosynthetic gas exchange capacity and ion uptake under salinity stress in oil-seed rape (*Brassica napus* L.) [J]. *Plant and Soil*, 2010, 332(1/2): 405-415.

[16] 马祥,贾志峰,刘勇. 盐胁迫下燕麦光合及叶绿素代谢变化研究[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2021, 51(3): 7-14.

[17] Chaves M M, Flexas J, Pinheiro C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell[J]. *Annals of Botany*, 2009, 103(4): 551-560.

[18] 田纪春,王学臣,刘广田. 植物的光合作用与光合氮、碳代谢的耦联及调节[J]. 生命科学, 2001, 13(4): 145-147.

[19] 刘涛. 不同土壤含水量对油松幼苗生长及光合特性的影响[J]. 特种经济动植物, 2023, 26(8): 45-46, 52.

[20] Hotta Y, Tanaka T, Bingshan L, et al. Improvement of cold resistance in rice seedlings by 5-aminolevulinic acid[J]. *Journal of Pesticide Science*, 1998, 23(1): 29-33.

[21] 张治平,汪良驹,姚泉洪. 过量合成 ALA 转基因烟草叶片光合与叶绿素荧光特性的研究[J]. 西北植物学报, 2008, 28(6): 1196-1202.

[22] 李艳芬,郑君岗,尹美强,等. 低钾胁迫对谷子幼苗叶片光合作用的影响[J]. 西北植物学报, 2022, 42(6): 1012-1021.

(本篇专家编审:陶晶)

DOI:10.16115/j.cnki.issn.1005-7129.2024.04.005

文章编号:1005-7129(2024)04-0021-07

中图分类号:S759.2

文献标识码:A

农田防护林网景观结构定量评价与分析

李杰玲¹, 刘 婷¹, 罗 也¹, 张天祥², 包广道¹, 张忠辉¹

(1. 吉林省林业科学研究院, 吉林 长春 130033; 2. 吉林省林业勘察设计院, 吉林 长春 130022)

摘要:以东北地区的“三北”防护林工程重点建设区为研究对象,选取林网的带斑比、连接度、环度、优势度等作为评价指标,利用高分辨率的 ZY-3 影像,根据景观生态学原理及地理信息系统技术,对 2021 年实际林网和合理状态下林网的景观指标值进行定量评估及对比,并分析现有农田防护林景观结构参数的空间分布差异性。结果表明:该区域的防护林数量与面积基本达到优质林网的要求,并且分布较均匀,但是主副林带条数不足,成型状况较差,且形成的闭合网格太少,削弱了林网的防护功能。从林网数量、分布以及成型状况等方面对防护林工程进行了宏观评价,指明了下一阶段建设工作方向,为该区域防护林的管理和更新提供参考。

关键词:农田防护林网;景观生态学;遥感;地理信息系统;空间分布差异

Quantitative Evaluation and Analysis of Landscape Structure of Farmland Shelterbelt Network

LI Jieling¹, LIU Ting¹, LUO Ye¹, ZHANG Tianxiang², BAO Guangdao¹, ZHANG Zhonghui¹

(1. Jilin Provincial Academy of Forestry Sciences, Changchun 130033, China; 2. Forest Survey and Design Institute of Jilin Province, Changchun 130022, China)

Abstract: Taking the key construction area of the Three-North Shelterbelt Forest Program in northeast China as the research object, the ratio of belt to patch, connectivity, ring and dominance of the forest network were selected as the evaluation indexes. According to the principle of landscape ecology and geographic information system technology, the landscape index values of the actual forest network and those of the forest network in a reasonable state in 2021 were quantitatively evaluated and compared by using ZY-3 images with high resolution. The spatial distribution differences of landscape structure parameters of existing farmland shelterbelts were analyzed. The results showed that the number and area of shelterbelts in this area basically met the requirements of high-quality forest network, and the distribution was relatively uniform. However, the number of main and secondary forest belts was insufficient, the forming condition was poor, and there were too few closed grids. That weakened the protection function of the forest network. The Shelterbelt Forest Program was evaluated macroscopically from the aspects of the number, distribution and forming status of the forest network. The direction of the construction work in the next stage was pointed out. That provided the reference for the management and renewal of the shelterbelt in this area.

Keywords: farmland shelterbelt network; landscape ecology; remote sensing; GIS; spatial distribution difference

收稿日期:2024-01-09

基金项目:吉林省科技厅重大科技专项(20230303006SF);吉林省科技厅重点研发项目(20230202098NC)

第一作者简介:李杰玲(1966—),女,吉林长春人,正高级工程师,主要从事林业资源利用与数字林业研究,E-mail:2660389953@qq.com。

通信作者简介:张忠辉(1972—),男,吉林长春人,研究员,主要从事林业遥感与地理信息系统方面的研究,E-mail:zzhgiszzh@163.com。

农田防护林是在农田景观中,为增强农田生态系统的抗干扰能力而建设的由高大乔木或者灌木组成的具有多种功能的廊带网络系统^[1, 2],在该系统中,防护林的存在造成了原有单一的农田景观格局的改变,使农田中的景观格局类型更加丰富^[3]。农田防护林的种植结构及布局合理性影响其防护效能,是评估防护林状况的重要标准^[4]。以往对其状况的评估受研究手段的制约,主要基于单条林带的相关结构参数,研究尺度较小,鲜有从整个林网的尺度上对防护林的建设状况做全面的评估,但是要对防护林建设体系进行防护效益评估,探究整个林网的未来经营方向,就必须对其现状从大尺度上做出宏观度量 and 评价。

遥感对生态学研究发展起了重要的推动作用^[5],遥感技术的发展也提供了从多维和多尺度去认识和研究地球表面的新方法和新手段,促进了景观生态学的发展,同时遥感有助于研究大尺度和跨尺度上的景观格局,已经成为研究大尺度上景观格局动态的重要监测手段。遥感数据大都以空间形式表现,这也为研究农田防护林的空间分布及结构状态提供了可能^[6]。

吉林省受风沙等灾害因子的影响,生态环境较为脆弱,土质荒漠化和土地盐渍化是其两个重要的生态问题,直接影响农业发展^[7]。经过了五期“三北”防护林工程的建设,该地区已

基本实现了农田林网化,风沙危害频率大大减少,生态环境质量得到了显著提升。本研究以高空间分辨率的 ZY-3 遥感影像为基础,提取长春市北部地区农田防护林信息,通过计算各评价指标,在景观尺度上对该地区防护林状况做出定量评价,并且针对林网的空间分布差异提出防护林网的主要经营方向,旨在为下一阶段该区域的农田防护林建设工作提供参考。

1 研究区域自然概况与方法

1.1 研究区域自然概况

吉林省中部的德惠市、农安县、榆树市和扶余市为“三北”防护林工程在东北地区的重点建设区,本文选择建设区内 50 km × 50 km 范围作为研究区域,其位置及标准假彩色显示影像见图 1。该区域地处松辽平原中部,地势平坦且起伏较小,属温带半湿润大陆性气候,冬季长而严寒,盛行西南风,最高风速多出现在 3—5 月,最高可达到 37.7 m · s⁻¹,春季风害严重,对作物的生长发育产生了严重的威胁。

该地区农田防护林种植历史悠久,早在建国初期,当地居民就开展了农田防护林的种植,经历了五期“三北”防护林工程的建设,其体系更加系统、完善,已逐步实现林网化,成为东北地区农田防护林建设的典型区。

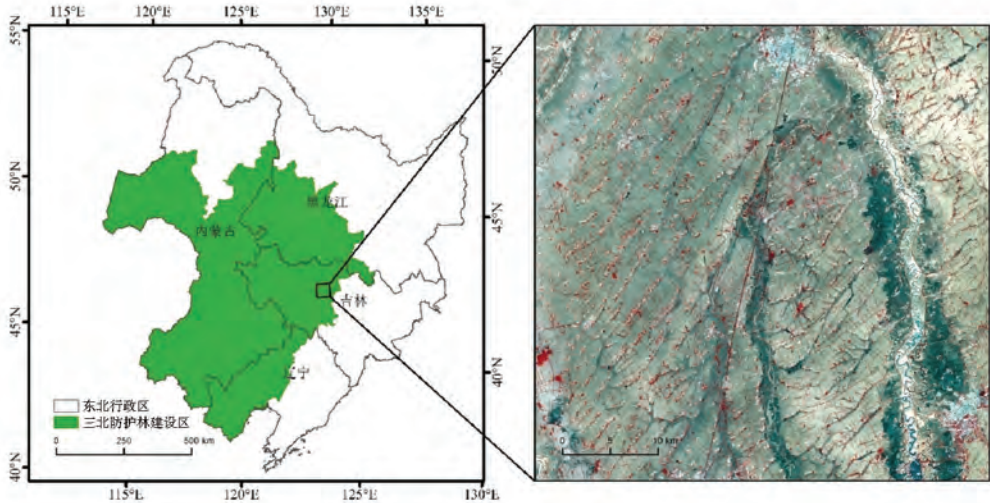


图 1 研究区位置及标准假彩色显示影像

Fig. 1 Location of study area and standard false color display image

1.2 数据准备

综合考虑遥感影像的质量及农田防护林与农作物的物候特征,本文以覆盖长春市北部

(包括德惠、九台、农安等地区)的 2021 年 5 月 12 日空间分辨率为 5.8 m 的 ZY-3 多光谱影像作为主要数据源,并选择 2021 年 12 月 4 日空间

分辨率为 30 m 的 Landsat8 OLI 影像作为辅助信息源,用于对比提取耕地范围。利用 ENVI 5.3 软件完成大气辐射校正、几何精校正等工作。结合实地调查,建立研究区遥感解译标志,利用植被指数进行阈值分析^[8],得到土地利用类型矢量与属性数据^[9, 10]。根据研究区土地资源特征和景观类型差异,结合本文研究目的,将研究区划分为耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用地、

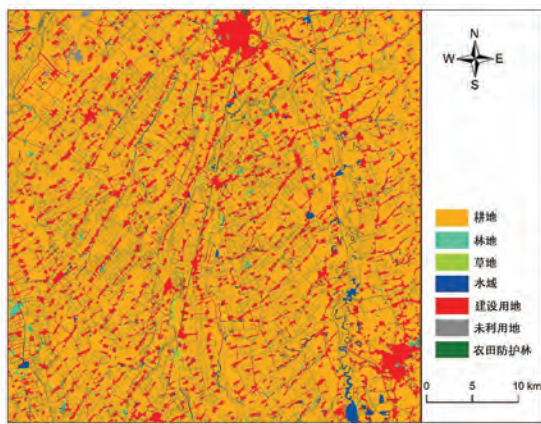


图 2 研究区土地利用类型

Fig. 2 Land use types in the study area

1.3 研究方法

1.3.1 农田林网景观评价原理

农田林网是以网络形式出现的景观要素,其网络化状态及成型状况是体现农田防护林防护效能是否高效发挥的一个重要因素。在农田防护林网系统中,林带之间的连接点和林带两边的端点被称作节点;节点之间的线段为林带连边;斑块主要为农田和居民点等。本研究采用景观生态学中描述网络特征的连接度、环度、带斑比、多样性指数、优势度和均匀度指数等景观指标来刻画林网在景观上的布局,分别从林带数量、分布均匀程度及林网成型状况来综合地定量描述林网在较大尺度上的空间布设状态^[11-13]。

在特定自然条件下的区域范围内,合理结构的防护林网中林带带宽、带间距、带长等林网结构参数是一定的,即林带之间结构参数相差不大。因此,根据防护林网的结构参数能够确定某一区域合理状态下的景观指标值,通过将现有防护林网和合理结构的景观指标进行比较分析,并根据一定的标准,对现有农田防护林网空间布局做出景观评价^[10]。

未利用地、农田防护林 7 类土地利用类型(见图 2)。根据研究区范围及交通可达性,于 2021 年 5 月 17—18 日进行了野外实地验证数据的采集,对分类结果进行精度验证,得出解译总体精度为 93.62 %, Kappa 系数为 0.914。在此基础上提取防护林空间分布信息,进而生成 2021 年农田防护林网的分布现状图(见图 3)。

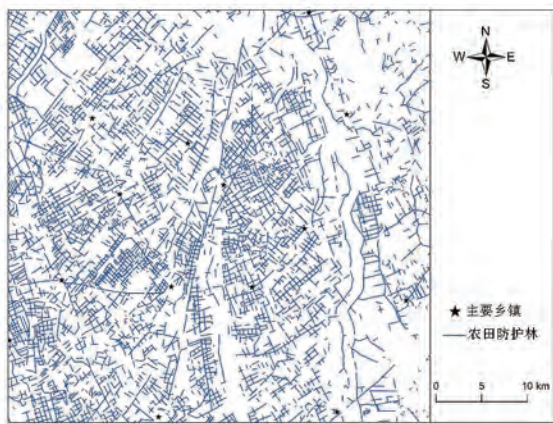


图 3 农田防护林分布现状

Fig. 3 Distribution of farmland shelterbelts

1.3.2 度量农田防护林网空间布局的景观指标

度量景观水平上的农田防护林网空间布局主要从数量、成型状况以及分布均匀程度等方面用林网的带斑比、连接度、环度、优势度等指标进行度量和评价^[10, 13-17]。

带斑比 P 计算公式为 $P = S_b/A$ 。式中: S_b 为林带面积; A 为需被防护的斑块面积。在本研究中需被防护的斑块主要是耕地。

多样性指数 F 的计算公式为 $F = 1 - [\sum n(n-1)/N(N-1)]$ 。式中: n 为每个物种的个体数; N 为总个体数。

连接度 Q 的计算公式为 $Q = [N_b - (n - 1)]/L_{\max}(V)$ 。

式中: N_b 为主副林带数之和; n 为未建林网时景观中需被防护斑块数; $L_{\max}(V)$ 是节点数 V 的函数。当 $V = 2, 3$ 时, $L_{\max}(V) = V - 1$; 当 $V = 4, 6, 8$ 时, $L_{\max}(V) = (V - 2)/2 + 1$; 当 $V = 5, 7$ 时, $L_{\max}(V) = 3(V - 3)/2 + 2$; 当 $V \geq 9$ 时, $L_{\max}(V) = 2\text{int}^2\sqrt{V} - 1 + 2(V - \text{int}^2\sqrt{V}) - \text{sgn}(V - \text{int}^2\sqrt{V})$ 。

当 $V = 2, 3$ 时,环度 $R = 0$ 。当 $V \geq 4$ 时,环度 R 的计算公式为 $R = (N_b + n - V)/$

$H_{\max}(V)$ 。式中： $H_{\max}(V)$ 表示最大环路数，是节点数 V 的函数， $H_{\max}(V) = (\text{int}\sqrt{V} - 1)^2 + V - \text{int}^2\sqrt{V} - \text{sgn}(V - \text{int}^2\sqrt{V})$ 。

优势度 D 的计算公式为 $D = [(R_d + R_f) / (2 + R_c)] / 2$ 。其中，林网的相对多度 $R_d = N_b / (N + M + N_b - n)$ ，林网频度 $R_f = A / S$ ，林网盖度 $R_c = S_b / S$ 。式中： N 为未建防护林之前整个景观中斑块和廊带的总数； M 为林网建成后景观中被防护斑块的数量； S 为景观总面积。

均匀度指数 E 的计算公式为 $E = H / \ln S$ 。式中： S 为物种数。 E 取值范围 $0 \sim 1$ ，越接近 1 表示群落内物种均匀度越高，即每个物种组成数量相对占比基本相等。

1.3.3 景观指标的计算方法

研究区域合理状态下防护林结构参数，主、副林带间距为 500 m，林带宽度为 8 m。林带与盛行风向的夹角直接影响防护效应的发挥，且随着夹角的增大防护面积减少，当林带与盛行风向夹角呈 90° 时，防护面积最大，小于 30° 时，变化不明显。根据多年的气象监测资料可知，研究区主风向为西南风，因此规划的主林带方向为西北-东南向。根据研究区 2021 年的土地利用数据，避开草地、林地、水域以及建设用地等无需或无法建设农田防护林的土地类型，利用防护林结构参数生成合理状态下的农田防护林网规划图（见图 4），主要分布于耕地范围内，并利用 ArcGIS 10.1 软件统计计算合理状态下的林网景观指标值。

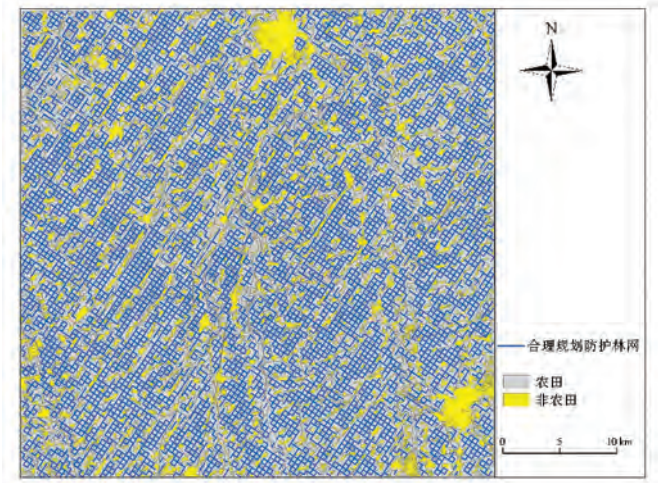


图 4 理想状态下的防护林网规划

Fig. 4 Plan of the shelterbelt network under ideal conditions

研究区域实际农田防护林结构参数可以在经过解译的土地利用类型图以及提取的防护林

分布图基础上，利用 ArcGIS 10.1 软件进行各结构参数的统计计算（见表 1）。

表 1 统计后实际及规划的林网结构参数

Tab. 1 Actual and planned forest network structure parameters after statistics

结构参数	林带数	林带面积/hm ²	节点数	被防护斑块面积/hm ²
实际值	4 550	8 525.5	7 515	209 081.38
合理值	13 258	9 768.90	10 295	211 793.67

2 结果与分析

2.1 景观总体分析与评价

利用 ArcGIS 10.1 软件的 Patch Analyst 模块对得到的土地利用类型图进行各景观指数的计算，得到研究区内的土地利用类型和景观水

平上各景观指数值（见表 2、表 3）。从表中可以看出，耕地面积占 82.27%，表明长春北部地区是以耕地为基底的景观生态系统，该区域需被防护的面积较大，但是 2021 年的景观多样性和均匀度指数仍然较低，说明景观中各斑块分布并不是很均匀。

表 2 各土地利用类型特征参数统计值

Tab. 2 Statistical values of characteristic parameters of each land use type

土地利用类型	平均斑块面积/hm ²	斑块数	面积/hm ²	面积百分比/%
耕地	60. 39	3 462	209 081. 38	82. 27
林地	5. 40	218	1 176. 32	0. 46
草地	2. 70	508	1 370. 88	0. 54
水域	4. 94	936	4 621. 27	1. 82
建设用地	9. 19	3 142	28 863. 00	11. 36
未利用地	11. 21	42	470. 83	0. 19
农田防护林	2. 37	3 597	8 525. 48	3. 36

表 3 研究区内景观水平特征参数统计值

Tab. 3 Statistical values of landscape level characteristic parameters in the study area

景观水平特征参数	统计值
景观总面积/hm ²	254 109. 16
景观多样性指数	0. 63
景观均匀度指数	0. 34

通过对合理与现实状态下林网景观指标值的分析可以对现有林网景观的合理程度进行定量评价^[15]。当 2 种状态的数值相差不大时说明该区域的林网景观布设较为合理,反之则为布设效果较差。但具体区域所处的环境状况不同,分析其合理性时又会存在不同的结论。George E J 等提出林网各实际景观指标值为合

理值的 0. 85~1. 15 倍,即林网各现实景观指标值和其合理值的相对误差在 0. 15 以内时,属于优质林网^[1],但当相对误差超出 0. 15,表明林网景观结构较差。根据上述度量林网空间布局的方法,分别计算现实和合理状态下的景观指标值(见表 4)。结果表明,在研究区域农田防护林网的各实际景观指标值和合理值的相对误差中,带斑比和优势度小于 0. 15,而连接度和环度均远大于 0. 15,说明该地区的农田防护林数量与面积基本达到优质林网的要求,在农田中分布较为均匀,但主副林带成型状况较差,防护林形成的闭合格网太少^[18]。通过 ZY-3 遥感影像解译的土地利用类型图和防护林分布图也可以明显看出,由于路、渠等的分割,使防护林成型的网格较少。

表 4 研究区林网合理景观指标值与实际景观指标值比较

Tab. 4 Comparison of reasonable landscape index values and actual values of the forest network in the study area

类别	带斑比	连接度	环度	优势度
合理值	0. 046	0. 553	0. 491	0. 372
实际值	0. 041	0. 252	0. 097	0. 329
相对误差	0. 109	0. 544	0. 802	0. 116

通过对上述防护林景观指标的计算,发现长春市北部地区防护林存在成型差、闭合格网较少等问题,但是上述分析只是从总体上对防护林的分布进行了分析与评价。防护林的分布由于受地形地貌、降雨量、风害程度等因素的影响,在区域分布上也存在着空间差异,因此,应该在总体评价的基础之上将研究区域防护林分布的评价指标值空间化,使评价结果对林带的建设与更新更具有针对性,这样才会对防护林规划建设更具指导意义。

2.2 空间差异性分析

本研究通过建立格网分割研究区域,分别统计计算每个格网各景观指标值,运用泛克里格插值,得到各景观指标值的空间分布估测图(见图 5、图 6、图 7、图 8)。其中在图 7 中部分地区由于防护林带较少,而需被防护的斑块数量大,或是由于成型状况差,节点数大于林带数,环度值为负或者结果较大,因此,环度合理区域应为图 7 中的黄色区域。

从各景观指标值的空间分布估测图可以看

出,郭家镇、同太乡、鲍家镇、和平乡、前岗乡、布海镇等乡(镇)的防护林在数量、分布及成型状况等方面均明显好于饮马河沿岸的饮马河镇、苇子沟镇、大青咀镇、夏家店镇等乡(镇)的防护林,其中鲍家镇和同太乡的防护林质量最好,而饮马河沿岸乡镇的防护林比较差,部分地区基本没有防护林分布。而朱城子镇防护林面积与数量也较差,分布不是很均匀,而且成型状况也不是很好。纪家镇的防护林在数量和面积上,尤其是分布均匀程度上较好,但是连接程度

一般,闭合网格较少。

因此,在“三北”防护林工程五期规划中,通过林带更新,在饮马河镇、苇子沟镇、大青咀镇、夏家店镇等地应适当增加林网的面积,而在朱城子镇和纪家镇应增加林带数量,补植林带,并且逐渐调整林网的连接度和环度,使需被防护农田斑块的各部位全部且恰好处于林带有效防护范围内,即调整现有林网使其逐渐达到最佳防护状态,充分发挥农田生产潜力,从而获得较大的综合效益。

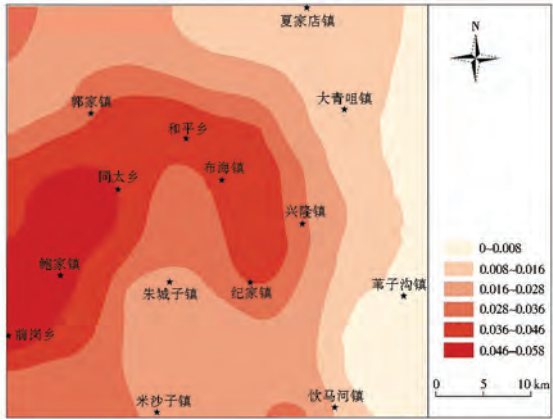


图 5 农田防护林带斑比空间分布估测

Fig. 5 Spatial distribution estimation of the ratio of belt to patch of the forest network

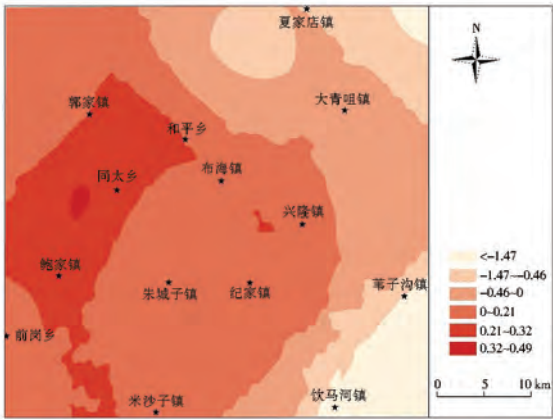


图 6 农田防护林连接度空间分布估测

Fig. 6 Spatial distribution estimation of connectivity of the forest network

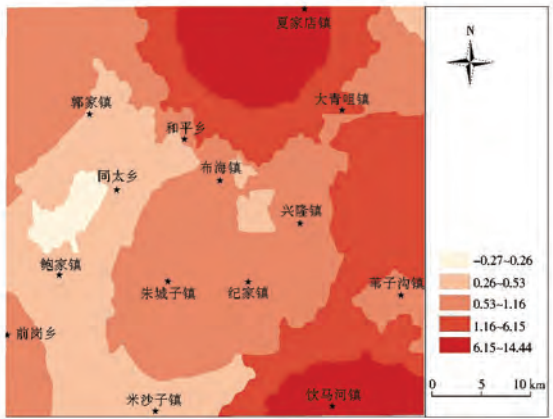


图 7 农田防护林环度空间分布估测

Fig. 7 Spatial distribution estimation of ring of the forest network

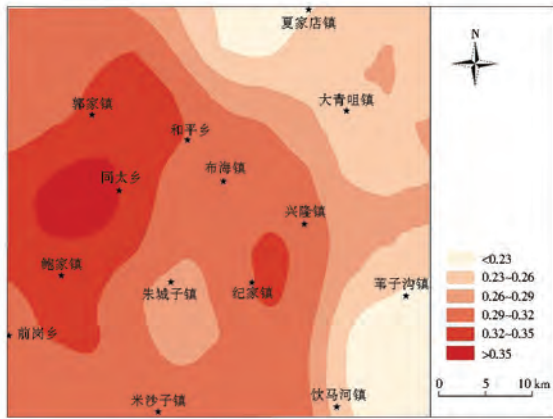


图 8 农田防护林优势度空间分布估测

Fig. 8 Spatial distribution estimation of dominance of the forest network

3 讨论

本文对长春市北部地区农田林网景观结构的评价是以吉林省营林规程构建的规划图作为参考标准的,但是对于其他地区,根据风害程度以及地形地貌等会有不同的特殊规划,本文尚未

考虑这些因素,因此,评价结果的准确性可能会受到一定程度的影响。

本研究从大尺度上对研究区域农田防护林网的分布进行了评价,并分析了空间差异性,为防护林体系的合理规划和经营管理提供了参考。但是林网布设状况的合理性度量不仅包括

大尺度上的林带相关指标,还需结合小尺度上单条林带的相关结构参数来考虑,综合 2 个尺度上提出的主要指标体系进行数量化界定,这样才能对农田防护林进行全面综合评价。

景观生态学仅评价林带分布的数量及均匀程度,而生态经济优质林网与树种结构及配置等因素有关。因此,基于景观生态学的防护林网综合评价方法仍具有一定的局限性。

4 结论

本研究以“三北”防护林工程的典型样区为对象,选取林网的带斑比、连接度、环度、优势度等作为评价指标,利用高分辨率的 ZY-3 影像,根据景观生态学原理及空间分析技术,对 2021 年实际林网和合理状态下林网的景观指标值进行了定量评估及对比,并分析了现有防护林景观结构参数的空间分布差异性。通过对各景观指标空间化,直观反映了防护林空间分布差异,可指导下一阶段农田防护林工程规划设计,并制定防护林管理策略。

研究区域的防护林数量与面积基本达到优质林网的要求,并且分布较均匀,但是防护林形成的闭合网格太少,主副林带缺失较严重,降低了林网整体的防护功能。建议在饮马河镇、苇子沟镇、大青咀镇、夏家店镇等地的防护林网建设中以适当增加林网的面积为主,朱城子镇与纪家镇则以增加林带数量、补植林带为主。

遥感技术具有实时、全面、快速获取地表信息的能力,而 GIS 具有强大的数据存储更新、空间分析能力。由于高分辨率遥感影像可以明显提高解译精度,使景观指数值的计算更加准确、快捷,因此,在较大的空间尺度上,遥感技术结合 GIS 分析方法正逐渐成为研究景观空间格局及其动态变化的重要手段。通过本次研究也验证了 GIS 和遥感技术对农田防护林网景观结构分析的可行性,为防护林的调查规划提供一个可实现较大空间尺度上准确、快捷的技术手段。

参考文献

[1] George E J, Broberg D, Worthington E L. Influence of various types of field windbreaks on reducing wind velocities and depositing snow[J]. *Journal of Forest-*

ry, 1963, 61(5): 345-349.

[2] 范志平, 关文彬, 曾德慧, 等. 东北地区农田防护林高效多功能经营的指标体系及标准研究[J]. *应用生态学报*, 2001, 12(5): 701-705.

[3] 史晓亮, 李颖, 赵凯, 等. 农田防护林林网景观结构异质性动态评价[J]. *中国科学院研究生院学报*, 2012, 29(1): 54-61.

[4] 朱教君. 防护林学研究现状与展望[J]. *植物生态学报*, 2013, 37(9): 872-888.

[5] 吴炳方, 曾源, 闫娜娜, 等. 生态系统遥感: 内涵与挑战[J]. *遥感学报*, 2020, 24(6): 609-617.

[6] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 第二版. 北京: 高等教育出版社, 2007.

[7] 梁万君. 吉林省西部农田防护林生态学研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2007.

[8] 陈赛赛, 孙艳玲, 杨艳丽, 等. 三北防护林工程区植被景观格局变化分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2015, 29(12): 85-90.

[9] 刘婷, 包广道, 张大伟, 等. 基于植被指数的 GF-2 影像防护林快速提取研究[J]. *森林工程*, 2018, 34(6): 13-19.

[10] 幸泽峰, 李颖, 邓荣鑫, 等. 基于 ZY-3 影像的农田防护林自动提取[J]. *林业科学*, 2016, 52(4): 11-20.

[11] 扈晶晶. 基于 HJ-1 和 ZY-3 遥感图像的农田防护林信息提取研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2014.

[12] 周新华, 孙中伟. 试论林网在景观中布局的宏观度量与评价[J]. *生态学报*, 1994, 14(1): 24-31.

[13] 赵景柱. 景观生态空间格局动态度量指标体系[J]. *生态学报*, 1990, 10(2): 182-186.

[14] 肖笃宁, 赵羿, 孙中伟, 等. 沈阳西郊景观格局变化的研究[J]. *应用生态学报*, 1990, 1(1): 75-84.

[15] 姜凤岐, 朱教君, 曾德惠, 等. 防护林经营学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.

[16] 丁应祥, 江生荣, 栾以玲, 等. 复层农田林网空间结构的景观生态学分析[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 1993, 17(2): 7-12.

[17] 关文彬, 李春平, 范秀珍, 等. 京郊北藏乡防护林景观生态评价[J]. *北京林业大学学报*, 2004, 26(2): 25-30.

[18] 严洪. 江苏徐淮平原农田林网结构与防护效益研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2007.

(本篇专家编审:陈建军)

DOI:10.16115/j.cnki.issn.1005-7129.2024.04.006

文章编号:1005-7129(2024)04-0028-05

中图分类号:S757.2

文献标识码:A

舒兰市不同立地因子下的森林质量评价

李 亮¹, 孟祥龙², 孟范辉², 赵大生³, 隋月鹏², 张 晓⁴

(1. 吉林市林业调查规划院, 吉林 吉林 132000; 2. 舒兰市林业局, 吉林 吉林 132600; 3. 长春市九台区国有林总场管护站, 吉林 长春 130509; 4 吉林省林业勘察设计院, 吉林 长春 130022)

摘要:本文利用舒兰市 2019 年森林资源档案数据库,从地貌、坡向、坡位和坡度 4 个方面分析了全市森林质量。结果表明:全市森林综合质量指数为 0.597,森林质量等级为中等水平。不同地貌、坡向、坡位和坡度的森林质量等级为中等水平的面积所占比例最大,其次为差等级,好等级的最少。结合舒兰市的实际情况,认为研究结论真实反映了舒兰市的森林资源质量,为制定科学合理的森林可持续经营方案提供了依据。

关键词:舒兰市;立地因子;森林质量评价

Evaluation of Forest Quality under Different Site Factors in Shulan City

LI Liang¹, MENG Xianglong², MENG Fanhui², ZHAO Dasheng³, SUI Yuepeng², ZHANG Xiao⁴

(1. Forestry Investigation and Planning Institution of Jilin City, Jilin 132000, China; 2. Forestry Bureau of Shulan City, Jilin 132600, China; 3. National Forest Farm Management and Protection Station of Jiutai District in Changchun City, Changchun 130509, China; 4. Forest Survey and Design Institute of Jilin Province, Changchun 130022, China)

Abstract: Based on the forest resource archives database of Shulan City in 2019, the forest quality of the city was analyzed in this paper from four aspects of land form, aspect, position and slope. The results showed that the comprehensive forest quality index of the whole city was 0.597 and the forest quality grade was medium. The area of forest with the medium quality grade under different land form, aspect, position and slope was the largest, followed by the area of forest with the poor quality grade, and the area of forest with the good quality grade was the least. Combined with the actual situation of Shulan City, it was considered that the research conclusion truly reflected the quality of forest resources in Shulan City and provided the basis for formulating the scientific and reasonable sustainable forest management plan.

Keywords: Shulan City; site factor; forest quality evaluation

森林质量是指“森林在生态、经济和社会方面所有效益的总和”^[1]。掌握森林资源质量动态变化趋势,明确森林质量等级空间分布状况,制定科学合理的森林经营管理策略,对提升森林的可持续经营具有重要意义^[2,3]。近年来,为了精准提升森林质量,国内外学者开展了森林质量评价研究。张峰等对广东省肇庆市高要区进行森林质量评价研究,结果表明高要区县域森林质量划分为优、中、差、劣 4 个等级,全

县整体森林质量指数为 0.53,县域森林质量处于中等水平^[4]。Liang X Q 等研究结果表明,北京崇礼地区山林质量分为 4 级,其中优质 7.8%、中质 46.7%、低质 36.6%、劣质 8.9%;在海拔 1 700~2 050 m 的坡地和陡坡地上,以白桦和华北落叶松为主,受损森林分为过密、过稀疏、退化、不适宜树种和劣质风景林^[5]。彭泰来等基于 Fuzzy 对海南省天然林资源质量进行了评估,得出总体评估分值为

收稿日期:2023—10—25

第一作者简介:李亮(1989—),男,吉林扶余人,工程师,硕士研究生,主要从事森林资源调查方面工作,E-mail:191503594@qq.com。

2.403 8,海南省内不同林种中,质量最优的为特种用途林的天然林资源,质量评估分值相对较低的为用材林中的天然林资源^[6]。本文利用舒兰市 2019 年森林资源档案数据库,依据《森林资源连续清查技术规程》(GB/T 38590—2020)的森林质量评价体系,分析了不同立地因子森林质量指数和等级,旨在为《舒兰市林地保护利用规划》的编制和森林可持续经营提供参考。

1 研究区域概况

舒兰市位于吉林省中北部,地处长白山脉张广才岭与老爷岭汇合处向松嫩平原过渡地带,地理位置 126°24′~127°45′ E、43°51′~44°38′ N。该地区属于典型的温带大陆性气候,年平均气温 4.3℃,年均降水量 683 mm,年平均相对湿度 69%,年无霜期约 140 d。主要分布的针叶树种有红松(*Pinus koraiensis*)、樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica*)、鱼鳞云杉(*Picea jezoensis* var. *microsperma*)、阔叶树种有蒙古栎(*Quercus mongolica*)、核桃楸(*Juglans mandshurica*)、榆树(*Ulmus pumila*)、色木槭(*A-*

cer pictum subsp. *mono*)等。

2 研究方法

2.1 数据来源

乔木林是森林植被构成的主体,其质量指标能够反映森林资源质量^[7,8]。舒兰市森林资源质量评价采用乔木林资源进行分析。数据来源于舒兰市 2019 年森林资源档案数据库,依据《森林资源连续清查技术规程》(GB/T 38590—2020),从植被覆盖、森林结构、森林生产力、森林健康、森林受干扰程度 5 个层级的 16 个评价指标(见表 1、表 2)对舒兰市乔木林小班的森林质量指数进行计算,并对不同立地因子的森林质量进行评价。

2.2 评价指标分值与权重

2.2.1 评价指标分值

选取的 5 个层级中植被覆盖层级中草本盖度指标缺少相关数据,因此,用下木盖度替代灌木盖度和草本盖度。植被覆盖层级指标有植被总盖度、下木盖度和平均郁闭度,森林结构层级指标有树种结构、平均胸径、群落结构和龄组结构,指标分值见表 1。

表 1 评价指标分值(植被覆盖层级、森林结构层级)

Tab. 1 Scores of evaluation indicators (vegetation cover, forest structure)							
等级 分值	植被覆盖层级			森林结构层级			
	植被总盖 度/%	下木盖度 /%	平均郁 闭度	树种结构 (代码)	平均胸径 /cm	群落结构	龄组结构
10	≥80	≥80	≥0.9	6,7	≥37.0		成熟林
9	70~80	70~80	0.8~0.9		33.0~37.0	复杂结构	
8	60~70	60~70	0.7~0.8	5	29.0~33.0		近熟林
7	50~60	50~60	0.6~0.7		25.0~29.0		
6	40~50	40~50	0.5~0.6	3,4	21.0~25.0	较复杂结构	中龄林
5	30~40	30~40	0.4~0.5		17.0~21.0		
4	20~30	20~30	0.3~0.4	2	13.0~17.0		过熟林
3	10~20	10~20	0.2~0.3		9.0~13.0	简单结构	
2	<10	<10		1	5.0~9.0		幼龄林
1					<5.0		

森林生产力层级指标包括单位面积年均生长量、单位面积蓄积量、林木蓄积生长率和平均树高,森林健康层级指标包括健康等级、灾害等

级和林木蓄积枯损率,森林受干扰程度层级指标包括森林自然度和森林覆被类型连片面积,指标分值见表 2。

表 2 评价指标分值(森林生产力层级、森林健康层级、森林受干扰程度层级)

Tab. 2 Scores of evaluation indicators (forest productivity, forest health, forest disturbance)

等级 分值	森林生产力层级				森林健康层级			森林受干扰程度层级	
	单位面积年 均生长量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	单位面积 蓄积量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	林木蓄积 生长率/%	平均树 高/m	健康 等级	灾害 等级	林木蓄积 枯损率/%	森林自 然度	森林覆被类 型连片面积 /hm ²
10	≥18	≥190	≥10	≥20			<0.2	I	≥100
9	16~18	170~190	9~10	18~20	健康	无	0.2~0.4		50~100
8	14~16	150~170	8~9	16~18			0.4~0.6	II	40~50
7	12~14	130~150	7~8	14~16	亚健康	轻	0.6~0.8		30~40
6	10~12	110~130	6~7	12~14			0.8~1.0	III	20~30
5	8~10	90~110	5~6	10~12	中健康	中	1.0~1.2		10~20
4	6~8	70~90	4~5	8~10			1.2~1.4	IV	5~10
3	4~6	50~70	3~4	6~8	不健康	重	1.4~1.6		3~5
2	2~4	30~50	2~3	4~6			1.6~1.8	V	1~3
1	<2	<30	<2	<4			≥1.8		<1

2.2.2 评价指标权重

5 个层级森林质量评价指标权重分别为：
植被覆盖层级权重 0.15、森林结构层级权重

0.20、森林生产力层级权重 0.35、森林健康层级权重 0.20、森林受干扰程度层级权重 0.10，
具体评价指标权重见表 3。

表 3 森林质量评价指标权重

Tab. 3 Weight of forest quality evaluation indicators

层级	指标	层级权重	指标权重
植被覆盖	植被总盖度		0.3
	下木盖度	0.15	0.3
	平均郁闭度		0.4
	树种结构		0.2
森林结构	平均胸径	0.20	0.3
	群落结构		0.2
	龄组结构		0.3
	单位面积年均生长量		0.3
森林生产力	单位面积蓄积量	0.35	0.3
	林木蓄积生长率		0.2
	平均树高		0.2
	健康等级		0.4
森林健康	灾害等级	0.20	0.4
	林木蓄积枯损率		0.2
森林受干扰程度	森林自然度		0.6
	森林覆被类型连片面积	0.10	0.4

2.3 等级划分

利用 Office 2017 软件进行数据整理。

森林质量指数 EEQ 按下式计算：

$$EEQ = \sum_{i=1}^n V_i W_{ij}$$

式中： V_i 为第 i 个评价指标分值(0~10)； W_{ij} 为第 i 个评价指标权重乘以第 j 个层级权重； n 为指标个数。

全市森林综合质量指数为所有评价小班的算术平均值。根据森林质量指数,将森林质量分为好($EEQ \geq 0.7$)、中($0.5 \leq EEQ < 0.7$)、差($EEQ < 0.5$)3 个等级。

3 结果与分析

3.1 不同地貌森林质量评价

对不同地貌森林质量进行评价(中山面积较小,不做对比分析),结果表明,低山森林质量等级为中等的面积占低山森林总面积的 86.87 %,丘陵森林质量等级为中等的面积占丘陵森林总面积的 75.18 %,平原森林质量等级为中等的面积占平原森林总面积的 57.71 %(见表 4)。从森林质量指数均值可以看出,不同地貌森林质量指数由大到小依次为低山、丘陵和平原。平原和丘陵森林质量不高,可能是这些地带人为活动量较大,多为近年来经过林地清收和退耕还林措施营建的人工林,这些林分成林时间较短。

表 4 不同地貌森林质量

Tab. 4 Forest qualities under different land forms

地貌	不同质量等级森林面积/hm ²			指数均值
	好	中	差	
平原	9.1	927.7	670.8	0.521
丘陵	0.1	27 842.6	9 191.0	0.568
低山	183.3	90 400.1	13 484.2	0.608
中山	—	—	—	—

3.2 不同坡向森林质量评价

不同坡向森林质量指数均值统计结果见表 5,西南坡森林质量指数均值最大(0.606),无坡向森林质量指数均值最小(0.536),不同坡向森林质量均处于中等水平。从质量等级情况来看,东北坡、东南坡、西北坡和西南坡质量等

级为中等水平森林面积分别占其所属坡向森林总面积的 87.22 %、86.88 %、85.89 % 和 87.62 %,比例极高。由于不同树种适应的光照、水分等条件的差异,导致不同坡向上均有适宜生长的林分,因此,不同坡向森林质量指数均值差异较小。

表 5 不同坡向森林质量

Tab. 5 Forest qualities under different aspects

坡向	不同质量等级森林面积/hm ²			指数均值
	好	中	差	
北坡	139.7	35 057.2	6 225.9	0.602
东北坡	0	12 009.7	1 759.8	0.605
东南坡	0	6 941.9	1 048.1	0.599
东坡	20.0	6 812.3	1 912.8	0.586
南坡	23.2	31 633.5	6 456.8	0.596
西北坡	0.3	8 725.5	1 432.7	0.594
西南坡	0	9 084.6	1 284.0	0.606
西坡	0	7 079.3	1 953.0	0.584
无坡向	9.3	1 837.6	1 272.8	0.536

3.3 不同坡位森林质量评价

不同坡位森林质量评价结果见表 6(山脊和山谷分布的林分面积较小,对森林质量评价结果影响较大,不做对比分析),各坡位森林质量等级均处于中等水平。各坡位森林质量指数由大到小依次为全坡、上坡、中坡、下坡和平地,呈现出坡位越靠近山顶指数均值越大的趋势。主要是

因为坡位较高的区域人为活动较少,林分质量较高,如全坡质量等级为中的面积为 7 306.7 hm², 占全坡森林总面积的 97.3 %,质量等级为差的面积为 200.4 hm²,仅占全坡森林总面积的 2.7 %;平地上质量等级为中的面积为 1 563.0 hm²,占平地森林总面积 58.5 %,质量等级为差的面积为 1 100.1 hm²,占平地森林总面积的 41.2 %。

表 6 不同坡位森林质量
Tab. 6 Forest qualities under different positions

坡位	不同质量等级森林面积/hm ²			指数均值
	好	中	差	
平地	9.3	1 563.0	1 100.1	0.536
下坡	33.2	15 092.9	5 380.7	0.575
中坡	54.5	58 168.0	12 507.2	0.590
上坡	95.4	36 950.2	4 144.2	0.617
全坡	0	7 306.7	200.4	0.628
山谷	—	—	—	—
山脊	—	—	—	—

3.4 不同坡度森林质量评价

不同坡度森林质量指数均值统计结果见表 7(其中险坡面积过小不做对比分析),不同坡度森林质量均处于中等水平。斜坡和缓坡森林质量指数均值均较高,分别为 0.652、0.622,平坡的森林质量指数均值最小,为 0.548。从质量等级情况来看,斜坡质量等级为中等水平的

面积占斜坡森林总面积 98.55 %,缓坡质量等级为中等水平的面积占缓坡森林总面积 94.21 %。这主要是因为该区域人为活动较少,且在一定的坡度条件下土壤水分不会滞留,适宜林分生长,因此,在缓坡和斜坡上质量等级处于中等水平的森林面积所占比例极高。

表 7 不同坡度级森林质量
Tab. 7 Forest qualities under different slope grades

坡度	不同质量等级森林面积/hm ²			指数均值
	好	中	差	
平坡(0~5°)	9.3	6 093.9	3 425.1	0.548
缓坡(>5~15°)	52.3	49 779.6	3007.7	0.622
斜坡(>15~25°)	95.4	13 573.7	104.3	0.652
陡坡(>25~35°)	35.4	49 611.6	16 798.4	0.571
急坡(>35~45°)	0	122.4	10.2	0.613
险坡(>45°)	—	—	—	—

3.5 舒兰市森林综合质量评价

本研究对舒兰市乔木林森林质量进行综合分析,得出全市森林综合质量指数为 0.597,处于中等水平。从统计结果可以看出,全市森林质量等级为中等水平的面积所占比例最大,其次为差等级,好等级的最少。

4 结论

不同地貌森林质量指数均值均大于 0.52,森林质量等级均处于中等水平。低山 86.87 %的森林质量等级为中等,丘陵 75.18 %的森林质量等级为中等,平原 57.71 %的森林质量等级为中等。(下转第 37 页)

DOI:10.16115/j.cnki.issn.1005-7129.2024.04.007

文章编号:1005-7129(2024)04-0033-05

中图分类号:X36

文献标识码:A

白山地区自然保护地整合优化方案探析

姚雪¹, 丁京仲¹, 孙天玺²

(1. 吉林省林业调查规划院, 吉林 长春 130022; 2. 吉林长白山森工集团, 吉林 延边 133000)

摘要:本文介绍了白山地区自然保护地概况,针对其存在的主要历史问题与现实冲突,提出了整合优化预案,分析了整合优化成果,为推进白山地区自然保护地体系建设提供参考。

关键词:白山地区;自然保护地;整合优化

Analysis on the Integration and Optimization Scheme of Natural Reserves in Baishan Area

YAO Xue¹, DING Jingzhong¹, SUN Tianxi²

(1. Forestry Investigation and Planning Institution of Jilin Province, Changchun 130022, China; 2. Changbai Mountain Forest Industry Group of Jilin Province, Yanbian 133000, China)

Abstract: The general situation of nature reserves in Baishan area was introduced in this paper. Aiming at the main historical problems and realistic conflicts, the integration and optimization plan was put forward and the results of integration and optimization were analyzed. That would provide the reference for promoting the construction of nature reserves system in Baishan area.

Keywords: Baishan area; natural reserves; integration and optimization

自然保护地是由各级政府依法划定或确认,对重要自然生态系统、自然遗迹、自然景观及其所承载的自然资源、生态功能和文化价值实施长期保护的陆域或海域^[1]。为全面建成分类科学、布局合理、保护有力、管理有效、功能完备的自然保护地体系,2019年6月,中共中央办公厅、国务院办公厅颁布实施《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》,提出至2025年完成自然保护地整合归并优化工作,至2035年全面建成中国特色自然保护地体系^[1]。根据相关文件要求及会议精神,吉林省开展自然保护地整合优化工作,在对区域内各自然保护地进行科学评估的基础上,遵循“保护面积不减少,保护强度不降低,保护性质不改变”的总体要求,本着逐步降低生态环

境压力、解决突出矛盾的初衷,合理调整区域内自然保护地范围及功能区划,确保生态过程完整、物种栖息地连通,保证景观连续性和完整性,并构建与之相适应的自然保护管理体制^[2]。

1 项目区概况

1.1 自然概况

吉林省白山地区位于吉林省东南部的长白山西侧,地理位置126°7'~128°18'E、41°21'~42°48'N。东与延边朝鲜族自治州相邻,西与通化接壤,北与吉林市毗连,南与朝鲜惠山市隔鸭绿江相望。共辖6个县级行政区,包括2个市辖区、1个县级市、2个县、1个自治县,分别是浑江区、江源区、临江市、靖宇县、抚松县、长

收稿日期:2024-02-01

第一作者简介:姚雪(1986—),女,吉林长春人,工程师,主要从事林业调查规划设计工作,E-mail:367136018@qq.com。

白朝鲜族自治县。东西相距 180 km,南北相距 163 km,国境线长 458.1 km,面积 174.85 万 hm²。

白山地区地处长白山腹地,是东北森林屏障重要组成部分,为地球同一纬度上原始状态保存较好、生物物种较多的自然生物圈和物种基因库。其位于鸭绿江和松花江两大生态蓝带、辽宁沿海经济带和长吉图开发开放先导区

2 个经济带的重要连接点上,生态地位重要。
1.2 自然保护地现状

白山地区各级各类自然保护地共计 36 个,总面积 690 132.25 hm²(含交叉重叠),占本地区国土总面积(不包含长白山管委会所辖区域)的 42.17%,现有自然保护地数量按类型、保护级别统计情况见表 1。

表 1 白山地区自然保护地数量分类分级统计

Tab. 1 Number of natural reserves with different classifications and levels in Baishan area

类型		自然保护地数量/个			
		合计	国家级	省级	市、县级
自然保护区	生态系统	3	2	1	—
	自然遗迹	2	1	1	—
	野生生物	4	2	1	1
自然公园	森林公园	16	10	6	—
	地质公园	4	2	2	—
	湿地公园	4	3	1	—
	风景名胜区	3	—	3	—
合计		36	20	15	1

白山地区自然保护地按规模分:面积>50 000 hm² 的 2 个、面积>10 000~50 000 hm² 的 14 个、面积>5 000~10 000 hm² 的 6 个、面积 1 000~5 000 hm² 的 7 个、面积<1 000 hm² 的 7 个。

白山地区现有的 36 个自然保护地,有 30 个保护地设置了专门的管理机构,6 个保护地未设置管理机构和管理人员,暂由属地林业局代管。其中 2 个保护地隶属吉林省林业和草原局直管,其余分别隶属于市、县林业局和森工企业。

2 主要历史问题与现实冲突

2.1 各类自然保护地交叉重叠情况

白山地区共有 26 个自然保护地存在交叉重叠情况,几乎占保护地总数的 3/4,重叠面积 111 243.55 hm²,占保护地总面积的 16.12%。其中,有 7 个自然保护区分别与风景名胜区、森林公园、地质公园等 12 个自然公园之间交叉重叠,重叠面积 85 227.13 hm²;有 12 个自然公园之间交叉重叠,重叠面积 26 016.42 hm²。

自然保护地交叉重叠情况较为复杂,尽管现有各类自然保护地在自然生态系统、野生动植物和地质文化遗迹保护方面发挥了不可替代的作用,但是各类自然保护地的区域重叠,已经严重阻碍了生态系统的保护与发展。形成保护

地重叠的原因主要有以下几点:一是空间布局不合理,各类自然保护地在 2017 年以前分属环保、林业、农业、国土、住建、水利等部门管理,这些部门互相之间缺少有效的协调沟通,资料获取难度大,无法进行空间数据的汇总分析,导致不同类型的自然保护地之间产生重复;二是基础数据不完善,划定保护地过程不规范,范围四至不清,导致保护地之间产生重叠;三是管理不规范,管理机构不健全,管理体制不顺畅,相关保护地法规中明文规定自然保护地划定不得与其他类型自然保护地重合或交叉,地方管理部门往往疏于把控,这样就造成了自然保护地空间布局交叉重叠、多头管理、多块牌子等问题。

2.2 无规划、无范围、无管理机构的保护地情况

白山地区无规划、无矢量范围、无管理机构的自然保护地有长白山迷宫省级风景名胜区、青山湖省级风景名胜区,无矢量范围的自然保护地有抚松长白山金龙湾森林公园、江源太阳岔省级地质公园。

以上几处保护地分属文旅和国土部门管理,机构改革后转隶到林业和草原相关单位,在转隶过程中,部分重要资料空缺,为保护地的整合优化初期工作带来极大难度。后经技术团队不懈努力,通过协调当地林业、国土等相关部

门,查阅大量历史资料,利用技术手段将这些自然保护地按照现有档案痕迹恢复范围,加入到保护地整合优化面积中,确保自然保护地面积不减少、不丢失。

2.3 保护空缺情况

保护空缺地规划要坚持“科学评估、精准保护、集中连片、应保尽保”的原则,尽量避开人员密集区域,防止与原住民生产生活、区域经济和社会发展产生新的矛盾冲突。通过对白山地区的生态资源进行筛选和保护价值评估,确定本区内整体上保护效果明显,大部分区域做到了应保尽保,同时也发现保护地周边分布有生态功能重要、生态保护价值高、生物多样性丰富且自然生态保护空缺的区域。经调查,在长白县范围内还分布有一定数量的湿地资源,生物多样性丰富,人为活动较少,且无权属争议,拟纳入自然保护地体系进行保护管理。

2.4 自然保护地内矛盾冲突情况

经初步统计,白山地区有城镇建成区 110 个,总面积 2 879. 28 hm²,涉及 22 个自然保护地,人口 99 898 人;村庄 270 个,总面积 2 857. 22 hm²,涉及 33 个自然保护地,人口 98 174 人;永久基本农田总面积 25 817. 62 hm²,涉及 26 个自然保护地;人工集体商品林总面积 23 969. 29 hm²,涉及 23 个自然保护地;矿业权 384 个,总面积 90 172. 13 hm²,涉及 25 个自然保护地。有 1 个自然保护地内涉及经济开发区,吉林靖宇国家级自然保护区内矿泉水经济开发区,面积为 992. 68 hm²。

此外,据初步调查,白山地区在自然保护区设立之前就存在合法水利水电设施(水电站)2 处,均在原自然保护区缓冲区内。在吉林鸭绿江上游国家级自然保护区的实验区内分布有“少数民族特色村寨”2 处,即长白县金华乡十六道沟村、长白县十四道沟镇望天鹅新村。在吉林鸭绿江上游国家级自然保护区实验区内(干沟子村)分布有重要人文历史遗迹古墓群 1 处。

3 整合优化预案

3.1 自然保护地范围调整

3.1.1 调出自然保护地的地块情况

白山地区的自然保护地建立时间较早,在区划保护地范围之初,因为技术手段和保护理念的制约,将大量的村屯、农田以及生活必要设施均划入保护地范围。随着时代的进步,城镇

化进程逐步推进,保护地版块逐步被割裂破碎,保护地生态价值日趋降低。因此,此次调整将保护地内人口密集的建制镇、村屯、成片集体人工商品林、开发区等人为活动频繁的地块调出。此外,依照“国土三调”最新数据并结合实地踏查,对保护地边界进行修正,以弥补早期因技术手段有限造成的边界误差。通过调整,有效减少了人为活动区域与保护地内野生动植物生存区域的交叉,减轻了保护地管理部门的管护压力,利于原住民维系正常的生产生活秩序,妥善处理了保护与发展间的矛盾。

3.1.2 调入自然保护地的地块情况

为保持生态系统完整,确保整合优化后自然保护地面积不减少,本着“应划尽划,应保尽保”原则,将保护地周边生态保护价值高、林地质量好、生物多样性丰富的地块,纳入到自然保护地内。调入地块基本为国有或集体林地,权属无争议,多为天然起源,林相整齐,结构复杂,植物种类丰富,周边区域人为干扰较小,原真性好,且与原保护地连通,生态过程完整。

3.2 自然保护区功能分区调整

白山地区自然保护区总面积 151 165. 16 hm²,原核心区、缓冲区的总面积为 120 956. 57 hm²,试验区面积 30 208. 59 hm²。本次整合在科学评估论证的基础上,进行了功能分区调整,具体分为以下 4 种情况:一是从自然保护区试验区调整到核心保护区面积 3 395. 27 hm²,涉及 3 个自然保护区,调整区域是国家重点保护野生动植物分布的关键区域和生态廊道的重要节点;二是从保护区外调整到核心保护区面积 5 193. 02 hm²,涉及 4 个自然保护区,调入区域是保护价值较高、无人活动、林地质量较高、无林权争议的地块;三是从核心区和缓冲区调整到一般控制区面积 20 223. 52 hm²,涉及 5 个自然保护区,主要是村庄、少数民族特色村寨及人为活动较多的区域;四是从保护区外调整到一般控制区面积 6 777. 83 hm²,涉及 7 个自然保护区,调入理由是能更好地保护核心保护区资源,调入林地质量较高、无林权争议的地块。

4 整合优化成果分析

4.1 整合优化后的自然保护区

调整前后自然保护区变化情况见表 2。整合优化后自然保护区数量为 7 个,总面积 158 649. 67 hm²。其中,国家级自然保护区 5

个,面积 135 027. 98 hm²(核心区保护区面积 96 307.26 hm²,一般控制区面积 38 720.72 hm²); 核心区保护区面积 10 633.25 hm²,一般控制区面积 12 988.44 hm²)。 省级自然保护区 2 个,面积 23 621.69 hm²(核

表 2 白山地区调整前后自然保护区变化情况

调整前后自然保护区变化情况								
级别	调整前			调整后			变化	
	功能区	总数量/个	面积/hm ²	功能区	总数量/个	面积/hm ²	总数量/个	面积/hm ²
国家级	核心区		58 950.63	核心区保护区		96 307.26		
	缓冲区	5	47 212.90		5		0	-9 856.36
	试验区		24 213.08			38 720.72		14 508.27
省级	核心区		9 371.49	核心区保护区		10 633.25		
	缓冲区	3	4 210.06		2		-1	-4 159.7
	试验区		5 996.16			12 988.44		6 992.3
市、县级	核心区		1 211.38	核心区保护区		0		
	缓冲区	1	0		0		-1	-1 211.38
	试验区		0			0		0

从表 2 中可以看出,整合优化后自然保护区数量减少 2 个,保护区总面积增加 7 484.51 hm²。其中,国家级自然保护区数量未变,面积增加 4 651.91 hm²(核心区保护区面积较调整前核心区及缓冲面积之和面积共减少 9 856.36 hm²,一般控制区比优化调整前试验区面积增加 14 508.27 hm²);省级自然保护区数量减少 1 个,面积增加 2 832.6 hm²(核心区保护区面积较调整前核心区及缓冲面积之和面积共减少 4 159.7 hm²,一般控制区比优化调整前试验区

面积增加 6 992.3 hm²);市、县级自然保护区数量比优化调整前减少 1 个(该保护区转化为自然公园),面积减少 1 211.38 hm²。

4.2 整合优化后的自然公园

整合优化后自然公园数量共计 18 个,总面积 228 243.72 hm²。其中,国家级自然公园 13 个,面积 222 284.41 hm²;省级自然公园 5 个,面积 5 959.31 hm²。自然公园全部合并或转化,没有撤销。

表 3 白山地区自然公园整合前后对比

Changes of natural parks before and after integration in Baishan area						
级别	整合前		整合后		变化	
	数量/个	面积/hm ²	数量/个	面积/hm ²	数量/个	面积/hm ²
国家级	15	182 754.84	13	222 284.41	-2	39 529.57
省级	12	356 212.25	5	5 959.31	-7	-350 252.94
合计	27	538 967.09	18	228 243.72	-9	-310 723.37

从表 3 中可以看出,整合优化后,自然公园数量减少 9 个,总面积减少 310 723.37 hm²。其中,国家级自然公园减少 2 个,面积增加 39 529.57 hm²;省级自然公园减少 7 个,面积减少 350 252.94 hm²。

4.3 解决的矛盾问题

白山地区优化调整后无重叠现象,彻底解

决了不同类型自然保护地交叉重叠问题。整合优化后,自然保护地内城镇建成区面积由调整前的 2 879.28 hm² 减少至 8.50 hm²,村庄面积由调整前的 2 857.22 hm² 减少至 304.14 hm²,永久基本农田面积由调整前的 25 817.62 hm² 减少至 3 746.51 hm²,成片人工集体商品林面积由调整前的 23 969.29 hm² 减少至 3 157.59 hm²,

矿业权面积由调整前的 90 172. 13 hm² 减少至 41 819. 61 hm², 开发区全部调出, 解决了自然保护地存在的历史遗留与现实矛盾冲突问题。有 150 608. 17 hm² 生态功能重要、生态保护价值高、生物多样性丰富的地块纳入到保护地体系管理, 大大提升了白山地区自然保护地体系生态空间的连续性。整合优化后的自然保护地管理机构按照“确保级别不降低、管理人员不减少、保护能力不减弱”的要求设置, 调整后每个自然保护地设立一套机构、一块牌子, 有效解决了原保护地管理上存在的“批而不建、建而不管、管而不力”问题。

5 结语

自然保护地整合优化是构建以国家公园为主体的自然保护地体系的重要举措和关键路径, 是一项兼具科学性、系统性、复杂性、创新性的工作^[3]。历史遗留与现实冲突问题也非一朝一夕可以解决, 这就要求长期细致地开展整

合优化后续工作, 建议以此项工作为契机, 重新开展自然保护地本底调查, 根据结果做好保护地勘界立标, 并与生态红线划定相衔接, 进一步完善自然资源统一确权登记, 预留保护与发展的缓冲空间, 妥善处理发展保护之间的矛盾, 使保护与发展相得益彰。

参考文献

[1] 中共中央办公厅, 国务院办公厅. 关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见[Z/OL]. (2019—06—26) [2024—01—25] http://www.xinhuanet.com/politics/2019-06/26/c_1124675392.htm.

[2] 赵晶博, 王辉, 张英楠, 等. 吉林省白城地区自然保护地整合优化方法探究[J]. 农业与技术, 2021, 41(9): 94-96.

[3] 杨媛媛. 株洲市自然保护地整合优化初探[J]. 现代农业科技, 2022(4): 135-137.

(本篇专家编审: 陈建军)

(上接第 32 页)

各坡向森林质量指数均值范围为 0. 53 ~ 0. 61, 森林质量均处于中等水平。东北坡、东南坡、西北坡和西南坡质量等级为中等水平森林面积占其所属坡向森林总面积的比例均大于 85 %。

各坡位森林质量指数均值均大于 0. 53, 森林质量等级均处于中等水平。在各个坡位中, 全坡质量等级为中的面积占全坡森林总面积的 97. 3 %, 比例最高; 比例最低的平地上, 质量等级为中的面积占平地森林总面积也达到了 58. 5 %。

各坡度森林质量指数均值均大于 0. 54, 森林质量等级均处于中等水平。从各坡度来看, 斜坡、缓坡质量等级为中等水平的面积所占比例较高, 均占斜坡、缓坡森林总面积的 94 % 以上。

本文分析了不同立地因子下舒兰市的森林质量指数和质量等级, 基于舒兰市 2019 年森林资源档案数据, 得出舒兰市森林综合质量指数为 0. 597, 全市森林质量等级处于中等水平。

参考文献

[1] 余畅. 我国森林质量的现状与管理建议[J]. 中国

林业经济, 2020(6): 91-94.

[2] 周志峰. 威海市双岛林场黑松海防林森林资源质量状况评价[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2022, 42(4): 125-132.

[3] Zhao Q X, Yu S C, Zhao F, et al. Comparison of machine learning algorithms for forest parameter estimations and application for forest quality assessments[J]. *Forest Ecology and Management*, 2019, 434: 224-234.

[4] 张峰, 张丽君, 胡炜, 等. 基于小班尺度的县域森林质量评价研究[J]. 林业与环境科学, 2020, 36(1): 21-29.

[5] Liang X Q, Yang T, Niu J Z, et al. Quality assessment and rehabilitation of mountain forest in the Chongli Winter Olympic Games area, China[J]. *Forests*, 2022, 13(5): 783.

[6] 彭泰来, 熊嘉武, 邢元军, 等. 基于 Fuzzy 的海南省天然林资源质量评估[J]. 林业与环境科学, 2023, 39(2): 97-102.

[7] 赵青, 黄菲, 陈晓辉, 等. 乔木林丧失的时空变化及驱动力分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2022, 46(2): 227-235.

[8] 邵炜, 熊宇, 卢惠, 等. 永定河流域森林质量评价与分析[J]. 陕西林业科技, 2021, 49(6): 36-40.

(本篇专家编审: 林士杰)

DOI:10.16115/j.cnki.issn.1005-7129.2024.04.008

文章编号:1005-7129(2024)04-0038-05

中图分类号:S714

文献标识码:A

氮沉降对森林土壤有机碳矿化影响的研究进展

苗雪松¹, 郑军¹, 田晓华², 张伟伦¹, 赵士博¹, 史泽林¹

(1. 吉林省林业调查规划院, 吉林 长春 130022; 2. 前郭尔罗斯蒙古族自治县查干花国有林分场, 吉林 松原 131123)

摘要:本文综述了氮沉降对森林土壤有机碳(SOC)矿化影响的研究进展,分别叙述了氮沉降下土壤微生物变化对SOC矿化的影响、氮沉降下土壤理化性质对SOC矿化的影响及氮沉降量对SOC矿化的影响。

关键词:氮沉降;土壤有机碳矿化;土壤微生物;土壤理化性质

Research Progress on Effects of Nitrogen Deposition on Forest Soil Organic Carbon Mineralization

MIAO Xuesong¹, ZHENG Jun¹, TIAN Xiaohua², ZHANG Weilun¹, ZHAO Shibo¹, SHI Zelin¹

(1. Forestry Investigation and Planning Institution of Jilin Province, Changchun 130022, China; 2. Chaganhua State-owned Forest Farm in Mongolian Autonomous County of Qian Gorlos, Songyuan 131123, China)

Abstract: The research progress on the effects of nitrogen deposition on forest soil organic carbon mineralization was reviewed in this paper. The effects of soil microbial changes on soil organic carbon mineralization under nitrogen deposition, the effects of soil physicochemical properties on soil organic carbon mineralization under nitrogen deposition, and the effects of nitrogen deposition amount on soil organic carbon mineralization were described.

Keywords: nitrogen deposition; soil organic carbon mineralization; soil microorganism; soil physicochemical properties

氮沉降是指大气中的氮化合物通过降水作用进入土壤的过程,包括化学沉降和生物沉降。化学沉降是指大气中的氮以无机氮的形式沉降到地表,包括氨、亚硝酸盐和硝酸盐。生物沉降是指大气中的氮以有机氮的形式沉降到地表,包括尿素、谷氨酰胺和天冬酰胺^[1]。自工业革命开始,源于人类活动的外源氮输入持续增长,氮沉降已成为继温室效应之后另一令人担忧的问题。目前,我国的年均氮沉降量从19世纪的 $1.3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 增加到了现在的 $2.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ^[2],已被确定为世界第三大氮沉降区^[3]。据预测,到2050年全球人为活动每年产生的活性氮含量

将达到200 Tg,远远超出全球氮临界负荷^[4, 5]。氮沉降的持续输入不仅对生态系统的结构和功能产生影响,还对森林土壤有机碳(SOC)矿化过程有着重要影响。氮沉降带来的活性氮可以增加地上植物生物量及地下根系分泌物,更能有效刺激土壤微生物活性,提高SOC矿化速率^[6];但是氮沉降沉积过多则会导致土壤微生物中毒和土壤酸化,抑制SOC矿化过程^[7, 8],在特定土壤环境中氮沉降可能对SOC矿化过程没有任何影响^[9]。

SOC矿化是指土壤中有有机物经微生物分解释放出 CO_2 的过程^[10]。土壤中的有机碳库

收稿日期:2024-02-12

第一作者简介:苗雪松(1995—),男,内蒙古乌兰浩特人,助理工程师,主要从事森林资源调查工作,E-mail:1395402463@qq.com。

是陆地生态系统中最大的碳库, SOC 矿化所释放出的 CO_2 使大气中碳浓度升高, 对全球气候变化产生深远的影响。SOC 矿化主要包括土壤微生物(土壤动物)呼吸、地上植物根呼吸、土壤有机质分解, 其中微生物呼吸所占比例较大^[11]。目前氮沉降对 SOC 矿化过程的影响表现为促进、无影响或抑制, 这些不一致的结果受氮添加量、氮添加周期、土壤氮初始含量、生态系统类型等多种因素影响。同时, 氮沉降量增加引起的土壤环境因子的变化, 可能与全球气候变化一起, 进一步加剧对土壤碳、氮转化的影响。虽然人们在土壤有效氮增加对 SOC 矿化过程的影响方面已经取得了不少成果, 但受理论和研究方法的限制, 目前还有很多争议。本文主要从氮沉降背景下土壤微生物、土壤理化性质和氮沉降量 3 个方面对 SOC 矿化的影响进行论述。

1 氮沉降下土壤微生物变化对 SOC 矿化的影响

土壤微生物是陆地生态系统重要的组成部分, 同时也是土壤碳、氮循环, 物质转化的重要驱动力^[12]。土壤微生物不仅自身是土壤碳、氮储量的重要载体, 还可以通过胞外酶间接影响土壤碳、氮的转化^[13]。研究表明, 氮沉降可以促进土壤微生物的活性、提供微生物所需的氮源, 增加土壤中氮的可利用性, 从而提高土壤微生物活性, 刺激微生物对 SOC 进行分解; 并且氮源的增加还会促进微生物的生长, 提高土壤微生物的生物量和呼吸作用, 进一步促进 SOC 的分解和矿化^[14]。此外, 氮沉降还改变了土壤微生物的代谢途径, 如硝化和反硝化过程。硝化是将 NH_4^+ 转化为硝酸盐的过程, 而反硝化是将硝酸盐还原为氮气的过程。一些研究表明, 氮沉降会促进土壤中的硝化作用, 从而增加土壤中硝酸盐的含量。另一些研究表明, 氮沉降会抑制反硝化作用, 从而减少土壤中的氮气排放, 进而影响 SOC 的矿化^[15]。

氮沉降还可能通过改变土壤微生物群落结构和功能来影响 SOC 矿化。研究发现, 氮沉降可以导致土壤微生物群落的物种组成和丰度发生变化, 从而改变土壤微生物对 SOC 的分解能力^[16]。同一生长环境中, 不同种类和组成的土壤微生物对 SOC 的矿化能力不同^[17, 18]。根据研究结果, 以真菌为主的微生物群落对 SOC 矿

化的速率更高, 而细菌群落则相对较低, 主要原因是真菌群落的碳氮比大小和适应范围都高于细菌, 对碳源有更多的数量需求^[19]。Li J 等^[20]发现施氮后土壤有机层真菌群落数量与 SOC 矿化速率呈正相关, 此外, 还有研究表明微生物群落中以利用新鲜有机质为主的 r 对策种在前期对 SOC 矿化的速率更高, 但在后期, 以利用土壤有机质为主的 k 对策种对 SOC 分解更快^[21]。

2 氮沉降下土壤理化性质对 SOC 矿化的影响

2.1 土壤中氮状态

氮通常是陆地生态系统中生物生长的限制因素, 北方森林和温带森林普遍被认为受氮的限制, 在氮限制地区, 外源氮添加会增加氮有效性, 缓解氮限制, 促进微生物生长, 增加 SOC 矿化速率^[22]。Li J 等^[20]利用 $^{18}\text{O}-\text{H}_2\text{O}$ 同位素追踪法, 在温带红松林中探究长期氮添加对不同土壤层微生物碳利用效率(CUE)的影响, 氮添加水平为 0、2.5 和 $7.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 得出低氮添加显著增加了有机土壤层的微生物 CUE, 高氮添加则显著减少了微生物 CUE, 而在矿质土壤层则相反。不同土层的土壤氮状态不同, 因此, 相同试验条件下对土壤微生物生长的影响有显著差异, 从而对 SOC 矿化的影响不同。深层土壤(30 cm 以下)是陆地生态系统中主要的有机碳库, 但其氮含量通常少于表层土壤。Liao C 等^[23]将氮和 ^{13}C 标记的葡萄糖投入到深层土壤中进行短期室内培养试验, 探究施氮和易分解碳对深层 SOC 矿化的影响, 发现氮和葡萄糖的添加促进了深层 SOC 的矿化, 导致正向激发效应, 且激发效应的大小随着氮的增加而显著减少。但是在氮含量相对充足的地方, 氮沉降可能会增加土壤酸化和微生物毒害的风险, 过量的氮会改变微生物群落结构, 降低微生物活性和对底物的降解能力, 进而造成 SOC 矿化速率降低^[24]。

2.2 土壤 pH

氮沉降可以通过改变土壤 pH 来影响微生物代谢和生长, 进一步影响 SOC 的矿化过程。首先氮沉降中的硝酸根离子(NO_3^-)可以被土壤微生物还原为亚硝酸根离子(NO_2^-), 进而转化为铵根离子(NH_4^+), 这个过程会释放出 H^+ , 降低土壤的 pH, 导致土壤变得更加酸化^[25]。而

释放出的 H^+ 还可能影响土壤中其他离子的平衡,例如替代 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} ,导致这些重要的营养离子淋失,进一步影响土壤的 pH ^[26]。此外,受氮沉降影响的地上植物可能会增加对 Al^{3+} 的吸收,过量吸收 Al^{3+} 会产生毒害,降低植物生产力^[27]。这种酸化的土壤环境和植物生产力的降低会严重影响土壤微生物的生存和活性,进而干扰 SOC 矿化过程^[28]。例如,梁阳森等^[29]在云南华山松人工林中模拟氮沉降下土壤特性变化对土壤呼吸的影响,发现与对照相比,氮添加处理均降低了土壤 pH ,且证明氮沉降抑制了土壤呼吸,抑制作用与氮浓度呈显著正相关。

2.3 土壤化学计量比

氮沉降会改变土壤中有机碳的组成和质量,可以使土壤中氮和碳的比例发生变化,从而影响有机碳的稳定性和降解速率。土壤生态化学计量比可以反映土壤组成和土壤质量,是保证微生物养分供应的重要指标^[30]。根据前人研究,土壤微生物的最佳 C : N : P 值约为 60 : 7 : 1,但土壤有机质的化学计量比通常低于微生物生长的最佳化学计量比^[31],因此,微生物在自然情况下会受到碳元素限制^[32]。微生物活动的生态策略是为了保持自身化学计量的稳定性,这种化学计量的内稳态在土壤碳氮比发生变化时被打破^[33]。而氮沉降会增加土壤氮含量,降低土壤碳氮比,加剧微生物碳源限制。微生物为了维持自身化学计量比的平衡,会优先获取自身最缺乏的营养元素用于生长,因此,氮沉降后微生物会直接利用土壤中氮、磷等营养元素对 SOC 进行矿化分解,从而获得碳源满足自身的生长需求^[14]。但当土壤中氮充足时,额外氮的投入会导致土壤化学计量比严重失衡,微生物除受碳源限制外,又转向磷等其他营养元素的限制。这种情况下,微生物可能会大量消耗碳源来获取磷等营养元素,也可能通过限制自身生长来适应此时的生长环境,这 2 种解决办法都会影响微生物对 SOC 的矿化过程。

2.4 土壤温度

在氮沉降背景下,土壤环境升温通常会促进 SOC 矿化。孙彦坤等^[34]在探究不同季节下氮输入对洪河湿地土壤呼吸的影响中发现,氮添加提高了 SOC 的矿化量,且温度是影响呼吸通量季节变化的主要因子, CO_2 排放量与温度

表现出显著的相关性。其原因可能是土壤温度直接影响微生物活性,适当的温度会加快微生物的代谢、生长及对土壤有机质的分解。但是长期的增温也会使微生物产生抗性,对环境温度不再敏感。Melillo J M 等^[35]在中纬度阔叶林中进行长达十年的试验,记录了土壤碳和氮循环的变化,研究发现增温会促进土壤碳排放,但这种促进效果会随着时间延长慢慢变弱。此外,不同种类的氮输入也可能在增温下抑制 SOC 的矿化。陈庆海等^[36]在探究铵态氮、硝态氮 2 种氮源下不同温度(10 °C、20 °C、30 °C)对黑杨人工林 SOC 矿化影响中发现,10 °C 时铵态氮的输入会促进 SOC 累积矿化量,但温度升高到 20 °C 和 30 °C 时,铵态氮对 SOC 矿化的影响转为抑制作用;而硝态氮处理在整个培养过程中的 SOC 累积矿化量始终低于对照,总体表现为抑制 SOC 矿化过程。

3 氮沉降量对 SOC 矿化的影响

根据土壤中氮的饱和程度不同,氮沉降量可能对 SOC 矿化产生促进、抑制或无影响的作用。通常来说,氮沉降的输入会促使 SOC 向较不稳定的形式转化,同时为微生物补充额外的营养元素,使得土壤微生物更容易获得有机碳中的碳源。例如,樊后保等^[37]探究氮沉降对杉木飞播林 SOC 影响的试验表明,随着氮水平的增高,氮沉降明显提高了 SOC 的矿化速率,但土壤中氮充足时,过量的氮添加反而会抑制 SOC 矿化。席颖青等^[38]在模拟氮添加对亚热带杉木人工林 SOC 矿化的影响中指出,氮添加对杉木人工林 SOC 矿化有显著的抑制作用,并且这种抑制效果与氮添加量呈显著正相关。Wang H 等^[39]在探究硝酸铵(NH_4NO_3)、尿素($CO(NH_2)_2$)及外源碳(玉米秆)对农田土壤有机质矿化的影响中发现,当没有添加玉米秆时, NH_4NO_3 和 $CO(NH_2)_2$ 的添加都显著减少了土壤有机质的矿化,其原因是 NH_4^+ 浓度过高,导致土壤微生物“氨中毒”,活性显著下降。产生这样情况的主要因素除微生物中毒外,还可能是过多的氮造成了土壤酸化或加剧磷等其他营养元素的限制,降低微生物代谢活性。Cui Y X 等^[40]利用细胞外酶促反应的化学计量模型和定量 PCR 技术研究了 4 种施氮水平下土壤微生物的代谢限制,发现施氮增加了微生物对磷

的需求,且强烈抑制了硝化和反硝化潜力,导致土壤碳循环受到了抑制。而 Tan Q Q 等^[41]在内蒙古草原进行多个氮添加水平试验,验证氮沉降与氮添加速率对 SOC 周转速率的影响,结果显示 SOC 的周转速率不受影响。

4 结论

综上所述,氮沉降可以通过影响土壤微生物的生理特性和代谢途径,直接影响 SOC 的矿化过程。这种影响是复杂的,并且可能间接受到土壤理化性质、氮沉降水平和其他环境因素的调节。总体而言,短期内氮沉降通常对 SOC 矿化的影响是正向的,即氮沉降会促进 SOC 的矿化。但过度的氮沉积,也会造成土壤酸化,危害土壤微生物及地上植物。而 SOC 的含量变化会影响土壤的物理性质、化学性质和生物性质,从而影响土壤的肥力和生态功能。因此,深入研究这些机制和效应对于保护土壤的质量和生态环境至关重要,持续关注相关研究对土壤碳循环和生态系统的稳定性具有重要意义。

参考文献

[1] 黄美艳,肖辉林. 大气氮沉降的增加对森林营养和胁迫敏感性的研究[J]. 广东林业科技, 1997, 13(2): 34-36.

[2] Yu G R, Jia Y L, He N P, et al. Stabilization of atmospheric nitrogen deposition in China over the past decade[J]. *Nature Geoscience*, 2019, 12(6): 424-429.

[3] Chen X P, Wang G X, Zhang T, et al. Effects of warming and nitrogen fertilization on GHG flux in an alpine swamp meadow of a permafrost region[J]. *The Science of the Total Environment*, 2017, 601/602: 1389-1399.

[4] Galloway J N, Townsend A R, Erisman J W, et al. Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions [J]. *Science*, 2008, 320(5878): 889-892.

[5] Kaiser J. The other global pollutant: nitrogen proves tough to curb [J]. *Science*, 2001, 294 (5545): 1268-1269.

[6] Zhang J J, Yang H, Wang J S, et al. Soil and climate determine differential responses of soil respiration to nitrogen and acid deposition along a forest transect[J]. *European Journal of Soil Biology*, 2019, 93: 103097.

[7] Tao B X, Wang Y P, Yu Y, et al. Interactive effects of nitrogen forms and temperature on soil organic car-

bon decomposition in the coastal wetland of the Yellow River Delta, China[J]. *Catena*, 2018, 165: 408-413.

[8] Zheng S, Bian H F, Quan Q, et al. Effect of nitrogen and acid deposition on soil respiration in a temperate forest in China[J]. *Geoderma*, 2018, 329: 82-90.

[9] 朱依凡, 孙兆林, 王清奎. 生物炭和氮添加对亚热带常绿阔叶林土壤有机碳分解与平衡的影响[J]. 生态学报, 2020, 39(9): 2851-2859.

[10] Walker T W N, Kaiser C, Strasser F, et al. Microbial temperature sensitivity and biomass change explain soil carbon loss with warming[J]. *Nature Climate Change*, 2018, 8(10): 885-889.

[11] 雒守华. 模拟氮沉降对华西雨屏区光皮桦林凋落物分解、土壤酶活性和土壤呼吸的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2010.

[12] Malik A A, Puissant J, Buckeridge K M, et al. Land use driven change in soil pH affects microbial carbon cycling processes[J]. *Nature Communications*, 2018, 9(1): 3591.

[13] 梁超, 朱雪峰. 土壤微生物碳泵储碳机制概论[J]. 中国科学: 地球科学, 2021, 51(5): 680-695.

[14] 张雪冰, 张泽和, 鲁显楷. 森林生态系统土壤微生物碳利用效率对氮沉降增加的响应及其机制[J]. 地球科学进展, 2023, 38(10): 999-1014.

[15] 谢丹妮, 仰东星, 段雷. 森林生态系统对大气氮沉降降低的响应[J]. 环境科学, 2023, 44(5): 2681-2693.

[16] 袁吉有. 大气氮沉降对森林土壤微生物影响的研究进展[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2023, 45(1): 199-210.

[17] Domeignoz-Horta L A, Pold G, Liu X J A, et al. Microbial diversity drives carbon use efficiency in a model soil [J]. *Nature Communications*, 2020, 11(1): 3684.

[18] Bonner M T L, Shoo L P, Brackin R, et al. Relationship between microbial composition and substrate use efficiency in a tropical soil [J]. *Geoderma*, 2018, 315: 96-103.

[19] 陈智, 于贵瑞. 土壤微生物碳素利用效率研究进展[J]. 生态学报, 2020, 40(3): 756-767.

[20] Li J, Sang C P, Yang J Y, et al. Stoichiometric imbalance and microbial community regulate microbial elements use efficiencies under nitrogen addition[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2021, 156: 108207.

[21] Lipson D A. The complex relationship between mi-

- crobial growth rate and yield and its implications for ecosystem processes[J]. *Frontiers in Microbiology*, 2015, 6: 615.
- [22]刘蓉,李涛琴,包崇银. 氮沉降增加对中国森林生态系统的生态效应[J]. 林业科技通讯, 2024(1): 36-41.
- [23]Liao C, Tian Q X, Liu F. Nitrogen availability regulates deep soil priming effect by changing microbial metabolic efficiency in a subtropical forest[J]. *Journal of Forestry Research*, 2021, 32(2): 713-723.
- [24]Ziegler S E, Billings S A. Soil nitrogen status as a regulator of carbon substrate flows through microbial communities with elevated CO₂[J]. *Journal of Geophysical Research*, 2011, 116(G1): G01011.
- [25]Phoenix G K, Emmett B A, Britton A J, et al. Impacts of atmospheric nitrogen deposition: responses of multiple plant and soil parameters across contrasting ecosystems in long-term field experiments[J]. *Global Change Biology*, 2012, 18(4): 1197-1215.
- [26]鲁显楷,莫江明,张炜,等. 模拟大气氮沉降对中国森林生态系统影响的研究进展[J]. 热带亚热带植物学报, 2019, 27(5): 500-522.
- [27]Lucas R W, Klaminder J, Futter M N, et al. A meta-analysis of the effects of nitrogen additions on base cations: implications for plants, soils, and streams[J]. *Forest Ecology and Management*, 2011, 262(2): 95-104.
- [28]Malik A A, Martiny J B H, Brodie E L, et al. Defining trait-based microbial strategies with consequences for soil carbon cycling under climate change[J]. *The ISME Journal*, 2020, 14(1): 1-9.
- [29]梁阳森,王克勤,宋娅丽,等. 氮沉降下滇中华山松林土壤特性变化对土壤呼吸的影响[J]. 西北林学院学报, 2023, 38(6): 10-19.
- [30]Khalili B, Ogunseitan O A, Goulden M L, et al. Interactive effects of precipitation manipulation and nitrogen addition on soil properties in California grassland and shrubland[J]. *Applied Soil Ecology*, 2016, 107: 144-153.
- [31]Zhang Q F, Qin W K, Feng J G, et al. Responses of soil microbial carbon use efficiency to warming: review and prospects[J]. *Soil Ecology Letters*, 2022, 4(4): 307-318.
- [32]Soong J L, Fuchslueger L, Maraňon-Jimenez S, et al. Microbial carbon limitation: the need for integrating microorganisms into our understanding of ecosystem carbon cycling[J]. *Global Change Biology*, 2020, 26(4): 1953-1961.
- [33]Persson J, Fink P, Goto A, et al. To be or not to be what you eat: regulation of stoichiometric homeostasis among autotrophs and heterotrophs[J]. *Oikos*, 2010, 119(5): 741-751.
- [34]孙彦坤,杨帆,张立友,等. 温度、氮输入对洪河湿地 CO₂ 通量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2013, 44(2): 71-76.
- [35]Melillo J M, Steudler P A, Aber J D, et al. Soil warming and carbon-cycle feedbacks to the climate system[J]. *Science*, 2002, 298(5601): 2173-2176.
- [36]陈庆海,陶宝先,商玉冰,等. 氮素形态与温度对鲁西沙区林地土壤有机碳矿化的交互作用[J]. 农业环境科学学报, 2023, 42(2): 414-423.
- [37]樊后保,袁颖红,王强,等. 氮沉降对杉木人工林土壤有机碳和全氮的影响[J]. 福建林学院学报, 2007, 27(1): 1-6.
- [38]席颖青,李晓,刘小飞. 模拟氮添加对亚热带杉木人工林土壤有机碳矿化的影响[J]. 土壤, 2023, 55(1): 196-204.
- [39]Wang H, Hu G Q, Xu W H, et al. Effects of nitrogen addition on soil organic carbon mineralization after maize stalk addition[J]. *European Journal of Soil Biology*, 2018, 89: 33-38.
- [40]Cui Y X, Zhang Y L, Duan C J, et al. Ecoenzymatic stoichiometry reveals microbial phosphorus limitation decreases the nitrogen cycling potential of soils in semi-arid agricultural ecosystems[J]. *Soil and Tillage Research*, 2020, 197: 104463.
- [41]Tan Q Q, Wang G A, Liu X J, et al. Responses of soil organic carbon turnover to nitrogen deposition are associated with nitrogen input rates: derived from soil ¹⁴C evidences[J]. *Environmental Pollution*, 2018, 238: 500-507.

(本篇专家编审:陈建军)

DOI:10.16115/j.cnki.issn.1005-7129.2024.04.009

文章编号:1005-7129(2024)04-0043-03

中图分类号:F326.2

文献标识码:A

吉林省林草信息化建设现状、问题及发展对策

王牧原¹, 孙鹏宇², 张然¹, 朱悦明³, 刘玉敏¹, 王奇⁴

(1. 吉林省林业信息中心, 吉林 长春 130022; 2. 吉视传媒股份有限公司, 吉林 长春 130017; 3. 吉林省林木种子调制储备中心, 吉林 长春 130061; 4. 吉林省林业勘察设计院, 吉林 长春 130022)

摘要:本文简介了吉林省林草信息化建设现状,梳理出信息化发展过程中存在的问题,有针对性地提出了今后发展对策。

关键词:吉林省;林草信息化;建设现状;问题;发展对策

Present Situation, Existing Problems and Development Countermeasures of Forest and Grass Informatization Construction in Jilin Province

WANG Muyuan¹, SUN Pengyu², ZHANG Ran¹, ZHU Yueming³, LIU Yumin¹, WANG Qi⁴

(1. Forestry Information Center of Jilin Province, Changchun 130022, China; 2. Jishi Media Limited Company, Changchun 130017, China; 3. Forest Seed Modulation and Reserve Center of Jilin Province, Changchun 130061, China; 4. Forestry Survey and Design Institute of Jilin Province, Changchun 130022, China)

Abstract: The present situation of forest and grass informatization construction in Jilin Province was briefly introduced in this paper. The problems existing in the process of informatization development were sorted out. The future development countermeasures were put forward.

Keywords: Jilin Province; forest and grass informatization; present situation of construction; existing problems; development countermeasures

中国式现代化是人与自然和谐共生的现代化,随着信息革命的到来,林草业的发展将会向程度更深、范围更广的信息化变革,向更高级别的数字化、网络化、智能化迈进。林草信息化作为林草行业的新发展模式,将“信息化”与“生态文明”相结合,既满足了林草业的新需求,也是林草行业高质量发展的着力点和突破口。

2021 年,国家林草局将吉林省和江西省确定为“感知生态智慧林草”项目试点示范省。根据《“十四五”林业草原保护发展规划纲要》

指导精神^[1],吉林省加快了林草大数据管理应用基础平台建设,以遥感、5G、云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术为支撑,以林草综合检测数据为基础,建成林草生态网络感知系统,实现林草资源监督管理、预警预测、动态监测、综合评估等功能,从而提升了林草资源管理水平,实现多维度、全天候、全覆盖的监管监测工作目标^[2,3],最终形成了林草资源“图、库、数”全方位、一体化智慧应用系统,应用于森林、草原、湿地、荒漠、国家公园等自然保护地、陆生野生动植物、重大生态工程等监测和森林

收稿日期:2024—03—20

第一作者简介:王牧原(1982—),男,黑龙江哈尔滨人,高级工程师,主要从事林草信息化相关工作,E-mail:86507645@qq.com。

通信作者简介:王奇(1983—),男,吉林长春人,高级工程师,主要从事林草信息化相关工作,E-mail:17627571@qq.com。

草原防火防虫、沙尘暴预报等防灾应急。

2023 年通过问卷调查、现场调研和在线调研等方式对吉林省林草局直属单位以及重点国有林区,各市(州)、县(区)级林草行政主管部门的信息化工作进行评测,根据评测结果,深入了解吉林省林草信息化建设现状,梳理出了其发展过程中存在的问题。本文旨在着力解决吉林省林草信息化发展过程中存在的突出问题,总结经验,提出优化建议,为全省林草业健康发展提供精准、科学、全方位的支撑服务。

1 基本现状

吉林省林草局直属单位、市(州)林草行政主管部门及部分县(区)级林草行政主管部门在信息通信设备配备、视频会议及公文传输等网络建设、新媒体平台建设方面积极推进,利用新媒体平台开展林草信息宣传工作,社会参与度和透明度显著提高,但在组织机构、制度建设和信息化规划方面有待提升,特别是市(州)及县(区)级林草行政主管部门有较大的上升空间;在信息安全管理方面,不断强化网络信息安全意识,各级单位高度重视,确保林草信息化的健康发展。重点国有林区的单位逐步增强信息化建设、信息化应用,其林草信息化发展水平不断提高。

2 存在的问题

2023 年吉林省林草局直属单位及重点国有林区,各市(州)、县(区)级林草行政主管部门的林草信息化发展水平评测结果显示,各地区林草信息化发展水平存在不平衡现象。各单位对林草信息化工作的重视程度不同,在资源投入方面也存在差异,包括人力、物力和财力等,一些单位有充足的资源进行信息化建设,而另一些单位则资源有限,难以大规模地深入开展相关工作。各单位的技术和管理能力存在强弱之分,这也影响其林草信息化发展水平。这种不平衡现象对吉林省林草信息化整体水平的提升造成一定阻碍。

3 发展对策

3.1 吉林省林草局直属单位信息化发展对策

3.1.1 提高思想认识,坚持“五个统一”

林草信息化建设要按照现代林草业建设的总体部署,以全面实现林草信息化为目标,以电

子政务建设为重点,以信息资源开发利用和核心业务信息化为中心,以资源整合和信息共享为突破口,以完善体制机制为保障,统一规划、统一标准、统一制式、统一平台、统一管理,尽快形成布局科学、高效便捷、先进实用、稳定安全的林草信息化格局,为发展现代林草业、建设生态文明、推动科学发展做出新贡献。

3.1.2 加强资源整合,促进资源共享

信息共享和业务协同是信息化持续发展的关键,吉林省林草局直属单位应以信息共享和业务协同为抓手,提供统一的共享服务平台,为吉林省林草业系统的信息共享和协同办公提供统一的应用支撑服务,实现公共的基础性的数据集中式管理、公共服务式发布和应用导向式共享。

3.1.3 完善工作机制,确保资金投入

林草信息化是一项长期的系统工程,必须建立长效的经费投入和使用机制,加大投资力度,确保信息化建设所需。加强经费使用管理和监督,建立科学、规范的管理制度,提高资金使用效率。吉林省林草局直属单位应主动协调,将林草信息化建设纳入本级信息化总体规划,并在同级发展改革、财政部门设立林草信息化建设专项,形成长期稳定的投资渠道。加大现有林草业建设项目中信息化投资整合力度,实行统一管理,统筹安排,专款专用,确保资金落到实处。在经济效益明显的领域,积极吸纳社会投资,加快推进林草信息化建设步伐。同时,要逐步扩大林草业自身在信息化建设中的资金投入,将信息采集设备、器材的采购、维护等费用纳入到日常开支范围,独立进行预算,从而不断扩展资金的来源渠道。

3.1.4 强化机构建设,提供支撑保障

已经建立信息化管理机构的主管部门,要进一步加强职能,履行好管理职责;尚未独立组建信息化管理机构的,要加大与当地主管单位的沟通协调力度,争取尽早成立。要重视队伍建设,不断充实力量,改善工作环境和条件。结合实际开展培训,不断提高专业技术人员服务能力。

3.2 吉林省重点国有林区信息化发展对策

3.2.1 优化组织机构,统一协调管理

重点国有林区各单位分别隶属于吉林森工集团、长白山森工集团,在政策方面由吉林省林草局指导,长期以来这种组织形式将企业的灵活性和政务的规范管理相结合,为吉林省林草

业发展带来众多潜在机会,也做出了巨大贡献。但与此同时,这种组织形式也存在多头指挥、政策与企业利益易发生冲突、部门之间易产生矛盾、信息传递路线长、不利于互通信息等缺点。应根据单位实际情况优化组织机构,统一协调管理,进一步提高信息化发展步伐。

3.2.2 加强云计算、物联网等前沿技术的应用

加快林草信息化建设,科技创新是动力,强化应用是关键。各单位要坚持产学研相结合,加大林草信息技术应用与创新力度,建立健全林草信息化应用推广机制,加快推进物联网、云计算等先进技术在林草业建设中的应用,尽快探索出一批示范成果。

3.2.3 建立安全保障机制、落实人员培训

加强与当地林草局的沟通协调,共同推进林区信息化人才队伍建设,加强网络安全防护和监测预警体系建设,确保网络安全稳定运行。加强政企合作,共同推进林区网络安全管理工作。

3.3 吉林省市(州)林草行政主管部门信息化发展对策

研究建立林草信息化建设经费保障长效机制,在财政预算中设立建设专项资金,确保年度投入稳中有升。加强林草业建设项目审查和预算管理,确保信息化建设内容和资金投入的延续性。坚持项目带动原则,加强林草信息化建设资金统一管理、统筹协调和审计监督,切实提高投资效益。充分发挥市场在资源配置中的基础性作用,在经济效益明显的领域,积极吸纳社会投资。

3.4 吉林省县(区)级林草行政主管部门信息化发展对策

3.4.1 抓好示范建设,发挥引领作用

保持发展优势,在林草信息化建设中,应结合基层林草业管理部门的实际需求,加大对基层信息人员的培养力度,从而全面提高其林草业信息技术的运用能力。结合各地区林草业发展和信息化建设的现状,有针对性地开展基层林草信息化人员的专业技能培训,不断提高其信息化素养。

3.4.2 持续加大投入力度,向边远地区提供对口支援

当前林草信息化发展水平差异化仍未得到有效缓解,除重视程度不够外,还受到经济及技术实力的限制。就当前林草信息化整体水平而言,基础建设方面的投入增长一直较为缓慢,在一定程度上约束了林草信息化的发展。下一阶段应进一步加大基础建设的投入力度,包括人力、资金投入。一方面针对边远地区、少数民族

地区等经济不发达地区,予以政策上的倾斜,给予适度支持;另一方面可以抽调骨干力量进行实地指导,或鼓励先进地区与落后地区进行对口支援。

3.4.3 重点强调信息化应用,突出林草信息化效益

林草信息化发展最终落脚点在于“改造优化林草业建设流程,提升林草业发展的效益。”当前林草信息化经过多年的发展已奠定了一定基础,下一阶段应重视其应用,无论是对传统林草业建设的优化改造还是衍生全新的林草业建设系统,不断产生林草信息化的经济效益、生态效益以及社会效益,促进林草信息化建设逐步向效益提升阶段迈进。

3.4.4 制定人才培养计划,完善管理制度体系

建立健全信息化人才队伍管理制度,加强人才引进和培养,为信息化工作提供稳定的人才保障。建立健全责任制,明确各级领导和工作人员的职责,确保信息化工作有序开展。

4 结论与展望

通过本次评测和分析,吉林省林草信息化率为82.12%,较2021年提高5.0%,较2019年提高22.2%。为实现2024年吉林省林草信息化率90%的目标,应进一步推进吉林省林草信息化建设,加大对基础设施建设的投入、提升应用水平、推进信息资源共享、加强人才队伍建设、完善现有的标准体系,进一步提升基础设施建设管理类和网络系统安全类制度规范的全面普及等工作。同时,注重创新和改革,探索新的林草信息化发展模式和路径。未来吉林省应继续加大对林草信息化建设的投入和支持,加强与高校和科研机构的合作,吸引更多的专业人才投身到吉林省林草信息化建设事业中来。同时,吉林省各市、县应积极配合国家政策并因地制宜发展特色林草产业,以实现经济发展与生态保护的双赢目标。

参考文献

- [1] 国家林业和草原局. “十四五”林业草原保护发展规划纲要[EB/OL]. (2021—12—14)[2024—02—19] <https://www.forestry.gov.cn/search/108165>.
- [2] 许琴琴,舒斯亮. 数字经济对林业产业发展的影响——基于门槛效应分析[J]. 林业经济, 2023, 45(10): 82-96.
- [3] 管志杰,张薇. 国内外智慧林业建设概况及中国发展对策[J]. 西部林业科学, 2023, 52(6): 151-158.

(本篇专家编审:陈建军)

DOI:10.16115/j.cnki.issn.1005-7129.2024.04.010

文章编号:1005-7129(2024)04-0046-03

中图分类号:S757

文献标识码:A

珲春林业有限公司管护用房建设的实践与探析

孙丹月¹, 迟学通¹, 杨元新¹, 卞大伟², 暴峰², 程彬²

(1. 吉林省林业勘察设计院, 吉林 长春 130022; 2. 吉林省林业科学研究院, 吉林 长春 130033)

摘要:本文从珲春林业有限公司管护用房现状、存在的问题、建设原则和内容几个方面进行了探析,以期对未来林区管护用房的建设提供参考。

关键词:珲春林业有限公司;森林管护;管护用房建设

Practice and Analysis of the Construction of Management and Protection House of Hunchun Forestry Limited Company

SUN Danyue¹, CHI Xuotong¹, YANG Yuanxin¹, BIAN Dawei², BAO Feng², CHENG Bin²

(1. Forest Survey and Design Institute of Jilin Province, Changchun 130022, China; 2. Jilin Provincial Academy of Forestry Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: The present situation, existing problems, construction principles and contents of the management and protection house of Hunchun Forestry Limited Company were analyzed in this paper, in order to provide reference for the construction of forest management and protection house in the future.

Keywords: Hunchun Forestry Limited Company; forest management and protection; construction of management and protection house

林区管护用房是护林员在执行森林管护任务中为方便工作必须建设的房屋,具备生活和工作双重属性。其建设是推进国有林区、国有林场改革,全面落实天然林、公益林和国有林保护责任,确保森林资源不被破坏、国有林地不流失的重要举措。

吉林长白山森工集团珲春林业有限公司经营区位于吉林省延边朝鲜族自治州珲春市和图们市境内,地处中国、俄罗斯、朝鲜三国交界的边境地区,公司地址在珲春市,地理位置 129°52'~131°18' E、42°25'~43°30' N。该公司经营区东以珲春岭为界,与俄罗斯毗邻;西南以图们江为

界,与朝鲜隔江相望;西与图们市接壤;北与吉林省汪清县及黑龙江省东宁县相连。经营区东西宽 117.2 km,南北长 120.8 km,总面积 405 262.0 hm²。

1 珲春林业有限公司管护用房建设现状及存在的问题

截至 2023 年末,吉林省管护用房共计 964 个,其中珲春林业有限公司 69 个。在 2017—2019 年管护用房试点建设期间,由于东北虎豹国家公园管理体制试点的推行,根据当时的规划要求,珲春林业有限公司没有管护用房建设

收稿日期:2023—11—28

第一作者简介:孙丹月(1972—),女,吉林长春人,正高级工程师,主要从事建筑结构设计工作。

通信作者简介:程彬(1971—),女,吉林长春人,正高级工程师,主要从事森林保护专业的研究与推广,E-mail:498481802@qq.com。

指标。多数管护用房是林区开发建设初期建设的采伐站点或营林点,大多建筑面积小、使用年限久、危旧房率高(其中 48 %的管护用房亟待改造)、功能不完善。同时,管护用房数量不足、布局不完整,近山区相对较多,远山区布设较少,每个站点平均管护面积超过 2 800 hm²,巡护盲点多、盲区大。另外,远山区管护用房普遍缺乏取水、取暖、供电等设施设备,护林职工生活条件差、用电饮水安全隐患大,站点功能单一。

2 珲春林业有限公司管护用房建设原则

2.1 坚持生态为民,完善功能

以人民为中心,将增进民生福祉作为一切工作的出发点和落脚点,管护用房建设合理配备取水、用电、取暖、制冷等生活设施,改善护林人员的工作生活条件。

2.2 坚持因地制宜,确定建设措施

在天然林集中分布区、生物多样性富集区、林政案件高发频发区,以改造为主,适当新建部分用房,建设管护环线,实现生态管护的全辐射。

2.3 坚持标准适度,精细实施

严格按照国家和地方相关建设规定,逐站设计、施工和监管。严格建立电子台账,精细化施工,高质量推进主体建筑和配套设施建设,禁止以建设为由进行楼堂馆所建设等违法违规活动。

2.4 坚持政府主导,社会参与

依据中央和地方事权、财权划分原则,加大资金投入,充分发挥各方面的积极性,形成资金合理投入。

2.5 坚持创新引领,协调发展

延伸管护用房功能,有效发挥森林管护站点在育林、营林、护林和林区改革发展中的突出作用。建成生态文明窗口,推进人、站、林协调发展,促进人与自然和谐共生。

3 珲春林业有限公司管护用房建设内容

3.1 建设标准

根据《国有林场(林区)管护用房建设及基本配备标准(试行)》以及各地管护用房建设和支撑能力情况,确定建设标准。

根据所处区位、地形交通、管护面积、管护

难易程度和驻站管护人数,合理确定站房使用面积规模,驻站管护人员人均使用面积不宜低于 10 m²。根据各地站房功能布局设置和住宅墙体厚度要求,合理确定固定管护用房建筑面积。每个固定管护用房建筑面积不宜低于 75 m²,使用面积不宜低于 50 m²,平均驻站人数 5~6 人。移动管护用房配建面积 20 m² 左右,平均驻站人数 2~4 人。卧室区域、工作区域、卫生区域、厨房区域、工具房等空间,沿管护用房前部、中部、后部紧凑立体化设置。

管护用房改造应参照以上规模和构成,因地制宜,合理确定。

3.2 建设内容

3.2.1 场址选择

新建管护用房应重点设在重要保护物种分布区、林政案件高发频发区域、森林火险等级高地段,并易于取水用电。优先利用林场闲置房舍,其用地应满足巡护、营林等生产需要和驻站管护人员的生活需要,避开存在滑坡、塌方、泥石流、水淹等隐患的地质不稳定区域和危险性动物出没区域。

新建管护用房的选址要充分考虑布局的合理性,发挥森林资源管护、资源培育和产业发展等综合功能,消除各单位管辖范围内的漏点和盲点。

3.2.2 新建管护用房

新建管护用房是选取新的场址新建的管护用房,合理配套给水、采暖、供电设备及消防、监控系统等设施。内设备勤室、办公室、厨房、卫生间等,为一层建筑,满足环保、节能、抗震要求,各管护用房根据设计要求设置防雷设备。场区场地应硬化,配置监控系统等设施,修建围栏、化粪池、炉灰储存池等环保设施。配置厨具、住宿、通信设备等生活设施,满足护林人员基本的生活需求,提高生活品质。配置办公桌椅、资料柜、存储盘等办公设备,满足护林人员基本工作需求。

3.2.3 加固改造管护用房

加固改造管护用房要结合管护站自身存在的问题进行改造,并完善配套。更换屋面及钢架,外墙增加保温层、喷涂真石漆。室内更换吊顶、地面、门窗,内墙刮大白,改造室内水、暖、电线路等。

4 小结

管护用房建设的目的是通过对林区资源的管护和林区日常的管理、巡护等措施,提高森林生态系统质量及其生态环境,为野生动植物资源创建一个良好安全的生存环境,维护林区生态特性和基本功能,促进生态系统的良性演进,更好地发挥林区生态效益和社会效益。

珲春林业局有限公司经营区林业用地面积为 349 842.1 hm²,植被属长白山植物区系,区内植物种类繁多,形成了云冷杉纯林、针阔混交林、阔叶混交林、蒙古栎林 4 种垂直分布类型。为有效保护区域内的森林资源,管护用房的建设不仅要从根本上改善管护条件,切实解决一线护林人员的实际困难,调动其守山护林、“以站为家”的积极性,还要依靠物联网、大数据、人工智能等现代技术,建立以智能化、标准化、

集群化为导向的智慧林业管理模式^[1-4],共享林业改革发展成果,推进社会主义新林区林场建设。

参考文献

[1] 杨丽艳. 基于大数据技术的森林资源管护智慧林云体系构建方法[J]. 南方农业, 2023, 17(12): 95-97.
[2] 陈正斌, 彭诚. 实施智慧林业管理模式, 提升森林资源管护水平[J]. 农业开发与装备, 2023(5): 76-78.
[3] 杨志威. 智慧管理模式在广东省天井山林场森林资源管理中的初步应用[J]. 南方农业, 2023, 17(2): 63-65.
[4] 陈虎. 依托智慧林业管理优势助力森林资源管护水平提升[J]. 中国林业产业, 2022(12): 70-71.
(本篇专家编审:陈建军)

(上接第 4 页)对 8 种苹果种质资源进行耐旱性综合评价,研究发现 LC63 苹果种质资源的耐旱性优于其他。张甜等^[12]通过模糊隶属函数法对 4 种鼠尾草属植物耐旱能力进行综合评价,强弱顺序依次为:彩苞鼠尾草>红花鼠尾草>蓝花鼠尾草>林下鼠尾草。侯瑞虹等^[13]使用隶属函数法筛选出耐旱性更强的花苜蓿种质资源。本试验通过双因素方差分析及隶属函数分析相结合的方法对 3 种藁草种子萌发耐旱性进行综合评价和筛选,耐旱性由强到弱依次为:大披针藁草>矮丛藁草>低矮藁草。

参考文献

[1] 王俊强, 吕会刚, 方唯, 等. 苔草属种质资源的研究与应用[J]. 北京园林, 2006, 22(2): 36-38.
[2] 马万里, 韩烈保, 罗菊春. 草坪植物的新资源——苔草属植物[J]. 草业科学, 2001, 18(2): 43-45, 56.
[3] 张玉霞, 杜晓艳, 张玉芹, 等. PEG 胁迫对苔草渗透调节特性的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2008, 23(3): 289-292.
[4] 李欣勇, 张靖雪, 王文强, 等. 9 种莎草科植物种子萌发期抗旱性评价[J]. 草业科学, 2022, 39(6): 1208-1216.
[5] 李慧, 滕珂, 岳跃森, 等. 不同引发方法对青绿苔草种子发芽的影响[J]. 草业科学, 2021, 38(8): 1537-1547.

[6] 吴晓凤, 倪沛, 杨涛, 等. 10 种菊科植物的抗旱性与抗盐性评价[J]. 生态学杂志, 2018, 37(7): 1959-1968.
[7] Yeung E, van Veen H, Vashisht D, et al. A stress recovery signaling network for enhanced flooding tolerance in *Arabidopsis thaliana*[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2018, 115(26): E6085-E6094.
[8] 李芊夏, 岳莉然, 张彦妮. 干旱和混合盐碱胁迫对赛菊芋种子萌发的影响[J]. 种子, 2018, 37(8): 75-78.
[9] 卢前成, 宁松瑞, 颜安, 等. PEG-6000 干旱胁迫下 18 种牧草种子萌发特性与响应机制[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(22): 180-190.
[10] 贾蓉, 庞妙甜, 杜利霞, 等. 5 个苜蓿品种种子萌发期干旱耐受性研究[J]. 中国草地学报, 2018, 40(5): 114-119.
[11] 魏江彤. 8 份苹果种质资源的生物学特性及抗旱性评价[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2023.
[12] 张甜, 刘晓娟, 韩蓉. 4 种唇形科鼠尾草属园林地被植物抗旱性研究[J/OL]. (2024-01-19) [2024-02-28]. <https://kns.cnki.net/kcms2/article/>.
[13] 侯瑞虹, 杜柯, 黄伟业, 等. 10 份不同种源野生花苜蓿材料种子萌发期抗旱性评价[J]. 草地学报, 2024, 32(2): 489-494.

(本篇专家编审:陶晶)

《吉林林业科技》编辑委员会

主任委员 高海珠

副主任委员 李东友

执行委员 张建秋

委 员 (按姓氏笔画为序)

山昌林	王志明	王福维	邓 祥	尹子康
尹春梅	叶雅玲	史建伟	刘玉波	刘学芝
刘彦龙	刘晓龙	安丰云	孙广仁	孙长彬
孙文生	杜凤国	杨义波	杨世海	苏安祥
吴景才	宋丽文	张启昌	张忠辉	陆志民
陈万毅	陈建光	陈建军	单延龙	孟庆繁
赵 云	赵珊珊	姜贵全	郭忠玲	高金贵
高峻崇	陶 晶	黄祥童	曹长清	梁万君
董 然	程广有	焦为屹	温宇光	鞠志新

《吉林林业科技》编辑部

主 编 张建秋

责任编辑 魏松艳

常务编辑 姚露贤

英文编译 陈 玲

吉林林业科技
双月刊(公开发行)
第53卷第4期(总第290期)

Journal of Jilin Forestry Science and Technology
Bimonthly(Public issue)
Volume 53 Number4(No.290)

主管单位 吉林省林业和草原局

主办单位 吉林省林业科学研究院

(吉林省林业生物防治中心站)

编辑出版 《吉林林业科技》编辑部

地 址 吉林省长春市经开区临河街3528号

邮政编码 130033

电 话 0431-85850400

传 真 0431-85850400

电子信箱 jlykj2004@sina.com

出版日期 2024年7月15日

印 刷 吉林省信诚印刷有限公司

发 行 《吉林林业科技》编辑部

定 价 10.00元

Administered by Forestry and Grassland Bureau of Jilin Province

Sponsored by Jilin Provincial Academy of Forestry Science(Jilin Forestry Biological Control Central Station)

Published by Editorial Department of Journal of Jilin Forestry Science and Technology

Address No.3528, Linhe Street, Jingkai District, Changchun City, Jilin Prov.,P.R.China

Zip code 130033

Telephone 0431-85850400 Fax 0431-85850400

E-mail jlykj2004@sina.com

Publication date Jul. 15th, 2024

Printed by Xincheng Printing Co.,Ltd.of Jilin Province

Issued by Editorial Department of Journal of Jilin Forestry Science and Technology

Price RMB 10.00 yuan