江苏植被的分布现状、驱动力及保护建议

杨俊博¹, 田锴², 吴传万³, 蔡溯林¹, 田兴军^{1*}

1. 南京大学生命科学院, 南京 210023;

2. 南阳师范学院农业工程学院, 南阳 473061;

3. 江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所, 淮安 223001

* 联系人, E-mail: tianxj@nju.edu.cn

收稿日期: 2020-01-8; 接受日期: 2020-03-26; 网络版发表日期: 2020-05-20

中国科学院战略性先导科技专项(A类)(批准号: XDA19050400)、国家自然科学基金(批准号: 31870598)和国家重大科研项目(批准号: 2016YFD0600204)资助

摘要 本文结合近年来江苏植被的研究结果和实地考察, 对江苏植被的研究历史、分布格局、变迁及驱动力进行了综合考证研究, 以期为江苏1:50万植被图的编研绘制和植被保护工作提供支撑. 江苏植被图编研工作始于1964年, 最后成图于2001年. 江苏植被包含栽培植被、人工林植被、天然林植被、草本沼泽、草甸、稀灌草丛等. 农作物栽培植被分布在江苏境内绝大多数平坦区域, 主要为玉米、小麦、水稻. 天然林植被主要分布在徐州连云港低山丘陵、宜溧山地、宁镇山脉等山地, 包含马尾松林、赤松林等常绿针叶林, 栓皮栎林、麻栎林、枫香树林等落叶阔叶林, 青冈、木荷林等常绿阔叶林, 毛竹林和马尾松-栓皮栎混交林、苦槠-青冈混交林等针叶与阔叶混交林和常绿与落叶阔叶混交林. 人工林主要分布在苏北、里下河和滨海平原, 包含杨树林、侧柏林、杉木林、马尾松林等. 湿地植被主要分布在盐城滨海湿地, 以芦苇沼泽和米草沼泽等草本沼泽为主. 与1983年相比, 以马尾松林、侧柏林、刺槐林等为代表的森林植被面积在缩减, 稀灌草丛、草甸分布面积急剧减少, 滨海盐生草甸转变为米草沼泽, 大面积栽培植被和部分天然植被转变为城镇. 以城镇化为主导的人类活动显著影响了江苏植被的分布格局, 是植被变迁的主要驱动力. 针对江苏天然植被现状, 建议在南京幕府山、镇江宝华山、连云港沙洲湾等人为扰动严重的天然林植被分布区和滨海湿地建立生态红线保护区, 对薄荷、太子参等药用植物和滨海围垦区资源开发利用精细化, 以及加强外来入侵植物, 如大米草、加拿大一枝黄花、喜旱莲子草等的管控, 以保护江苏天然植被群落多样性.

关键词 江苏, 植被图, 植被分布, 植物保护

植物是生态系统第一生产力, 是生态系统的主宰者, 植物多样性是生物多样性的根基^[1]. 研究植被多样性及其变动规律, 有助于了解自然环境动态及与其相关联的社会发展问题. 自20世纪80年代以来, 我国植

物生态学家们齐心协力编研出的《中国植被图集(1:1000000)》^[2], 成为农林规划、科研和公众教育的重要参考资料. 随着我国经济迅速发展, 植被组成、结构及格局已经发生巨大变化, 原有的植被图很难满

引用格式: 杨俊博, 田锴, 吴传万, 等. 江苏植被的分布现状、驱动力及保护建议. 中国科学: 生命科学, 2021, 51: 242–253

Yang J B, Tian K, Wu C W, et al. Distribution status, driving force, and protection suggestions of vegetation in Jiangsu Province, China (in Chinese). Sci Sin Vitae, 2021, 51: 242–253, doi: 10.1360/SSV-2019-0272

足目前的科研、行政和管理需求. 依托中国科学院战略性先导科技专项“植被遥感与生物多样性变化”, 全国于2019年开展1:50万新一代植被图编研工作. 就江苏省而言, 绘制工作开展前需明确江苏植被分布现状. 本文根据已有资料, 对江苏的植被研究历史、植被分布格局、植被变迁和驱动力、植被保护研究建议作简要综述.

1 江苏植被研究历史

20世纪60年代, 研究人员开始进行江苏植被调查研究工作. 1964年, 周光裕和刘文亮^[3]比较了苏北连云港附近和山东半岛南部的植被差异, 首次报道了江苏境内的植被分布, 可被视为当代江苏植被研究工作的开端.

1980年, 刘昉勋和黄致远^[4]研究了江苏滨海盐土植被的发生与动态变化, 该研究首次分析了江苏滨海植被分布及其影响因子. 随后, 江苏植被进入基础编研阶段, 主要研究手段为野外考察. 1981~1998年间, 江苏植被分布^[5-8]与界限划定^[9,10]、环境变化、保护利用措施等植被研究工作在不同尺度上大规模开展. 其中也不乏以江苏省为研究尺度的研究, 如洪必恭等人、蔡蔚祺等人分别对江苏境内中亚热带常绿阔叶林的分布界限^[9,11]和北亚热带植被的南界^[10]进行划定. 刘昉勋等人^[8,12]研究了江苏海岸带植被分布特征. 刘昉勋和黄致远^[13]研究了江苏森林植被分布特征并提出改造利用措施. 洪必恭和金济民^[14]对江苏植被带进行划分. 杨国华^[15]分析了江苏新生代植被变迁过程和特点. 洪必恭等人^[16]调查了江苏森林自然保护区的植被特征. 李湘萍等人^[17]系统研究了江苏湿地植物群落特征. 这些工作的开展为之后江苏植被图的编撰完成奠定了坚实的基础.

2001年, 《中国植被图集(1:1000000)》出版^[2], 标志着江苏植被研究成果的系统总结. 此后, 随着遥感技术发展和成熟, 越来越多的学者应用卫星遥感影像和无人机航拍数据、通过GIS和ENVI等软件构建模型进行植被研究. 阎传海等人^[18]在野外调查基础上, 应用GIS研究了南京幕府山和燕子矶的山地植被分布特征, 并制作出该区域1:5000植被图. 张学勤等人^[19]通过分析卫星图片资料与野外实地调查相结合, 研究了江苏盐城沿海滩涂淤蚀及湿地植被消长变化. 李婧

等人^[20]用GIS分析Thematic mapper(TM)图像特征, 分析了江苏海岸王港地区的盐沼植被变化. 张佳佳和沈永明^[21]用Arcgis对TM图像分析, 研究了盐城滨海湿地植被24年间(1992~2016年)植被的动态变化. 这些研究不同程度地丰富和发展了江苏植被的研究水平, 更加精准地描述了江苏植被的变化.

2 江苏主要植被类型、分布格局及植被界线的划定

江苏位于北纬30°45′~35°08′, 东经116°21′~121°56′之间, 北依山东, 西邻安徽, 南接浙江、上海, 东临黄海. 面积约为10.26万km², 地势平坦, 湖泊、河网稠密, 绝大部分地区在海拔50 m以下; 少许低山丘陵散布于江苏北部和西南部, 主要包括苏北连云港、徐州低山丘陵, 苏南宁镇山脉和宜溧山区; 最高峰为连云港云台山, 海拔625 m. 全省具明显温带向亚热带过渡的季风气候, 年均温13~16℃, 年降水量850~1200 mm^[22,23]. 本文依据《中国植被》^[24]和《中国植物区系与植被地理》^[25]中的植被型和群系水平的分类列表, 对江苏植被进行分类阐述.

2.1 栽培植被

江苏境内绝大部分地域为平原, 在平原上主要分布栽培植被. 江苏栽培植被主要有两种组合, 大致以连云港中南部至宿迁南部连线为界, 以北为小麦+玉米(*Triticum aestivum*+*Zea mays*); 以南则为水稻+小麦(*Oryza sativa*+*T. aestivum*). 除农作物外, 江苏种植了大面积地域性经济果树, 主要为徐州附近种植苹果(*Malus pumila*)、梨(*Pyrus* spp.); 无锡苏州附近种植水蜜桃(*Prunus persica*).

2.2 天然和人工林植被

江苏森林植被分为天然林植被和人工林植被. 经查阅文献和野外实地调查发现, 天然林植被主要分布在苏北徐州连云港、苏南宁镇山脉、宜溧山区等山地丘陵(表1, 网络版附表S1), 这些山地植被保存完好, 多数已被划定为国家森林公园或自然保护区. 已报道的江苏人工林主要为杨树(*Populus* spp.)林^[38]、池杉(*Taxodium ascendens*)林^[39]、赤松(*Pinus densiflora*)林^[26]、马尾松(*Pinus massoniana*)林^[30]等, 分布在苏

表 1 江苏部分天然林植被分布区域信息^{a)}

Table 1 Distribution of a part of natural forest vegetation in Jiangsu^{a)}

山体	位置	面积 (km ²)	海拔 (m)	均温 (℃)	降水量 (mm)	主要植被类型	主要建群种
云台山 ^[26-28]	34°38'~34°47'N, 119°17'~119°30'E	20.4	625.3	13.1	952.6	常绿针叶林、落叶阔叶林	麻栎、栓皮栎、板栗、黄连木、盐肤木、枫香树、槲、赤松、黑松
幕府山 ^[18,29]	32°07'~32°10'N, 118°44'~118°51'E	9.5	199.3	15.5	1031.3	常绿针叶林、常绿与落叶阔叶混交林、竹林	麻栎、构树、白栎、马尾松、毛竹
宝华山 ^[30,31]	32°06'~32°10'N, 119°03'~119°08'E	17.7	437.0	15.4	1018.6	常绿与落叶阔叶混交林、落叶阔叶林	朴树、建始槭、枫香树、青冈、紫楠、油茶、黑松、毛竹、马尾松
老山 ^[6,32]	32°03'~32°09'N, 118°25'~118°40'E	50.1	442.0	15.3	1043.8	常绿针叶林、落叶阔叶林、落叶与常绿阔叶混交林、竹林	马尾松、麻栎、黄檀、黄连木、刚竹、毛竹、一叶萩、桃
紫金山 ^[33]	32°01'~32°16'N, 118°48'~118°53'E	30.1	448.9	15.7	1021.0	落叶阔叶林、常绿阔叶林、常绿与落叶阔叶混交林	青冈、苦槠、石楠、麻栎、栓皮栎、白栎、枫香树、黄檀、黄连木、化香树、马尾松
牛首山 ^[34,35]	31°52'~31°57'N, 118°43'~118°46'E	5.1	242.9	16.0	700~1200	常绿针叶林、落叶阔叶林、常绿与落叶阔叶混交林	马尾松、杉木、苦槠、黄檀、刺槐、麻栎、栓皮栎、朴树、毛竹、八角枫
虞山 ^[36]	31°39'~31°41'N, 120°40'~120°44'E	14.7	261.0	15.6	1062.5	常绿针叶林、针叶与阔叶混交林、落叶阔叶林、常绿与落叶阔叶混交林、竹林	马尾松、白栎、栓皮栎、枫香树、青冈、毛竹
龙池山+小黑沟 ^[5]	31°12'~31°14'N, 119°41'~119°44'E	1.3	488.0	15.7	1500.0	常绿阔叶林、常绿与落叶阔叶混交林、落叶阔叶林	柯、青冈、栓皮栎、枫香树、米槠、苦槠、化香树、山槐、毛竹、马尾松、杉木、油茶
龙潭森林公园 ^[37]	31°09'~31°41'N, 119°08'~119°36'E	13.3	348.0	15.5	1160.9	常绿针叶林、落叶阔叶林、常绿与落叶阔叶混交林、竹林	马尾松、麻栎、糙叶树、栓皮栎、枫香树、青冈、杉木、毛竹

a) 均温和降水量为年均温和年均降水量; 建群种中斜体种为人工栽培树种

北、滨海及里下河等地区(网络版附表S1)。根据2010年森林资源清算数据, 江苏苏北各市栽植10.89~2401.50 km²不等的杨树林, 占全省乔木林面积的67.42%^[40]。苏北大面积的杨树人工林源于林产工业, 当地农民把农田栽上杨树, 杨树生长约4年后胸径达到12 cm便采伐, 削片、制作胶合板, 然后再重复种植。

苏北连云港市的云台山国家森林公园植物种类丰富, 分布种子植物110科357属585种^[27], 具南北过渡的特点^[41]。主要植被类型为麻栎(*Quercus acutissima*)林、栓皮栎(*Quercus variabilis*)林、枫香树(*Liquidambar formosana*)林等落叶阔叶林, 兼有少量赤松林和黑松(*Pinus thunbergii*)林^[26-28](网络版附表S1), 其中云台山为赤松林自然分布的南界^[42]。

苏南宁镇山脉包含幕府山、宝华山、老山、紫金山、牛首山等, 除宝华山位于镇江市, 其他山地均位于南京市。幕府山有种子植物103科324属483种^[29], 植被为马尾松林、侧柏(*Platycladus orientalis*)林等常绿针叶林, 麻栎林、白栎(*Quercus fabri*)林等落叶阔叶林和毛竹(*Phyllostachys heterocycla*)林^[18]。宝华山国家森林公园有种子植物168科642属^[31], 分布有常绿阔叶林、常绿与落叶阔叶混交林、落叶阔叶林^[30], 优势树种为朴树(*Celtis sinensis*)、枫香树、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)等, 人工林主要为毛竹林和马尾松林。老山国家森林公园有种子植物94科291属477种^[32], 分布以马尾松、麻栎、毛竹分别为优势种的常绿针叶林、落叶阔叶林、竹林等^[6,32]。紫金山国家森林公园有种子植物113科386属701种, 分布以栓皮栎、麻栎、枫香树

为优势种的落叶阔叶林(网络版附表S1), 以马尾松为优势种的常绿针叶林, 以及两者的针叶与阔叶混交林和毛竹林^[33]. 牛首山省级森林公园有种子植物95科274属394种^[34]. 分布以马尾松、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、黑松、苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)、麻栎、栓皮栎、毛竹等为优势种的人工次生林, 主要植被类型为常绿针叶林、落叶阔叶林、常绿阔叶林、常绿与落叶阔叶混交林和竹林^[35].

宜兴国家森林公园、龙潭森林公园属苏南宜溧山地, 分别位于无锡和常州市. 宜兴国家森林公园由龙池山和小黑沟等山体组成, 共有种子植物约124科520属833种^[5]. 主要分布以青冈、柯(*Lithocarpus glaber*)为优势种的常绿阔叶林, 以苦槠、青冈、化香树(*Platycarya strobilacea*)为优势种的常绿与落叶阔叶混交林, 以女贞(*Ligustrum lucidum*)为优势种的落叶阔叶林和毛竹林, 及马尾松林、杉木林、茶(*Camellia sinensis*)园等人工林和栽培植被^[5]. 龙潭森林公园有种子植物146科515属1063种^[37]. 主要植被类型为常绿针叶林、落叶阔叶林、常绿与落叶阔叶混交林和竹林. 其中次生林包含马尾松、阔叶树混交林, 落叶栎林, 楠木(*Phoebe zhennan*)林, 枫香树林, 毛竹林等; 人工林包含杉木林、湿地松(*Pinus elliottii*)人工林、板栗(*Castanea mollissima*)林和毛竹林等. 其中马尾松林遭受松材线虫的严重侵扰, 几近消失殆尽, 而新生的常绿阔叶树种冬青(*Ilex chinensis*)、苦槠等逐渐填补马尾松林出现的林隙^[37]. 此外, 虞山国家森林公园位于常熟市, 共有种子植物101科270属406种^[43], 主要分布有以马尾松为优势种的常绿针叶林, 以马尾松和白栎、栓皮栎、枫香树等为优势树种的马尾松、阔叶树混交林, 以及小面积栎类落叶阔叶林和毛竹林^[36].

由北向南, 江苏森林植被逐渐由“常绿针叶林+落叶阔叶林”转变为“常绿针叶林+落叶阔叶林+常绿与落叶阔叶混交林”, 即随纬度的降低, 常绿树种逐渐出现并成为优势种, 如苏州光福镇分布木荷(*Schima superba*)林为其自然分布的北界^[42]. 江苏森林植被多为天然植被经不同程度扰动后形成的次生类型^[5], 人工林和次生林在江苏森林植被占相当比例的份额. 杨树人工林在苏北地区分布面积较大, 马尾松林、黑松林等人工林遍布江苏境内; 人工毛竹林和茶园在长江以南大面积分布, 在长江以北时有分布.

2.3 湿地沼泽

江苏湿地主要包括滨海湿地和湖泊、江河岸带湿地, 共分布有高等植物81科252属484种^[44], 其中滨海湿地研究较多^[21,45-47]. 江苏经济发达、城镇化程度高, 包括长江沿岸在内的内陆江河、湖泊岸带开发程度较高, 因此植被稀疏, 主要为芦苇(*Phragmites australis*)沼泽^[48].

江苏海岸带北起绣针河口(连云港市), 南抵长江口(31°39'~35°02'N, 118°58'~121°56'E), 年均温13.7~14.6℃, 年均降雨量980~1070 mm. 岸线总长约954 km, 隶属于连云港、盐城和南通, 其中盐城海岸线最长^[49]. 江苏海岸类型主要有淤泥质海岸、砂质和基岩质海岸, 其中后者仅在连云港有分布^[50]. 江苏滨海湿地面积约为 $9.97 \times 10^3 \text{ km}^2$, 且持续快速向大海淤长^[45]. 滨海湿地植被主要由单优势种的植物群落组成^[8], 分布有碱蓬(*Suaeda glauca*)盐生草甸、芦苇沼泽和米草(*Spartina anglica* & *Spartina alterniflora*)沼泽, 围垦区的栽培植被包含小麦、棉花(*Gossypium hirsutum*)、玉米、西瓜(*Citrullus lanatus*)、水稻等^[51].

连云港滨海植被研究较少, 可能因砂质和基岩质海岸占相当比例^[50], 且围垦力度较大^[46]所致. 以海州湾为例对连云港滨海植被简要说明. 海州湾位于北纬34°43'~35°30', 东经119°11'~119°30', 以车总码头和灯塔山为界, 属温带季风气候. 受人为干扰严重, 海州湾沙生植被普遍被破坏, 分布面积稀少; 仅苏马湾、海头镇和大沙湾沙滩有植被分布, 主要为栽培植被, 偶见白茅(*Imperata cylindrica*)草甸^[52].

盐城滨海湿地位于北纬32°34'~34°28', 东经119°27'~121°16', 以梁垛河口和川东港为边界, 属暖温带向北亚热带过渡地域, 同时受海洋性和大陆性季风气候影响^[21]. 分布有互花米草(*Spartina alterniflora*)沼泽、芦苇沼泽、碱蓬盐生草甸、栽培植被等^[47], 该段湿地植被面积为26.39 km², 其中米草沼泽面积为20.87 km², 占植被总面积的79.10%^[21]. 自内陆向海洋方向, 植被分布依次为芦苇沼泽、碱蓬盐生草甸和互花米草沼泽^[53]. 自1992年来, 该段湿地植被总面积持续减少, 除米草沼泽面积大幅增长外, 碱蓬盐生草甸、芦苇沼泽的分布面积均持续缩减, 白茅草甸分布几近消失. 主要原因是大面积的湿地植被, 如白茅草甸、碱蓬盐生草甸、靠陆侧的米草沼泽等被开垦为耕地和水产养殖塘^[21].

南通岸段原生植被为碱蓬盐生草甸、白茅草甸和芦苇沼泽等,但由于该岸段沉积物较少,受风浪、潮汐的侵蚀作用强烈,米草被引入种植用以固沙护岸。1985年,米草沼泽面积已经超过原生植被;2000年,滨海植被仅剩米草沼泽大面积分布;其他植被持续退化,并在2005年完全消失。随后米草沼泽面积也因围垦而迅速缩减,在2015年时仅在部分区域偶有分布^[46]。和连云港较为相似,目前南通滨海湿地的天然植被几乎退化为纯光滩。

2.4 草甸和稀灌草丛

鉴于江苏草甸和稀灌草丛相关研究鲜有报道。《中国植被图集(1:1000000)》显示,江苏滨海分布相当面积的碱蓬盐生草甸;徐州附近分布少量白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)灌草丛;淮安西南部分布少量黄背草(*Themeda japonica*)草丛,这两种草丛主要分布在低山丘陵与平原交互带。经调查核实,滨海碱蓬盐生草甸已经城市化,海岸线也大幅外移;现仅在盐城滨海湿地分布少量斑块。徐州、淮安等地稀灌草丛面积较《中国植被图集(1:1000000)》植被图也明显缩减,存在消失的风险(图1B)。

2.5 江苏境内中亚热带北界的划定

江苏属亚热带向暖温带的过渡地带,且历次全国植被区划都将中亚热带北界的东端划至江苏境内。20世纪植物生态学家们对江苏境内中亚热带与北亚热带分界进行了一系列研究。最初《中国植被》将中亚热带植被的北界划定为:西从石臼湖经长荡湖南端,横穿溇湖经无锡市,北至长江口崇明岛南端一线^[24]。随后蔡蔚祺、刘昉勋和洪必恭等人分别对江苏境内中亚热带北界进行了划定,基本以宜溧五陵北缘,向东沿太湖北岸或横跨太湖,经光福镇、吴县南部和吴江县地区等^[10,11,54],最东端过长江口外佘山岛^[11]或沿太湖南岸与浙江省中亚热带北界相接^[10],大致位于北纬31°20′~31°35′之间。此外,洪必恭和金济民^[14]将江苏境内北亚热带的北界划为从南京六合向东,东半侧基本以长江北岸为界。

3 江苏植被的变迁及驱动力分析

本团队根据实地考察和查阅文献,对《中国植被

图集(1:1000000)》江苏部分进行现实性更新(图1B,更新方法详见网络版补充材料)。更新图显示,从1983年至今,江苏天然林植被面积明显降低,景观破碎化程度升高(图1A和B)。其中,苏南的马尾松林面积缩减,残存的森林部分演替为栎类落叶阔叶林;徐州附近侧柏林面积也大幅减少。滨海湿地植被由碱蓬盐生草甸、芦苇沼泽、白茅草甸等多群系均匀分布转变为米草沼泽占绝对优势。与滨海草甸相似,江苏中西部黄背草草丛、白羊草灌草丛分布也明显减少(图1A和B)。此外,城市化进程吞噬了江苏大面积栽培植被(图1B)。

人为活动,特别是城市化进程是影响江苏植被变迁的主要驱动力。改革开放后江苏城镇化进程加速,1998年,苏北城镇化基本在35%以下,苏南则为35%~65%不等;2006年,苏北城镇化基本超过35%,扬州、泰州、南通等苏中城市城镇化达45%~55%,苏南城镇化在55%以上,南京更是高达75%以上^[55]。以苏州为例,建筑用地由1978年的26.6 km²飞升至2014年的436.53 km²^[56]。在快速城镇化的同时,越来越多的栽培植被和天然植被被征用。自1992年以来,江苏高速公路等交通线路也开始快速建造,2015年江苏高速公路里程突破4600 km^[57],这也促进了江苏整体植被的景观破碎化。

引种米草和围垦利用则是滨海湿地植被变迁的主要驱动力。自1982年互花米草在滨海试种植后,便取代碱蓬作为先锋物种快速扩散^[21],因为米草更耐盐耐淹,根系发达,能在滨海湿地植被外缘抢占光滩,对滨海湿地植被类型的转变起到导向性作用。此外,以围垦为主导的人为开发利用显著影响江苏滨海湿地植被。自新中国成立至2004年,江苏共围垦沿海滩涂2524 km²^[58],且围垦速度呈逐渐增加的趋势^[51],连云港、盐城和南通的滨海湿地植被在近30年间分别缩减了53.15%、71.60%和71.40%,在围垦过程中,芦苇沼泽、白茅草甸、碱蓬盐生草甸等原生滨海植被分布面积急剧下降^[46]。围垦后垦区利用方式多样,以种植业和养殖业为主^[59],均会形成不同程度的景观破碎化。

但人为开发并非“消灭植被”,相当面积的天然植被被开发转化为人工林,如苏北因林产工业发展而开发转化的杨树人工林。此外,尽管与天然植被存在明显区别,但许多植物能以另一种方式与人类共存,如行道树、城市公园、园林风景区等。在服务人类社会的同时,这些植物也能够较好地保存下来。随

图 1 中国植被江苏部分(群系水平)的分布现状(B, 1:100万, 2019)与原中国植被图江苏部分植被分布(A, 1:100万, 2001)的对比

Figure 1 Distribution status of vegetation (community level) of Jiangsu part in the Vegetation Map of China (B, 1:1 million) in 2019 compared with original vegetation (community level) of Jiangsu part in the Vegetation Map of China (A, 1:1 million) in 2001

着人类社会的进步发展,城市化进程仍将继续,但是城市建设的同时,将出现“城市森林”“城市草甸”等新的人工植被。这些植被目前在植被图上没有得到体现。

4 江苏植被的保护价值、保护与研究建议

江苏地处平原,东临黄海,主要在徐淮、宁溧和宜兴三个地区分布有丘陵山地。该地区植物资源相对丰富多样,其中不乏含多种国家重点保护^[60]或珍稀濒危保护植物^[61]、重要的药用植物^[31]、观赏植物^[62]、材用植物^[7]等,如秤锤树(*Sinojackia xylocarpa*)、宝华玉兰(*Magnolia zenii*)、小叶银缕梅(*Parrotia subaequalis*)等均具有重要的保护价值。这些植物资源主要分布在苏南宁镇山脉、宜溧山区和长江沿岸平原^[31,60,61],伴生于天然植被中。由于江苏地处平原,山体面积比较小,这些植物勉强存活于这些狭小的天然植被中,随时会因天然植被的毁坏而消亡。而人类活动引起的植被生境破碎化使得这些植物处于严重濒危状态^[61]。为保障江苏植物资源多样性,根据江苏植被动态变化的实际情况,提出以下三个保护、研究建议。

4.1 建立生态保护红线

自20世纪80年代开始,由于开山采石^[29]、滥挖滥采^[31,63]及其他人为扰动^[64],江苏天然植被遭受不同程度的破坏,景观破碎化程度明显升高^[65]。许多药用、濒危植物,如山涧草(*Chikusichloa aquatica*)^[64]、野生的珊瑚菜(*Glehnia littoralis*)^[66]、中华补血草(*Limonium sinense*)^[63]等群落的分布也趋于消失。鉴于这些植物生境的破坏,这一系列现状均说明了天然植被科学研究、生态保护、系统管控等方面的匮乏。

基于这些植物的生存现状,需要在近年来天然植被面积锐减、甚至濒临消失的区域建立生态保护红线,如生态环境遭严重破坏的幕府山^[29],药用植物分布面积急剧减少的宝华山^[31],以及天然植被面临完全消失风险的连云港沙洲湾^[52]等。需要依据生态功能保障基线、环境质量安全底线和自然资源利用上限的内容原则,提出科学的植被管控方法,并对江苏植被采用划线保护,以保护那些濒临灭绝的植物物种。

4.2 资源开发精细化

江苏许多植物资源的开发、利用过于粗放,产品

的精细加工和综合利用程度不足. 应对野生药用植物开展更为系统的物种分布、栽培技术、药用成分、药理作用等方面的研究, 充分发挥本省道地药材的地缘优势, 挑选药用价值较高的种类, 如薄荷(*Mentha canadensis*)、太子参(*Pseudostellaria heterophylla*)进行引种、驯化、栽培, 筛选并推广高产品系. 此外, 对于材用植物和经济植物, 应严格管控开采利用, 严禁滥采滥挖、过度采摘.

对围垦区域利用方式和资源配置也要精细合理. 围垦导致江苏滨海自然湿地植被面积逐渐缩减, 围垦区主要转变为耕地和水产养殖区^[51], 利用方式较为粗放, 且大都未考虑在围垦区保留部分自然湿地以保障滨海湿地生态功能的有效性. 所以, 围垦区需要更为绿色生态的景观配置, 即围垦区的开发利用应更加科学、合理、精细.

4.3 加强外来有害植物的管控

需要针对江苏境内主要外来入侵植物, 如大米草(*Spartina anglica*)、加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis*)、喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)、胜红蓼(*Ageratum conyzoides*)等, 对当地植物物种的侵袭及由此产生的生态破坏采取强有力的管控措施. 这些危害极大的入侵植物需要定期采伐, 避免其进一步破坏本土植被. 深入研究这些入侵植物的生物学和生态学特征, 研发出抑制这些植物生长的化学物质和控制手段, 把握外来植物在物质循环及能量流动以及环境适应性方面的短板, 提出应对措施, 控制外来入侵植

物的危害. 对于竞争能力强的当地物种(如毛竹、葛藤(*Argyrea seguinii*)等)也要适当管理, 保证当地生态系统的和谐稳定.

5 总结与展望

综上, 江苏当代植被研究自1964年起, 以《中国植被图集(1:1000000)》成图界, 先后经历基础编研阶段和提升发展阶段. 目前, 江苏植被主要分为栽培植被、天然林和人工林、沼泽等. 栽培植被主要分布在江苏境内绝大多数平原地区. 天然林植被主要分布在境内散布的山地丘陵中, 其中宁镇山脉、宜溧山地等分布面积较大; 人工林主要分布在苏北平原及平原与山地交汇处、里下河地区、滨海平原等. 沼泽主要分布在江、河、湖、海岸带, 主要为芦苇和米草沼泽, 其中盐城滨海湿地沼泽面积较大. 江苏境内的植被中亚热带北界为宜溧五陵北缘, 向东沿太湖北岸或横跨太湖, 经光福镇、吴县南部和吴江县地区, 北亚热带北界从南京六合向东, 东半侧基本以长江北岸为界. 与1983年相比, 城镇化和滨海滩涂围垦明显影响了江苏植被的变迁, 天然林、草甸、稀灌草丛等分布面积均在缩减, 城镇建筑用地、米草沼泽、人工林的面积大幅提升. 江苏蕴含丰富的野生植物资源, 大多伴生于天然植被中. 受人为活动影响, 天然植被面积逐年缩减, 部分野生植物资源也濒临灭绝. 为解决植物资源逐渐消亡的困境, 建议建立生态保护红线、资源开发精细化和适当管控外来物种.

参考文献

- 1 Zhang G F. Plant Diversity of Banqiao Natural Reserve in Anhui Province (in Chinese). Nanjing: Nanjing Normal University Press, 2007. 1–218 [张光富. 安徽板桥自然保护区植物多样性. 南京: 南京师范大学出版社, 2007. 1–218]
- 2 Editorial Board for Chinese Vegetation Map, Chinese Academy of Sciences. Vegetation Atlas of China (1:1000000) (in Chinese). Beijing: Science Press, 2001. 129–132 [中国科学院中国植被图编辑委员会. 中国植被图集(1:1000000). 北京: 科学出版社, 2001. 129–132]
- 3 Zhou G Y, Liu W L. Comparative study on vegetation near Lianyungang in northern Jiangsu and southern Shandong Peninsula (in Chinese). J Shandong Univ (Nat Sci), 1964, 1: 62–69 [周光裕, 刘文亮. 苏北连云港附近和山东半岛南部植被的比较研究. 山东大学学报(自然科学版), 1964, 1: 62–69]
- 4 Liu F X, Huang Z Y. Observations on the symgenesis and dynamic changes of coastal solonchak vegetation at Jiangsu (in Chinese). Acta Bot Sin, 1980, 22: 63–66 [刘昉勋, 黄致远. 江苏滨海盐土植被的发生与动态的观察. 植物学报(英文版), 1980, 22: 63–66]
- 5 Zhang L X, Li S F, Han H Y. Characters of seed plants flora and vegetations from Yixing Forest Nature Reserve in Jiangsu Province (in Chinese). J Plant Resour Environ, 1998, 7: 1–7 [张立新, 李升峰, 韩辉友. 江苏宜兴森林自然保护区种子植物区系特点及植被性质. 植物资源与环境学报, 1998, 7: 1–7]

- 6 Huang Z Y, Cheng X, Yang K H, et al. Utilization and conservation of vegetation resources in Nanjing Lao-Shan Mountain Forest Park (in Chinese). *J Plant Resour Environ*, 1993, 2: 21–24 [黄致远, 程翔, 杨开红, 等. 南京老山森林公园植被资源的利用与保护. 植物资源与环境学报, 1993, 2: 21–24]
- 7 Liu F X, Huang Z Y. The threatened precious vegetation resources in Jiangsu Province—The nanmus and mixed nanmu forests (in Chinese). *J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed)*, 1981, 4: 90–96 [刘昉勋, 黄致远. 江苏省珍贵植被资源——楠木与楠木杂木林. 南京林业大学学报(自然科学版), 1981, 4: 90–96]
- 8 Liu F X, Cai S K, Huang Z Y. The features and distributions of coastal vegetation in Jiangsu Province and its utilization (in Chinese). *Chin J Plant Ecol*, 1983, 7: 100–112 [刘昉勋, 蔡守坤, 黄致远. 江苏海岸带植被的特征、分布及利用. 植物生态学与地植物学丛刊, 1983, 7: 100–112]
- 9 Hong B G, Li S Z. The preliminary study of the correlations between the distribution of main evergreen broad-leaf tree species in Jiangsu and climats (in Chinese). *Acta Ecol Sin*, 1981, 1: 105–111 [洪必恭, 李绍珠. 江苏主要常绿阔叶树种的分布与热量关系的初步研究. 生态学报, 1981, 1: 105–111]
- 10 Hong B G, Jin J M, Gao Z S. The main natural vegetational characters of nature sancturaies in southern Jiangsu and southern boundary of north-subtropical vegetation (in Chinese). *J Nanjing Univ (Nat Sci)*, 1983, 1: 113–118+196 [洪必恭, 金济民, 高兆杉. 江苏南部各自然保护区主要植被类型的特点与北亚热带植被的南界. 南京大学学报(自然科学版), 1983, 1: 113–118+196]
- 11 Cai W Q, Deng M B, Cai S K. Views on the boundary of the middle subtropical evergreen broad-leaved forest vegetation zone in Jiangsu (in Chinese). *Acta Geogr Sin*, 1981, 36: 450–453 [蔡蔚祺, 邓懋彬, 蔡守坤. 中亚热带常绿阔叶林植被地带在江苏境内界线的意见. 地理学报, 1981, 36: 450–453]
- 12 Liu F X, Huang Z Y, Cai S K. A study of the psammophilous vegetation along the coast of Jiangsu Province (in Chinese). *Chin J Plant Ecol*, 1986, 10: 115–123 [刘昉勋, 黄致远, 蔡守坤. 江苏海岸沙生植被的研究. 植物生态学与地植物学丛刊, 1986, 10: 115–123]
- 13 Liu F X, Huang Z Y. Forest vegetations in Jiangsu Province and their transformation and utilization (in Chinese). *Chin J Ecol*, 1984, 5: 5–9 [刘昉勋, 黄致远. 江苏森林植被及其改造利用. 生态学杂志, 1984, 5: 5–9]
- 14 Hong B G, Jin J M. New attempt to divide the vegetation zone in Jiangsu (in Chinese). *J Nanjing Univ (Nat Sci)*, 1984, 2: 314–320+420 [洪必恭, 金济民. 划分江苏植被带界线的新尝试. 南京大学学报(自然科学版), 1984, 2: 314–320+420]
- 15 Yang G H. Changes of Cenozoic vegetation in Jiangsu (in Chinese). *J Nanjing Norm Univ (Nat Sci Ed)*, 1985, 1: 72–76 [杨国华. 江苏新生代植被的变迁. 南京师大学报(自然科学版), 1985, 1: 72–76]
- 16 Hong B G, Zhao R L, Gao Z S, et al. Fundamental characters and ecological significance of vegetation in forest natural reserves in Jiangsu Province (in Chinese). *Chin J Ecol*, 1989, 5: 43–46+63 [洪必恭, 赵儒林, 高兆杉, 等. 江苏森林自然保护区植被基本特征及其生态学意义. 生态学杂志, 1989, 5: 43–46+63]
- 17 Li X P, Tang G G, Wang D S, et al. Studies on the community characteristics, the distribution and succession patterns of wetland vegetation in Jiangsu Province (in Chinese). *J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed)*, 1998, 22: 47–52 [李湘萍, 汤庚国, 王定胜, 等. 江苏湿地植物群落学特征及其分布和演替规律. 南京林业大学学报(自然科学版), 1998, 22: 47–52]
- 18 Yan C H, Yang G X, Zhao Q, et al. Research on vegetation classification and mapping of Mufushan-Yanziji Mountain, Nanjing (in Chinese). *J Jiangsu Norm Univ (Nat Sci Ed)*, 2003, 21: 53–56 [阎传海, 杨国霞, 赵清, 等. 南京幕燕山地植被分类与制图研究. 江苏师范大学学报(自然科学版), 2003, 21: 53–56]
- 19 Zhang X Q, Wang G X, Wang Y H, et al. The changes of erosion or progradation of tidal flat and retreat or extension of wetland vegetation of the Yancheng coast, Jiangsu (in Chinese). *Mar Sci*, 2006, 30: 35–39+45 [张学勤, 王国祥, 王艳红, 等. 江苏盐城沿海滩涂淤蚀及湿地植被消长变化. 海洋科学, 2006, 30: 35–39+45]
- 20 Li J, Gao S, Li Y. Spatial and temporal variations in salt-marsh vegetation in Wanggang area, Jiangsu coast, based upon TM imagery analysis (in Chinese). *Mar Sci*, 2006, 30: 52–57 [李婧, 高抒, 李炎. 江苏海岸王港地区盐沼植被变化的TM图像分析. 海洋科学, 2006, 30: 52–57]
- 21 Zhang J J, Shen Y M. Dynamic changes of coastal wetland vegetation in Yancheng (in Chinese). *Mar Sci*, 2018, 42: 14–21 [张佳佳, 沈永明. 1992年以来盐城滨海湿地植被动态变化研究. 海洋科学, 2018, 42: 14–21]
- 22 Institute of Botany, Jiangsu Province. *Flora of Jiangsu* (in Chinese). Nanjing: Jiangsu People's Publishing LTD, 1977. 1–5 [江苏植物研究所编制. 江苏植物志上册. 南京: 江苏人民出版社, 1977. 1–5]
- 23 SinoMaps Press. *Atlas of China* (in Chinese). Beijing: SinoMaps Press, 2014. 64–65 [中国地图出版社编制. 中国地图册. 北京: 中国地图出版社, 2014. 64–65]
- 24 Wu Z Y. *Vegetation of China* (in Chinese). Beijing: Science Press, 1980. 143–726 [吴征镒. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980. 143–726]

- 25 Chen L Z, Sun H, Guo K. Geography of Flora and Vegetation in China (in Chinese). Beijing: Science Press, 2015. 264–333 [陈灵芝, 孙航, 郭柯. 中国植物区系与植被地理. 北京: 科学出版社, 2015. 264–333]
- 26 Wang H B, Gao X W, Fei X Y, et al. Study on the forest vegetation landscape in Huaguoshan of Lianyungang (in Chinese). J Anhui Agric Sci, 2011, 39: 8484–8486+8502 [王红波, 高祥伟, 费鲜芸, 等. 连云港市花果山森林植被景观结构研究. 安徽农业科学, 2011, 39: 8484–8486+8502]
- 27 Gao S H, Xu H J, Yi X G. Study on the flora of Yuntaishan Provincial Nature Reserve in Jiangsu Province (in Chinese). Anhui For Sci Tech, 2017, 43: 17–21 [高世虎, 徐辉筠, 伊贤贵. 江苏云台山省级自然保护区植物区系研究. 安徽林业科技, 2017, 43: 17–21]
- 28 Meng Y, Lai Y, Yang W J, et al. Study on community of *Lindera obtusiloba* in Yuntai mountain of Jiangsu Province (in Chinese). J Biol, 2016, 33: 68–72 [孟艳, 赖雨, 杨文嘉, 等. 江苏云台山三桠乌药群落研究. 生物学杂志, 2016, 33: 68–72]
- 29 Li L, Tang G G, Xu X G. Studies on flora of mountain Mufu Nanjing (in Chinese). J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed), 2006, 30: 38–42 [李林, 汤庚国, 许晓岗. 南京幕府山植物区系研究. 南京林业大学学报(自然科学版), 2006, 30: 38–42]
- 30 Zhang M J, Liu M S, Wang L, et al. The analysis of differences of species diversity among typical communities in Baohua mountain (in Chinese). J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed), 2003, 27: 35–39 [张明娟, 刘茂松, 王磊, 等. 宝华山典型群落物种多样性的差异性分析. 南京林业大学学报(自然科学版), 2003, 27: 35–39]
- 31 Wei S Y, Wu B C, Tian F, et al. Analysis on resource composition of medicinal vascular plants in Mt. Baohua of Jiangsu Province (in Chinese). J Plant Resour Environ, 2016, 25: 100–110 [韦苏晏, 吴宝成, 田方, 等. 江苏宝华山药用维管植物资源组成分析. 植物资源与环境学报, 2016, 25: 100–110]
- 32 Lin Y, Zhang G F, Gong B. Flora of Laoshan National Park in Nanjing and its relationship with near regions (in Chinese). J Anhui Agric Sci, 2010, 38: 20938–20942 [凌云, 张光富, 龚滨. 南京老山国家森林公园植物区系及其与邻近地区的关系. 安徽农业科学, 2010, 38: 20938–20942]
- 33 Dong L N, Xu H B, Liu S W, et al. Investigation and analysis on seed plant flora at Zijinshan National Forest Park in Nanjing (in Chinese). J Zhejiang For Sci Tech, 2010, 30: 41–47 [董丽娜, 徐海兵, 刘曙雯, 等. 南京紫金山国家森林公园种子植物资源调查及区系分析. 浙江林业科技, 2010, 30: 41–47]
- 34 Xin J P, Sun X X, Tian R N. Floristic diversity and fundamental characteristics of seed plants on Mount Jiangjun, Nanjing (in Chinese). J Zhejiang Agric For Univ, 2017, 34: 629–636 [辛建攀, 孙欣欣, 田如男. 南京将军山种子植物区系多样性及基本特征. 浙江农林大学学报, 2017, 34: 629–636]
- 35 Tong L L, Tang G G, Gu D. Strategies on vegetation restoration and landscape reconstruction of Nanjing's Mt. Niushou Forest Park (in Chinese). J Jinling Inst Tech, 2004, 20: 56–59 [童丽丽, 汤庚国, 古东. 南京牛首山森林公园植被恢复与景观改造策略. 金陵科技学院学报, 2004, 20: 56–59]
- 36 Pan B H, Zhang Z M, Cao T R. Natural vegetation of Yusan National Forest Park in Jiangsu Province, China (in Chinese). J Cent South Univ For, 2007, 27: 123–128 [潘百红, 张正明, 曹铁如. 江苏虞山国家森林公园的天然植被. 中南林业科技大学学报, 2007, 27: 123–128]
- 37 Jin Y Q, Zhang W B, Cao H N, et al. Analysis of the forest community types and plant constituents of Longtan Forest Park in Jiangsu Province (in Chinese). For Ecol Sci, 2014, 29: 396–400 [金雅琴, 张文豹, 曹航南, 等. 江苏龙潭森林公园森林群落类型及植物组成分析. 河北林果研究, 2014, 29: 396–400]
- 38 Tang L Z, Haibara K, Huang B L, et al. Storage and dynamics of carbon in a poplar plantation in Lixiahe region, Jiangsu Province (in Chinese). J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed), 2004, 28: 1–5 [唐罗忠, 生原喜久雄, 黄宝龙, 等. 江苏省里下河地区杨树人工林的碳储量及其动态. 南京林业大学学报(自然科学版), 2004, 28: 1–5]
- 39 Zeng H Q, Xue J H. The summary of study on *Taxodium ascendens* forest in Jiangsu Province (in Chinese). J Jiangsu For Sci Tech, 1999, 26: 52–55 [曾慧卿, 薛建辉. 江苏池杉人工林培育研究综述. 江苏林业科技, 1999, 26: 52–55]
- 40 Li S G, Jiang T T. Analysis on situation and characteristic of forest resources in Jiangsu Province (in Chinese). J Jiangsu For Sci Tech, 2011, 38: 34–37 [李思刚, 蒋婷婷. 江苏省森林资源现状与特点分析. 江苏林业科技, 2011, 38: 34–37]
- 41 Shang F D, Miao C, Zhang P Q. Study on the flora and plant resources of Lianyungang (in Chinese). J Henan Univ (Nat Sci), 2001, 31: 84–86 [尚富德, 苗琛, 张培强. 连云港市植物区系和植物资源的研究. 河南大学学报(自然科学版), 2001, 31: 84–86]
- 42 Huang B L. Jiangsu Forest (in Chinese). Nanjing: Phoenix Science Press, 1998. 51–73 [黄宝龙. 江苏森林. 南京: 江苏科学技术出版社, 1998. 51–73]
- 43 Li J R, Li D L, Wang B S, et al. Analysis of seed plant flora in Yushan of Changshu (in Chinese). Acta Agric Univ Jiangxiensis, 2006, 28: 386–

- 391 [李荣锦, 李冬林, 王宝松, 等. 常熟虞山种子植物区系初步分析. 江西农业大学学报, 2006, 28: 386–391]
- 44 Tang G G, Li X P, Xie J B, et al. The characteristics, utilization and protection of the flora of wetland in Jiangsu Province (in Chinese). *J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed)*, 1997, 21: 47–52 [汤庚国, 李湘萍, 谢继步, 等. 江苏湿地植物的区系特征及其保护与利用. 南京林业大学学报(自然科学版), 1997, 21: 47–52]
- 45 Li J G, Pu L J, Zhu M, et al. Evolution of soil properties following reclamation in coastal areas: A review. *Geoderma*, 2014, 226: 130–139
- 46 Zhang M, Pu L J. The changing process of coastal wetlands and the effects of reclamation in Jiangsu Province in recent 30 years (in Chinese). *Wetl Sci Manag*, 2017, 13: 56–60 [张濛, 濮励杰. 近30年来江苏省滨海湿地变化过程及其受围垦活动的影响. 湿地科学与管理, 2017, 13: 56–60]
- 47 Gu D Q, Fu J, Yan W W, et al. Evaluation of coastal wetlands degradation in Yancheng city and zonal diagnosis (in Chinese). *Wetl Sci*, 2012, 10: 3–9 [谷东起, 付军, 闫文文, 等. 盐城滨海湿地退化评估及分区诊断. 湿地科学, 2012, 10: 3–9]
- 48 Li W, Cui L J, Zhang S G. Species composition characteristics of aboveground vegetation and soil seed bank of reed marshes in lakeshore, Taihu lake (in Chinese). *Wetl Sci*, 2012, 10: 439–444 [李伟, 崔丽娟, 张守攻. 太湖岸带芦苇沼泽地上植被与土壤种子库的物种组成特征. 湿地科学, 2012, 10: 439–444]
- 49 Wang Y H, Wen Y N, Wang J, et al. Feasible rate of tidal flat reclamation—Jiangsu mud coast as a case study (in Chinese). *Mar Sci Bull*, 2007, 25: 66–73 [王艳红, 温永宁, 王建, 等. 海岸滩涂围垦的适宜速度研究——以江苏淤泥质海岸为例. 海洋通报, 2007, 25: 66–73]
- 50 Zou X Q. Environmental pressure analysis and policy guidelines for coastal environmental management of the Jiangsu coastal zone (in Chinese). *Mar Geol Front*, 2004, 20: 20–24+3 [邹欣庆. 江苏海岸带环境的压力分析与政策响应. 海洋地质前沿, 2004, 20: 20–24+3]
- 51 Li J G, Pu L J, Xu C Y, et al. The changes and dynamics of coastal wetlands and reclamation areas in central Jiangsu from 1977 to 2014 (in Chinese). *Acta Geogr Sin*, 2015, 70: 17–28 [李建国, 濮励杰, 徐彩瑶, 等. 1977—2014年江苏中部滨海湿地演化与围垦空间演变趋势. 地理学报, 2015, 70: 17–28]
- 52 Hu J, Liu Q X, Wu B C, et al. Species composition and community change of vegetation on coastal beaches of Haizhou bay in Jiangsu Province (in Chinese). *J Plant Resour Environ*, 2013, 22: 98–107 [胡君, 刘启新, 吴宝成, 等. 江苏海州湾沿海沙滩植被的种类组成与群落变化. 植物资源与环境学报, 2013, 22: 98–107]
- 53 Shen Y M, Zeng H, Wang H, et al. Characteristics of halophyte and associated soil along aggradational muddy coasts in Jiangsu Province (in Chinese). *Acta Ecol Sin*, 2005, 25: 1–6 [沈永明, 曾华, 王辉, 等. 江苏典型淤长岸段潮滩盐生植被及其土壤肥力特征. 生态学报, 2005, 25: 1–6]
- 54 Liu F X, Huang Z Y. A further discussion on the northern boundary of the central subtropical evergreen broad-leaved forest zone in Jiangsu Province (in Chinese). *Chin J Plant Ecol*, 1982, 6: 77–80 [刘昉勋, 黄致远. 再论江苏境内中亚热带常绿阔叶林地带的北界问题. 植物生态学与地植物学丛刊, 1982, 6: 77–80]
- 55 Zhao Y B, Tang M L. The change of regional inequalities of urbanization level and its factors in Jiangsu Province since reform and opening (in Chinese). *Hum Geogr*, 2013, 3: 101–106 [赵玉碧, 汤茂林. 改革开放以来江苏城市化水平区域差异变动及其影响因素. 人文地理, 2013, 3: 101–106]
- 56 Fan L Y. Analysis of process and characteristics of Sunan rural urbanization from the perspective of social space: a case study of Suzhou (in Chinese). *Urban Plan Forum*, 2015, 4: 27–35 [范凌云. 社会空间视角下苏南乡村城镇化里程与特征分析——以苏州市为例. 城市规划学刊, 2015, 4: 27–35]
- 57 Li S J, Tang T P. Analysis of Jiangsu Province highway network density (in Chinese). *J Nantong Univ (Nat Sci Ed)*, 2013, 12: 60–63 [励授缙, 汤天培. 江苏省高速公路路网密度分析. 南通大学学报(自然科学版), 2013, 12: 60–63]
- 58 Wu B C, Liu Q X, Hu J, et al. Variation of characteristics of plant community in tidal flats during different reclamation periods in Dongtai city, Jiangsu Province (in Chinese). *J Hohai Univ (Nat Sci)*, 2015, 43: 548–554 [吴宝成, 刘启新, 胡君, 等. 江苏东台市不同时期围垦区滩涂植物群落特征变化. 河海大学学报(自然科学版), 2015, 43: 548–554]
- 59 Fang J R, Shen Y M, Shi H D. The changes of coastal wetland landscape pattern based on the characteristics of reclamation: a case study in coastal wetland of Yancheng, Jiangsu Province, China (in Chinese). *Acta Ecol Sin*, 2015, 35: 641–651 [方仁建, 沈永明, 时海东. 基于围垦特征的海滨地区景观格局变化研究——以盐城海岸为例. 生态学报, 2015, 35: 641–651]
- 60 Fang Y. Resources of national key preserved wild plants in Jiangsu (in Chinese). *J Jiangsu For Sci Tech*, 2002, 29: 15–18 [方彦. 江苏省国家重点保护野生植物资源初步研究. 江苏林业科技, 2002, 29: 15–18]
- 61 Hao R M, Huang Z Y, Liu X J, et al. The natural distribution and characteristics of the rare and endangered plants in Jiangsu, China (in Chinese).

- Biodiv Sci, 2000, 8: 153–162 [郝日明, 黄致远, 刘兴剑, 等. 中国珍稀濒危保护植物在江苏省的自然分布及其特点. 生物多样性, 2000, 8: 153–162]
- 62 Zheng S, Liu J L. The utility characteristics and ecological protection suggestions of ornamental plant resources in Yuntai Mountain of Jiangsu Province (in Chinese). J Anhui Agric Sci, 2011, 39: 2906–2907+2946 [郑爽, 柳健良. 江苏云台山观赏植物资源及利用特点与生态保护建议. 安徽农业科学, 2011, 39: 2906–2907+2946]
- 63 Dong B H. Research on the conservation of *Limonium sinense* in the coast of Jiangsu (in Chinese). Chin Wild Plant Resour, 2005, 24: 28–30 [董必慧. 江苏沿海滩涂中华补血草的保护性研究. 中国野生植物资源, 2005, 24: 28–30]
- 64 Wang Z S, Deng M B, Yang Y M. Analysis of vascular-plant flora at Yixing, Jiangsu Province (in Chinese). J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed), 2001, 25: 40–44 [王中生, 邓懋彬, 杨一鸣. 江苏宜兴维管植物区系分析. 南京林业大学学报(自然科学版), 2001, 25: 40–44]
- 65 Zhang H B, Liu H Y, Hao J F, et al. Spatiotemporal characteristics of landscape change in the coastal wetlands of Yancheng caused by natural processes and human activities (in Chinese). Acta Ecol Sin, 2012, 32: 101–110 [张华兵, 刘红玉, 郝敬锋, 等. 自然和人工管理驱动下盐城海滨湿地景观格局演变特征与空间差异. 生态学报, 2012, 32: 101–110]
- 66 Song C F, Wu B C, Hu J, et al. Existence status of *Glehnia littoralis* and causes of extinction in Jiangsu Province (in Chinese). Chin Wild Plant Resour, 2013, 32: 56–57+69 [宋春风, 吴宝成, 胡君, 等. 江苏野生珊瑚菜生存现状及其灭绝原因探析. 中国野生植物资源, 2013, 32: 56–57+69]

Distribution status, driving force, and protection suggestions of vegetation in Jiangsu Province, China

YANG JunBo¹, TIAN Kai², WU ChuanWan³, CAI SuLin¹ & TIAN XingJun¹

¹ School of Life Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China;

² School of Agricultural Engineering, Nanyang Normal University, Nanyang 473061, China;

³ Institute of Agricultural Science of Huaiyin, Huaian 223001, China

To provide support for the drawing of 1:500000 vegetation maps and vegetation protection in Jiangsu, the researchers performed a review on the history of research, distribution pattern, change and driving force of vegetation in Jiangsu Province, according to the research results and field investigation of Jiangsu vegetation in recent years. The series research work of the Jiangsu vegetation map began in 1964, and the final map was published in 2001. Vegetation in Jiangsu includes cultivated vegetation, planted and natural forests, herbaceous swamps, meadows, and sparse shrub grass. Cultivated vegetation is distributed in most flat areas, which mainly includes *Zea mays*, *Triticum aestivum*, and *Oryza sativa*. Natural forests are primarily distributed in Xuzhou, Lianyungang, Yili, and Ningzhen mountains. The natural forests include the coniferous forests such as *Pinus massoniana*, *Pinus densiflora* forests; the deciduous broad-leaved forests such as *Quercus variabilis*, *Quercus acutissima*, and *Liquidambar formosana* forests; the evergreen broad-leaved forests such as *Quercus glauca* and *Schima superba* forests; the bamboo forests such as *Phyllostachys heterocycle* forest; the coniferous and broad-leaved mixed forests such as *Pinus massoniana* and *Quercus variabilis* mixed forests; the evergreen and deciduous broad-leaved mixed forests such as *Castanopsis sclerophylla* and *Quercus glauca* mixed forests. Planted forests are mainly distributed in the northern Jiangsu, Lixiahe and coastal plains, including *Populus* spp, *Platycladus orientalis*, *Cunninghamia lanceolata*, and *Pinus massoniana* forests. The natural wetland vegetation is mainly distributed in the Yancheng coastal wetlands, with *Phragmites communis*, *Spartina anglica*, and *Spartina alterniflora* marshes. Compared with the vegetation in 1983, the area of forests represented by *Pinus massoniana*, *Platycladus orientalis*, and *Robinia pseudoacacia* forests decreased, and herbaceous grasslands and meadows were also drastically reduced. The salt meadows of the coastal wetlands were succeeded by *Spartina anglica* and *Spartina alterniflora* swamps, and large areas of agricultural vegetation and a part of the natural forest vegetation were transformed into towns. Human activities led by urbanization affected the distribution pattern of the vegetation in Jiangsu as the major driving force for vegetation change. According to the current situation of natural vegetation in Jiangsu, three suggestions were proposed to protect natural vegetation communities. First, ecological red line protection zones should be established in Nanjing Mufu Mountain, Zhenjiang Baohua Mountain, Lianyungang Shazhou Bay, etc., where the vegetation suffered grave human interference. Second, the development and utilization of herbs and coastal cofferdam, such as *Mentha canadensis* and *Pseudostellaria heterophylla*, should be more meticulous. Third, it is necessary to enhance the control of invasive plants, such as *Spartina anglica*, *Solidago canadensis*, and *Alternanthera philoxeroides*.

Jiangsu, vegetation map, vegetation distribution, plant protection

doi: 10.1360/SSV-2019-0272