

昆嵛山自然保护区典型植物群落结构与多样性研究

李玄¹, 史会剑¹, 张文馨², 梁玉², 范小莉^{2*}

(1. 山东省生态环境规划研究院, 山东济南 250013; 2. 山东省林业科学研究院, 山东济南 250014)

摘要 采用样方法对昆嵛山赤松群落、日本落叶松群落、黑松群落、杉木群落、刺槐群落、短柄枹群落、鹅掌楸群落 7 种典型森林植物群落进行了野外调查, 分析了昆嵛山典型森林植物群落的结构及多样性特征。结果发现, 昆嵛山赤松群落林相对较为整齐, 群落结构发育良好, 在我国华北地区具有代表性的日本落叶松多分布于昆嵛山高海拔区域, 喜寒冷阴湿环境, 植株较为高大。昆嵛山黑松林林相对单一, 生长较为缓慢, 植株矮壮。刺槐在昆嵛山分布广泛, 长势良好。短柄枹林为昆嵛山典型的落叶柞林, 多以混交林的形式分布于昆嵛山中低海拔区域, 郁闭度较大。通过对比 7 种典型森林群落灌木层与草本层多样性发现, 短柄枹林下灌木层物种多样性最为丰富, 赤松、刺槐林下灌木层多样性较低, 刺槐林灌木层均匀度最高, 杉木林草本层物种多样性显著低于其他几种类型。

关键词 昆嵛山; 植物群落; 多样性

中图分类号 S759.9 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)08-0120-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.08.031



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on the Structure and Diversity of Typical Plant Communities in Kunyu Mountain Nature Reserve

LI Xuan¹, SHI Hui-jian¹, ZHANG Wen-xin² et al (1. Shandong Ecological Environment Planning and Research Institute, Ji'nan, Shandong 250013; 2. Shandong Academy of Forestry, Ji'nan, Shandong 250014)

Abstract Seven typical forest plant communities in Kunyu Mountain were investigated by sampling method, including *Pinus densiflora* community, *Larix kaempferi* community, *Pinus nigra* community, *Cunninghamia lanceolata* community, *Robinia pseudoacacia* community, *Quercus serrata* Thunb. var. *brevipetiolata* community and *Liriodendron chinense* community. It was found that *P. densiflora* community in Kunyu Mountain was relatively regular and the community structure was well developed, which was representative in North China. *L. kaempferi* was mainly distributed in high altitude area of Kunyu Mountain. It liked cold and humid environment, and its plants were relatively tall. The forest form of *P. thunbergii* forest in Kunyu Mountain was simple, the growth was slow and the plant was short and strong. *R. pseudoacacia* was widely distributed in Kunyu Mountain and grew well. *Quercus bracteata* forest was a typical deciduous oak forest in Kunyu Mountain. It was mainly distributed in the middle and low altitude areas of Kunyu Mountain in the form of mixed forest, and the canopy density was large. Comparing the diversity of shrub layer and herb layer of 7 typical forest communities, it was found that the species diversity of shrub layer under *Quercus bracteata* forest was the most abundant, species diversity of *P. densiflora* and *R. pseudoacacia* forest was lower, the shrub layer evenness of *R. pseudoacacia* forest was the highest, and the species diversity of herb layer of Chinese fir forest was significantly lower than other types.

Key words Kunyu Mountain; Plant community; Diversity

植物群落是不同植物在长期环境变化中相互作用、相互适应而形成的集合。植物群落为人类的生存和发展提供了必需的物质资源, 为动植物和其他生物的生存提供了栖息地, 维持了地球生态系统的服务功能^[1]。然而, 快速的经济的发展以及不断增加的人类活动导致植被资源大幅度丧失。我国原始森林面积平均每年以 0.5 万 km² 的速率减少^[2-4]。对植物群落进行定量的野外调查, 掌握植物群落组成、结构及多样性等植被资源现状, 可为植物资源的合理保护与利用提供基础保障。

昆嵛山国家级自然保护区在胶东半岛典型森林生态系统的维护与保护方面具有重要意义。昆嵛山于 1999 年开始建立市级自然保护区, 2008 年 1 月经国务院批准成立昆嵛山国家级自然保护区, 其自然生态系统的健康性受到肯定。但是, 由于毗邻旅游景区, 保护区核心区、缓冲区山地面积不大, 个别地方的边界无法天然阻隔, 人为活动的干扰比较严重, 对于野生动植物基础本底造成了影响。保护区多年来虽然重视生物多样性调查和监控, 但最新的基础资料有必要进

一步进行调查更新。笔者对昆嵛山典型植物群落进行了野外调查, 对已有资料进行核实更新, 完善植物标本数据库, 并提出生物物种和生态系统的资源的保护建议。

1 研究方法

1.1 研究区概况 昆嵛山自然保护区位于山东半岛东部, 地处 121°37'00"~121°51'00"E, 37°12'20"~37°18'50"N。昆嵛山属于暖温带季风气候类型, 四季分明, 气候温和, 雨量充沛。年平均气温 11.9℃, 月平均气温最高在 7 月, 最低在 1 月, 绝对最高气温 37.2℃, 绝对最低气温 -14.7℃。年平均降水量 984.4 mm, 主要集中在 6—9 月, 占全年降水量的 72.6%。全年无霜期 199.2 d, 初霜期 10 月下旬, 终霜期 4 月中旬。年均相对湿度 71%, 年均日照时数 2 642.7 h。昆嵛山属于长白山系崂山山脉, 成土母质是酸性岩类的风化物, 通过棕壤化过程, 形成了棕壤土类, 包括棕壤性土和典型棕壤 2 个亚类^[5]。

1.2 植物群落调查及样方设置 结合植被图和相关的历史资料, 2019 年 8—9 月对山东省自然植物群落进行全面系统调查, 采用样方法对昆嵛山典型森林植物群落进行详细调查。样地选择在植物群落物种组成、结构和生境相对均匀的区域。

样方大小为 10 m×10 m, 对其中乔木物种进行详细调查, 记录样方内所有胸径 (DBH) ≥ 3 cm 的乔木物种名及株高; 对其中灌木物种进行详细调查, 记录样方内出现的全部

基金项目 生物多样性调查专题“昆嵛山自然保护区生物多样性调查与研究”。

作者简介 李玄 (1984—), 女, 山东济宁人, 高级工程师, 从事生态环境政策标准研究制定、规划编制和生态保护研究等工作。
* 通信作者, 高级工程师, 从事生态学研究。

收稿日期 2020-08-17

灌木物种名及株数,在 10 m×10 m 样方中随机设置一个 1 m×1 m 的小样方,对小样方中的草本植物进行详细调查,记录样方内出现的全部草本物种名及株数。

1.3 多样性计算 多样性采用物种丰富度指数、Shannon–Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 指数^[6]进行计算。各多样性指数计算方法如下:

丰富度指数即一定大小的样方中物种的数目。

Shannon–Wiener 指数: $H=-\sum P_i\log(P_i)$ (1)

Simpson 指数: $D=1-\sum P_i^2$ (2)

Pielou 指数: $J=H/\log S$ (3)

式中, S 为样方内物种总数, P_i 为物种 i 的重要值。

2 研究结果

对昆崙山赤松群落、日本落叶松群落、黑松群落、刺槐群落、杉木群落、鹅掌楸群落、短柄枹群落 7 种典型森林群落进行了野外调查,各群落类型的情况见表 1。

表 1 昆崙山典型森林群落基本情况
Table 1 Basic situations of typical forest communities in Kunyu Mountain

群落类型 Community type	乔木层 Arbor layer			灌木层 Shrub layer			草本层 Herb layer		
	优势种 Dominant species	平均层高 Average layer height//m	盖度 Coverage %	优势种 Dominant species	平均层高 Average layer height//m	盖度 Coverage %	优势种 Dominant species	平均层高 Average layer height//m	盖度 Coverage %
赤松群落 <i>Pinus densiflora</i> community	赤松	5.00	55	花木蓝、胡枝子	0.95	30	羊胡子草、野古草	0.38	43
日本落叶松群落 <i>Larix kaempferi</i> community	日本落叶松	11.00	55	白檀、小米空木	1.80	60	山东万寿竹	0.20	45
黑松群落 <i>Pinus nigra</i> community	黑松	1.50	65	牛叠肚、盐肤木	1.10	20	芒、野古草、鸭跖草	0.70	70
杉木群落 <i>Cunninghamia lanceolata</i> community	杉木	10.00	70	白檀、辽东水蜡	1.20	25	求米草、透骨草、羊胡子草	0.20	3
刺槐群落 <i>Robinia pseudoacacia</i> community	刺槐	8.50	40	野蔷薇、小花扁担杆	1.30	60	麦冬、羊胡子草	0.80	80
短柄枹群落 <i>Quercus serrata</i> Thunb. var. <i>brevipetiolata</i> community	短柄枹	8.00	80	小米空木、小叶水蜡、葛枣猕猴桃	1.10	67	万寿竹、鹿药、三叶地锦	0.23	25
鹅掌楸群落 <i>Liriodendron chinense</i> community	鹅掌楸	14.00	55	花木蓝、野蔷薇	0.80	36	羽裂黄瓜菜、透骨草	0.25	8

2.1 昆崙山典型植物群落结构分析

2.1.1 赤松群落。乔木层优势种为赤松,还伴生有麻栎、山槐、栓皮栎、短柄枹、油松、臭椿、刺槐、黄连木等物种,平均层高 5 m,平均盖度 55%。灌木层优势种为花木蓝、胡枝子,还伴生有郁李、山槐、青花椒、臭椿、酸枣、小花扁担杆等物种,平均层高 0.95 m,平均盖度 30%。草本层优势种为羊胡子草、野古草,还伴生有黄背草、水蔓菁、百里香、华东蓝刺头、绵枣儿、宽蕊地榆、狭叶珍珠菜、大油芒、长冬草、桔梗、败酱、婆婆针、全叶马兰、长蕊石头花、抱茎小苦荬、乳浆大戟、羽裂黄瓜菜、地榆、北京隐子草、华东菝葜、鸭跖草等物种,平均层高 0.38 m,平均盖度 43%。

2.1.2 日本落叶松群落。乔木层优势种为日本落叶松,还伴生有水榆花楸、白檀、三桠乌药、山樱花、元宝槭、刺楸、君迁子、毛榉等物种,平均层高 11.00 m,平均盖度 55%。灌木层优势种为白檀、小米空木,还伴生有椴树、锦带花、三桠乌药、宜昌荚蒾、辽东水蜡树、牛叠肚等物种,平均层高 1.80 m,平均盖度 60%。草本层优势种为山东万寿竹,还伴生有宽叶薹草、东北南星、山东银莲花、南山堇菜、华北鳞毛蕨、鹿药、小黄花紫堇、露珠草、珍珠菜、叉分蓼、牛尾菜等物种,平均层高 0.20 m,平均盖度 45%。

2.1.3 黑松群落。乔木层优势种为黑松,还伴生有麻栎、刺槐、山槐等物种,平均层高 1.50 m,平均盖度 65%。灌木层优势种为牛叠肚、盐肤木,还伴生有紫穗槐、小花扁担杆、野蔷薇、君迁子、胡枝子、花木蓝等物种,平均层高 1.10 m,平均盖度 20%。草本层优势种为芒、野古草、鸭跖草,还伴生有野

菊、长蕊石头花、南牡蒿、委陵菜、月见草、苕麻、女娄菜、羽裂黄瓜菜、鏐菜、魁蒿、一年蓬、黄背草等物种,平均层高 0.70 m,平均盖度 70%。

2.1.4 杉木群落。乔木层优势种为杉木,还伴生有赤松、盐肤木、花曲柳、白檀、辽东桤木、日本落叶松、刺楸、三桠乌药、油松、山槐、刺槐等物种,平均层高 10.00 m,平均盖度 70%。灌木层优势种为白檀、辽东水蜡,还伴生有小米空木、水榆花楸、宜昌荚蒾、郁李、臭椿、小花扁担杆、牛叠肚、花木蓝、三桠乌药、君迁子、青花椒等物种,平均层高 1.20 m,平均盖度 25%。草本层优势种为求米草、透骨草、羊胡子草,还伴生有银线草、铃兰、蕨、东北南星、鸭跖草、华北鳞毛蕨、玉竹等物种,平均层高 0.20 m,平均盖度 3%。

2.1.5 刺槐群落。乔木层优势种为刺槐,还伴生有麻栎、臭椿、楸、栓皮栎、赤松、白杨、鹅掌楸等物种,平均层高 8.50 m,平均盖度 40%。灌木层优势种为野蔷薇、小花扁担杆,还伴生有胶州卫矛、紫穗槐、郁李、三桠乌药等物种,平均层高 1.30 m,平均盖度 60%。草本层优势种为麦冬、羊胡子草,还伴生有牛膝、魁蒿、鸭跖草、蛇莓、鹅观草、华东菝葜、芒、瞿麦、轮叶沙参、烟管头草、芥苳、羽裂黄瓜菜、泰山前胡、内折香茶菜、龙牙草、草木犀等物种,平均层高 0.80 m,平均盖度 80%。

2.1.6 短柄枹群落。乔木层优势种为短柄枹,还伴生有赤松、色木槭、盐肤木、山胡椒、山樱桃、北枳椇、水榆花楸、刺楸等物种,平均层高 8.00 m,平均盖度 80%。灌木层优势种为小米空木、小叶水蜡、葛枣猕猴桃,还伴生有牛叠肚、宜昌

荚迷、野蔷薇、花曲柳、白檀、紫珠、海州常山、三桠乌药、小叶水蜡、千金榆、朴树、毛叶石楠等物种,平均层高 1.10 m,平均盖度 67%。草本层优势种为万寿竹、鹿药、三叶地锦,还伴生有羊胡子草、京黄芩、菝葜、羊乳、拳参、虎掌等物种,平均层高 0.23 m,平均盖度 25%。

2.1.7 鹅掌楸群落。乔木层优势种为鹅掌楸,还伴生有赤松、油松、盐肤木、麻栎等物种,平均层高 14.00 m,平均盖度 55%。灌木层优势种为花木蓝、野蔷薇,还伴生有郁李、青花椒、栓皮栎、小花扁担杆、大果榆、白檀、三桠乌药等物种,平均层高 0.80 m,平均盖度 36%。草本层优势种为羽裂黄瓜菜、透骨草,还伴生有南牡蒿、一年蓬、玉竹、大丁草、羊胡子草、华北白前、鸭跖草、内折香茶菜、求米草、茜草等物种,平均层高 0.25 m,平均盖度 8%。

2.2 昆嵛山典型森林植物群落多样性分析 由于此次调查植物群落多为纯林,乔木层物种多样性差异不大,因此只对森林群落的灌木层和草本层植物多样性进行比较分析。

2.2.1 昆嵛山典型森林群落灌木层植物多样性分析。赤松群落灌木层物种丰富度为 5,Shannon-Wiener 指数为 1.09,

Simpson 指数为 0.52,Pielou 指数为 0.73;刺槐群落物种丰富度为 6,Shannon-Wiener 指数为 1.38,Simpson 指数为 0.7,Pielou 指数为 0.9;杉木群落物种丰富度为 8,Shannon-Wiener 指数为 1.69,Simpson 指数为 0.76,Pielou 指数为 0.85;日本落叶松群落物种丰富度为 7,Shannon-Wiener 指数为 1.52,Simpson-Wiener 指数为 0.72,Pielou 指数为 0.78;黑松群落物种丰富度为 9,Shannon-Wiener 指数为 1.6,Simpson 指数为 0.73,Pielou 指数为 0.77;鹅掌楸群落物种丰富度为 7,Shannon-Wiener 指数为 1.24,Simpson 指数为 0.6,Pielou 指数为 0.7;短柄枹群落物种丰富度为 12,Shannon-Wiener 指数为 2.15,Simpson 指数为 0.83,Pielou 指数为 0.78(图 1)。

7 种森林群落灌木层物种丰富度由高到低依次为短柄枹、黑松、杉木、鹅掌楸、日本落叶松、刺槐、赤松;Shannon-Wiener 指数由高到低依次为短柄枹、杉木、黑松、日本落叶松、刺槐、鹅掌楸、赤松;Simpson 指数由高到低依次为短柄枹、杉木、黑松、日本落叶松、刺槐、鹅掌楸、赤松;Pielou 指数由高到低依次为刺槐、杉木、短柄枹、日本落叶松、黑松、赤松、鹅掌楸。

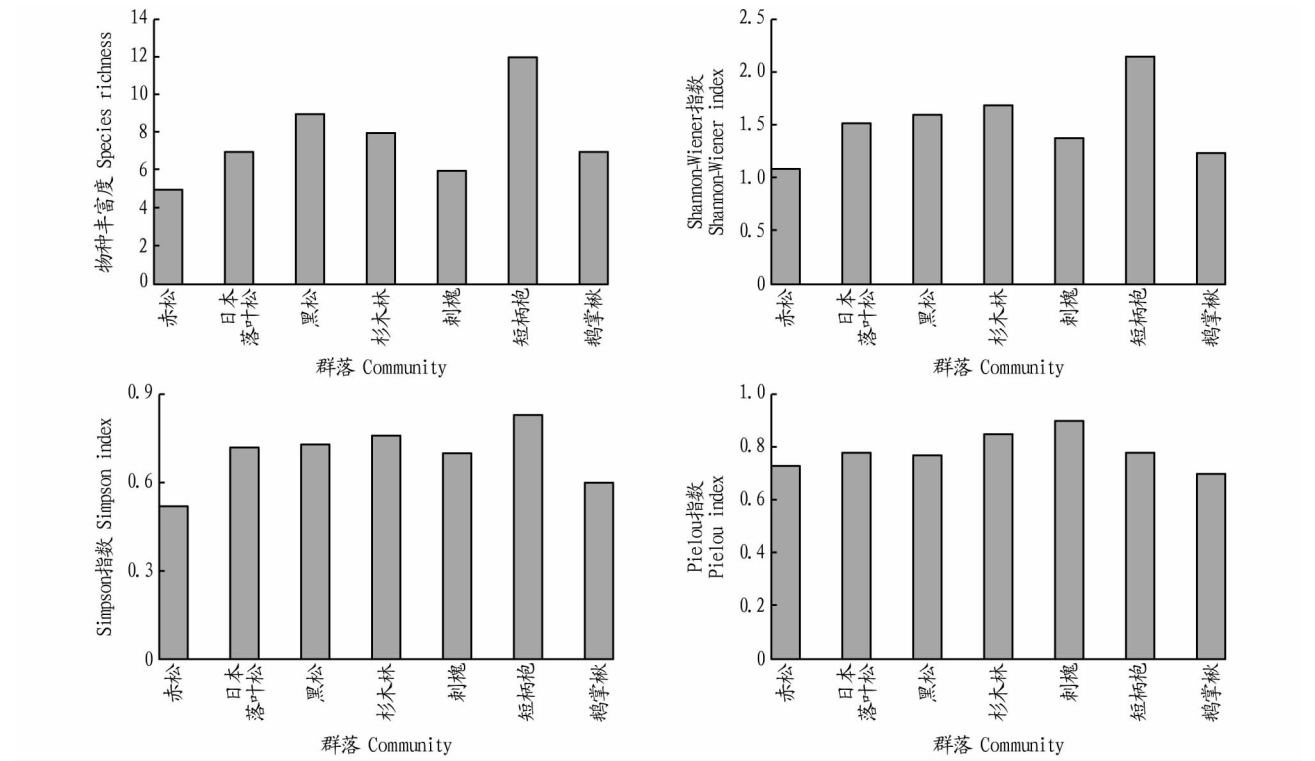


图 1 昆嵛山典型森林群落灌木层植物多样性分析

Fig.1 The plant diversity analysis of the shrub layer of typical forest communities in Kunyu Mountain

2.2.2 昆嵛山典型森林群落草本层植物多样性分析。赤松群落草本层物种丰富度为 4,Shannon-Wiener 指数为 0.71,Simpson 指数为 0.36,Pielou 指数为 0.51;刺槐群落物种丰富度为 4,Shannon-Wiener 指数为 0.79,Simpson 指数为 0.44,Pielou 指数为 0.62;杉木群落物种丰富度为 1,Shannon-Wiener 指数为 0.13,Simpson 指数为 0.08,Pielou 指数为 0.52;日本落叶松群落物种丰富度为 4,Shannon-Wiener 指数为 0.89,Simpson 指数为 0.49,Pielou 指数为 0.73;黑松群落物种

丰富度为 5,Shannon-Wiener 指数为 0.67,Simpson 指数为 0.33,Pielou 指数为 0.43;鹅掌楸群落物种丰富度为 3,Shannon-Wiener 指数为 0.54,Simpson 指数为 0.31,Pielou 指数为 0.58;短柄枹群落物种丰富度为 3,Shannon-Wiener 指数为 0.75,Simpson 指数为 0.45,Pielou 指数为 0.74(图 2)。

7 种森林群落草本层物种丰富度指数由高到低依次为黑松群落、赤松群落、刺槐群落、日本落叶松群落、短柄枹群落、鹅掌楸群落、杉木群落;Shannon-Wiener 指数由高到低依次

为日本落叶松、刺槐、短柄枹、赤松、黑松、鹅掌楸、杉木；Simpson 指数由高到低依次为日本落叶松、短柄枹、刺槐、赤

松、黑松、鹅掌楸、杉木；Pielou 指数由高到低依次为短柄枹、日本落叶松、刺槐、鹅掌楸、杉木、赤松、黑松。

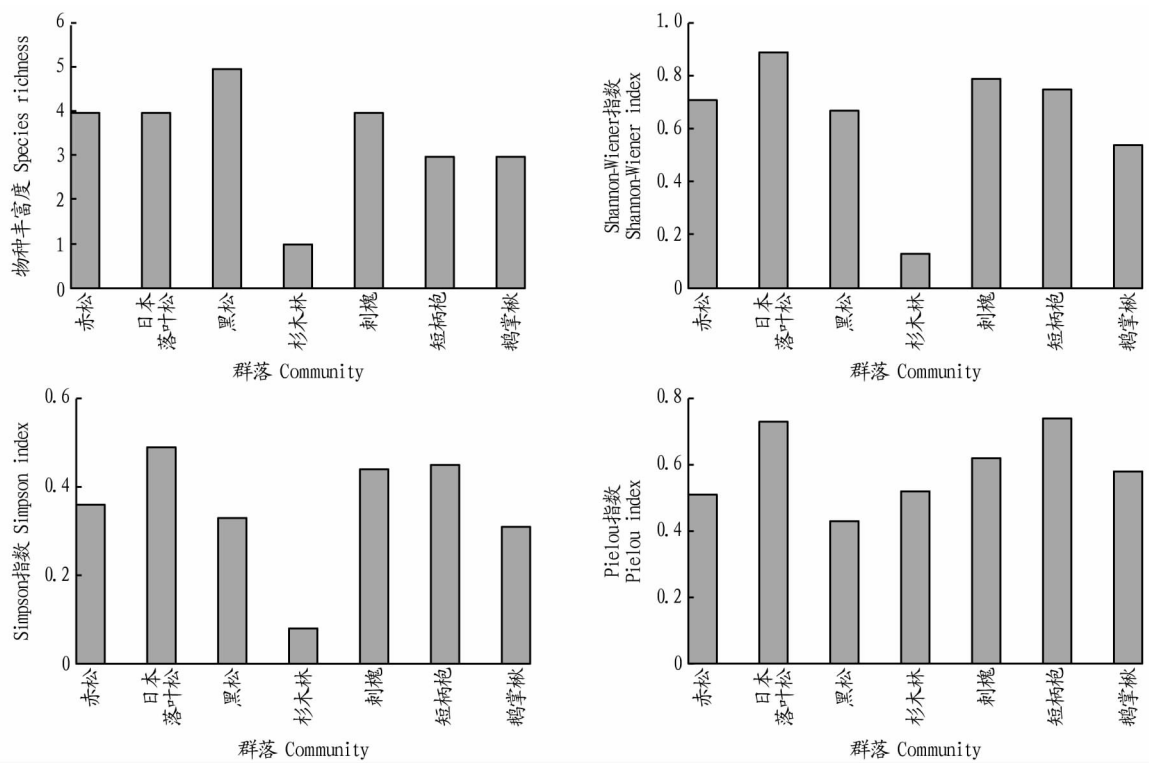


图 2 昆嵛山典型森林群落草本层植物多样性分析
Fig.2 The plant diversity analysis of the herb layer of typical forest communities in Kunyu Mountain

3 讨论

该研究对昆嵛山 7 种典型森林植物群落(赤松群落、日本落叶松群落、黑松群落、杉木群落、刺槐群落、短柄枹群落、鹅掌楸群落)进行了野外调查,分析了昆嵛山典型森林植物群落的结构及多样性特征。赤松林是昆嵛山的主要针叶林,从山麓至海拔 800 m 左右均有分布,昆嵛山是赤松在山东半岛最集中分布地^[7-8],赤松林林相较为整齐,群落结构发育良好,在我国华北地区具有代表性。杉木和鹅掌楸均属于亚热带树种,在昆嵛山长势良好,植株高大粗壮,由于昆嵛山位于胶东半岛,受海洋气候的影响,气候较同纬度地区更加温和湿润,形成的小气候使亚热带树种能够较好地生存。日本落叶松属寒温带针叶树种,多分布于昆嵛山高海拔区域,喜寒冷阴湿环境,植株较为高大。昆嵛山黑松林为人工抚育的人工林,林相单一,生长较为缓慢,植株矮壮。刺槐于 19 世纪末自德国引入^[9],由于其较好的抗逆性和较强的适应力,现在昆嵛山分布广泛,长势良好。短柄枹林为昆嵛山典型的落叶枹林,多以混交林的形式分布于昆嵛山中低海拔区域,郁闭度较大。研究发现,以上 7 种典型森林植物群落中,短柄枹枹林下灌木层物种多样性最为丰富,赤松、刺槐林下灌木层多样性较低,刺槐林下灌木层均匀度最高。由于短柄枹枹多与阔叶树种共存形成混交林,林下各阔叶树种幼苗种类丰富,从而增加了灌木层的物种丰富度。该研究中赤松林下灌木多样性较低,主要由于该研究调查的典型赤松群落均位于海拔 200 m 以下区域,由于低海拔处的易达性,人为干预较

大,导致灌木层物种多样性较低。经调查发现,刺槐林灌木层根蘖刺槐幼苗较多,与其共生灌木形成竞争,导致灌木层物种丰富度下降。刺槐林下灌木层较高的均匀度也同样表明刺槐的根蘖幼苗在灌木层形成优势,使群落出现均一化。7 种森林群落中杉木林草本层物种多样性显著低于其他几种类型,调查发现杉木林下积累了较厚的凋落物,凋落物层阻碍了草本幼苗的萌发,导致草本层物种多样性较低。

昆嵛山是中国赤松原生地和天然分布中心,是我国面积最大、保护最完整的地带性针叶林生态系统^[10],具有较高的保护价值,由于生态环境的脆弱性,赤松林万一遭到破坏后很难恢复,因此建议建立赤松林保护小区,加强保护的有效性。刺槐虽然在荒山造林和水土保持方面具有很好的效果,然而刺槐具有适应能力强、根蘖繁殖和固氮等入侵物种的特性^[11],研究也发现刺槐林下群落呈现均一化现象,刺槐这一外来物种可能会对本地物种造成一定的威胁,建议对刺槐林进行动态监测,掌握其分布与数量,评价外来植物的潜在风险,制定相应的监管措施,并适当补种本地植物,促进以本地阔叶树种为优势种的顶级群落的形成。另外,该研究发现杉木、鹅掌楸等亚热带植物在昆嵛山已局部成林,且长势良好,昆嵛山特殊的地理位置造就了温暖湿润的小生境,使其区系成分更加丰富多样,昆嵛山对于山东森林生物多样性的维持与保护具有重要意义,应进一步加强昆嵛山自然保护区生态系统的保护与提升。

酸在干旱胁迫条件下可促进作物生长,在盐碱土中施用腐殖酸可提高作物的抗盐胁迫能力相符^[31-32]。同时也印证了武良等^[33]的报道,生物刺激素可以促进逆境诱导基因表达,增强作物对非生物胁迫(高温、盐碱、干旱、低温)的抵抗能力。

4 结论

花生初花期叶面喷施 2 次 1 mg/L 维大力,可起到控旺效果,提高花生单株结果数、单株饱果数、百果重和百仁重,显著提高产量;另一方面,通过激活、提高植物免疫力,还能提高花生对干旱等逆境胁迫的抗性,高产、稳产。下一步通过对应用技术的完善,将在维大力诱导花生抗逆方面进行更深入的研究和探讨。

参考文献

- [1] 张怡.中国花生生产布局变动解析[J].中国农村经济,2014(11):73-82,95.
- [2] 王骏,陈祖义,刘兵,等.中化有机肥在花生上的应用试验示范[J].湖北农业科学,2018,57(21):57-59.
- [3] 于振文.作物栽培学各论:北方本[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [4] 王春晓,王世福,鹿泽启,等.花生化肥减施途径与潜力[J].花生学报,2019,48(3):71-75.
- [5] 郑国栋,黄金堂,龚岫.不同有机肥和菌剂对花生产量及品质的影响[J].热带农业科学,2019,39(9):30-34.
- [6] KAUFFMAN G L, KNEIVEL D P, WATSCHKE T L. Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass[J]. Crop science, 2007, 47(1): 261-267.
- [7] 杨德荣,曾嵘,李进平,等.YCB-II 与肥药协同对烤烟产量、病虫害防控及土壤改良的影响[J].安徽农业科学,2018,46(5):150-153.
- [8] 谢尚强,王文霞,张付云,等.植物生物刺激素研究进展[J].中国生物防治学报,2019,35(3):487-496.
- [9] 陈绍荣.我国生物刺激剂的产业现状及发展方向[J].磷肥与复肥,2017,32(1):16-18,32.
- [10] 张运红,杨占平,郑春风,等.几种生物刺激素对小麦产量形成及品质的调控[J].麦类作物学报,2019,39(11):1333-1342.
- [11] 周橡棋,朱莹雪,马献发,等.腐植酸在水稻育苗上的研究综述[J].腐植酸,2019(3):14-18.
- [12] 王晓琪,姚媛媛,刘之广,等.宛氏拟青霉提取物对盐胁迫下水稻幼苗的生理适应性[J].农业资源与环境学报,2020,37(1):98-105.
- [13] 袁鑫,王梦亮,王俊红,等.一种生物刺激素对大豆根际土壤微生物群落的影响[J].大豆科学,2017,36(5):751-760.

- [14] SILÉZIO FERREIRA DA SILVA, FÁBIO LOPES OLIVARES, LUCIANO PASQUALOTO CANELLAS, 等.生物刺激素对提高甘蔗产量的影响[J].腐植酸,2019(4):48.
- [15] 陈雪雯,陈迪文,沈宏.海藻生物刺激素在甘蔗生产上的应用研究[J].甘蔗糖业,2018(5):11-16.
- [16] 苏晓萌,魏福刚,白俊利,等.生物刺激素在温室大樱桃上的应用试验[J].北方果树,2016(6):12-13.
- [17] 贾春花,刘之广,张民,等.宛氏拟青霉提取物对樱桃萝卜产量及品质的影响[J].农业资源与环境学报,2019,36(2):176-183.
- [18] 贾春花,张林琳,张民,等.小肽螯合铁缓解樱桃萝卜苗期高温胁迫的生理机制[J].植物营养与肥料学报,2019,25(8):1393-1400.
- [19] 张尚卿,孙祥瑞,潘阳,等.新型生物刺激素在设施蔬菜冷害预防和缓解救治中的应用技术[J].中国蔬菜,2019(12):85-87.
- [20] 刘秀秀,冯小亮,吕东波.生物刺激素在农业中的应用现状及发展前景[J].南方农业,2017,11(14):88-89.
- [21] 张洪胜.生物刺激素行业发展概述[J].烟台果树,2016(2):1-3.
- [22] 郝西,刘娟,张俊,等.农业供给侧结构性改革背景下河南花生发展对策[J].农业科技通讯,2017(12):7-11.
- [23] 朱保成,李志刚,王玉田,等.河南花生产业发展的思考——驻马店市正阳县花生产业发展调查[J].中国粮食经济,2019(10):52-55.
- [24] 王思烽,商照聪,于秀华,等.生物刺激素的研究进展及相关欧盟管理制度解析[J].化肥工业,2019,46(1):1-4,72.
- [25] SHARMA H S S, FLEMING C, SELBY C, et al. Plant biostimulants: A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses[J]. Journal of applied phycology, 2014(1):465-490.
- [26] 梁英,赵志伟,孙国臣,等.4 种农药及植物生长调节剂在花生上的应用效果[J].农业科技与装备,2014(2):25-26,29.
- [27] 邢晓宁,王芳,王艳,等.花生产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J].中国种业,2019(2):62-64.
- [28] 李绍伟,李军华,任丽,等.花生产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J].陕西农业科学,2007,53(1):37-38,52.
- [29] 蔡鑫鑫,王舒,吕晓丽,等.腐植酸对芸豆农艺性状及产量的影响[J].黑龙江农业科学,2019(5):36-41.
- [30] VAN OOSTEN M J, PEPE O, DE PASCALE S, 等.生物刺激素和生物效应分子在减轻作物非生物胁迫中的作用[J].腐植酸,2019(4):48.
- [31] 张强,常瑞雪,胡兆平,等.生物刺激素及其在功能水溶性肥料中应用前景分析[J].农业资源与环境学报,2018,35(2):111-118.
- [32] GARCÍA A C, BERBARA R L L, FARÍAS L P, et al. Humic acids of vermicompost as an ecological pathway to increase resistance of rice seedlings to water stress[J]. African journal of biotechnology, 2012, 11(13): 3125-3134.
- [33] 武良,汤洁.我国生物刺激素产业发展现状及趋势[J].中国农技推广,2016,32(12):9-12.

(上接第 123 页)

参考文献

- [1] 方精云,王襄平,沈泽昊,等.植物群落清查的主要内容、方法和技术规范[J].生物多样性,2009,17(6):533-548.
- [2] LIU M L, TIAN H Q. China's land cover and land use change from 1700 to 2005: Estimations from high-resolution satellite data and historical archives[J]. Global biogeochemical cycles, 2010, 24(3): 1-18.
- [3] ZHAO S Q, PENG C H, JIANG H, et al. Land use change in Asia and the ecological consequences[J]. Ecological research, 2006, 21(6): 890-896.
- [4] 张文馨.山东植物群落及其物种多样性分布格局与形成机制[D].济南:山东大学,2016.
- [5] 吴梦瑶.森林经营方案监测与评价体系的构建[D].北京:北京林业大

学,2019.

- [6] 马克平,刘玉明.生物群落多样性的测度方法 I α 多样性的测度方法(下)[J].生物多样性,1994,2(4):231-239.
- [7] 杜华.昆崙山赤松林不同林型结构特征与生产力的研究[J].北京林业大学学报,2012,34(1):19-24.
- [8] 王仁卿,张淑萍,张治国,等.昆崙山天然赤松种群的数量特征及更新动态[J].生态学报,2000,19(3):61-65.
- [9] 王仁卿,周光裕.山东植被[M].济南:山东科学技术出版社,2000.
- [10] 烟台昆崙山赤松林入选“中国最美森林”[EB/OL]. (2019-05-23) [2020-04-25]. <http://yantai.sdnews>.
- [11] 凯莱斯台舍. B.刺槐[M].王世绩,张敦伦,译.北京:中国科学技术出版社,1993.