

文章编号:1001—7380(2022)05—0018—06

仪征市林菜复合经营土壤分析

邓文斌^{1,2}, 胡海波^{1,2*}, 李锦侦³, 屠小青³, 衡宇晨^{1,2}, 田东升³

(1. 南京林业大学南方现代林业协同创新中心, 江苏 南京 210037; 2. 江苏省水土保持与生态修复重点实验室, 江苏 南京 210037; 3. 仪征市绿篱无公害蔬菜生产试验场, 江苏 扬州 211400)

摘要:林菜复合经营是一种高效的土地利用方式,对促进乡村振兴、改善生态环境具有重要意义。该研究对仪征市农村4种典型的林菜复合经营进行了调查,并采集土壤上层0—20 cm土样进行理化性质分析。结果表明,仪征市林菜复合经营分散且规模小,未进行规范化、科学化和市场化的经营;复合经营地土壤为砂壤土,呈弱碱性,土壤有机质、有效磷和速效钾主要分布在表层0—10 cm范围内,土壤有机质和有效磷含量分别为(16.69±6.11), (2.15±0.47) mg/kg,均偏低,土壤速效钾偏高,为(150.69±80.64) mg/kg。针对经营现状,提出了仪征林菜复合经营技术的建议,期望对该市林菜复合经营具有指导作用。

关键词:林菜复合经营;土壤;理化性质;经营技术;仪征市

中图分类号:S153.6 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2022.05.004

Research on soil physical and chemical properties of forest-vegetable compound management in Yizheng City

Deng Wenbin^{1,2}, Hu Haibo^{1,2*}, Li Jinzhen³, Tu Xiaoqing³, Heng Yuchen^{1,2}, Tian Dongsheng³

(1. Nanjing Forestry University co-Innovation Center for the Sustainable Forestry in Southern China, Nanjing 210037, China; 2. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Ecological Restoration, Nanjing 210037, China; 3. Lyuli Pollution-free Vegetable Production Trial Field of Yizheng City, Yangzhou 211400, China)

Abstract: Forest-vegetable compound management is an efficient land use mode, which is of great significance to promote rural revitalization and improve ecological environment. In this study, the compound management of four typical vegetables in rural areas of Yizheng City was investigated, and soil samples of 0—20 cm were collected to analyze their physical and chemical properties. The results showed that the compound management of rural forest-vegetable in Yizheng City was scattered, small in scale, and had not been standardized, scientific and marketed. The soil in the compound site was weakly alkaline and sandy loam in texture. Soil organic matter, available phosphorus and available potassium were mainly distributed in the 0—10 cm surface layer. The contents of soil organic matter and available phosphorus were (16.69±6.11), (2.15±0.47) mg/kg, respectively, which were low, while the available potassium was high (150.69±80.64) mg/kg. Finally, the study put forward some suggestions on the forest-vegetable compound management of Yizheng, which is expected to guide the forest-vegetable composite management of Yizheng City.

Key words: Forest-vegetable compound management; Soil; Physical and chemical properties; Management technology; Yizheng City

我国是世界上第一大蔬菜生产国和消费国,近年来我国蔬菜人均占有量在500 kg以上^[1],其中部

收稿日期:2022-07-07;修回日期:2022-08-25

基金项目:江苏省林业科技创新与推广项目“(LYKJ[2020]扬州市仪征市01);国家林业和草原局长期定位观测项目“江苏长江三角洲森林生态系统定位研究”(2020132077);江苏省农业科技自主创新重点资金项目“黄河故道高效经济生态型农田防护林营建技术与示范”(CX(17)1004-2)”

作者简介:邓文斌(1995—),男,江西吉安人,硕士研究生。主要从事水土保持方面的研究。E-mail:15770667125@163.com

* **通信作者:**胡海波(1964—),男,江苏宝应人,教授、博士。主要从事水土保持、林业生态工程和城市生态等方面的教学、科研工作。E-mail:huhb2000@aliyun.com

分蔬菜来自林菜复合经营。林菜复合经营是指在同一块土地上种植林木和蔬菜,充分利用其生物学特性合理配置,实现生态和经济效益双赢的栽培措施。在林分内种植蔬菜,可提高土地和光能利用效率,充分发挥和利用空间与时间的有序结合,在不影响林木生长的情况下,在短周期内可收获蔬菜,以短养长,提高经济效益。在林菜复合经营模式中,林木树冠能够拦截降雨,减缓降雨动能,避免地表直接受到雨水的洗刷和冲击,而林下蔬菜及地表枯落物可保护土壤免受水力侵蚀。王年金等^[2]发现,在山核桃林地套种黄花菜,不仅可增加地表覆盖,还可以增强水土保持能力,具有明显的生态效益。另外,林菜复合经营可改善土壤结构,增强土壤渗透性,提高土壤肥力,改善生态环境^[3-4],同时,良好的土壤理化性状能够为蔬菜生长提供良好的条件。

目前,我国林菜复合经营的研究与实践仍处于发展阶段,林菜复合经营的主体相对分散且规模不大,缺乏系统性的技术指导、协调、管理和服务,无法形成规模化、产业化效应,对促进当地经济发展的贡献不大。本文主要以野外调研和室内实验相结合,分析林菜复合经营土壤理化性质现状,并提出林菜复合经营建议。

1 材料与方 法

1.1 研究地概况

仪征市位于江苏省中西部,南濒长江,东邻邗江,西毗六合,北与高邮市和安徽天长市接壤。全市东西宽 30 km,南北长 39 km,总面积 901 km²。仪征市气候温和,雨量充沛,四季分明;土壤以砂土和砂壤土为主,土层深厚,中性偏碱。仪征市 4 种典型的蔬菜分别为紫菜薹(*Brassica campestris*)、雪里蕻(*Brassica juncea*)、洲芹菜(*Apium graveolens*)和野芥菜(*Capsella bursa-pastoris*)。紫菜薹,别名红菜薹、红菜、红油菜薹,为十字花科芸薹属芸薹种白菜亚种的变种,主要分布在长江流域一带,对光照要求不如果菜类那样严格,根系入土层较浅,耐旱、耐涝能力均较弱;雪里蕻为十字花科芸薹属芥菜的栽培变种,南北各省均有栽培,适应性强,喜土质疏松肥沃、排灌条件良好之地,对土壤要求不严格,以保水保肥湿润壤土为佳;洲芹菜,又名野芹菜,伞形科变豆菜属植物,产安徽、江苏、浙江等南方,适于林

下、沟谷、溪边及湿润的沙质土壤种植,对土壤要求较严格,需要肥沃、疏松、通气性良好、保水保肥力强的壤土;野芥菜,中药材名,生长在山坡、田边及路旁,野生,偶有栽培,中国各省区均有分布。

2022 年 7 月调查了 35 户农户有关林菜栽培、生长状况,其中 8 户为林下种植 4 种蔬菜的复合经营农户,分别位于仪征市土桥村、沿江村、曹桥村和长江村(见表 1)。

1.2 研究方法

2022 年 7 月,在 8 个典型林菜复合经营地内采用“S”形取样法,用口径为 4.5 cm、长度为 20 cm 的不锈钢土钻钻取 0—10, 10—20 cm 的土样 5 次,充分混合后,取 1 kg 左右土壤密封于塑料袋中,置冰盒内,带回实验室测定土壤 pH 值、有机质含量等指标;同时,用体积为 100 cm³的环刀取 0—10, 10—20 cm 的原状土,测定土壤容重和颗粒组成等物理性质。

1.3 土壤理化性质指标测定方法

土壤颗粒组成按照美国制粒径要求,运用沉降、比重计法测定,然后通过美国制土壤质地分类三角坐标图来进行土壤质地分类^[5];土壤容重采用环刀法测定^[6];土壤 pH 值采用水浸提(土水比 1:2.5)电位法测定^[7];土壤有机质采用重铬酸钾-浓硫酸外加热法测定^[8];土壤有效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法^[8];土壤速效钾采用火焰光度计法测定^[9]。

1.4 数据分析

利用 Excel 2021 软件,对数据进行统计和整理;利用 SPSS 22 软件,进行单因素方差分析得到各处理均值、标准差,用 Duncan 差异显著性进行判定;利用 Origin 2021 软件作图。

2 结果与分析

2.1 林菜复合经营土壤物理性质

由表 2 可知,本调查样地土壤颗粒组成基本相似,土壤黏粒含量占 0.7%—2.2%,粉粒含量占 27.37%—33.18%,砂砾含量占 64.62%—71.93%。根据美国制土壤质地分类三角坐标图,判定本调查样地土壤质地为砂壤土^[5]。另外,土壤下层(10—20 cm)极粗砂显著小于上层(0—10 cm)($P < 0.05$,见表 3),而其他土壤粒级上下层差异性不明显($P > 0.05$,见表 3)。

表1 仪征市林菜复合经营主要调查样地基本概况

编号	位置特点	蔬菜种类	树种	林分株行距	施肥种类	种植目的
1	房前水边、无遮阴	洲芹菜、野芥菜、雪里蕻、紫菜薹	香樟,金叶女贞	5 m×2 m	菜籽饼肥、混合肥	自己食用
2	房前水边、无遮阴	洲芹菜、野芥菜、雪里蕻、紫菜薹	栎树	3 m×2 m	菜籽饼肥、混合肥	自己食用
3	房前屋后水边、有遮阴	洲芹菜、野芥菜、雪里蕻、紫菜薹	香樟	3 m×3 m	菜籽饼肥、混合肥	自己食用
4	房前、无遮阴	洲芹菜、野芥菜、雪里蕻、紫菜薹	合欢,栎树	4 m×2 m	菜籽饼肥、农家肥	自己食用
5	房前、池塘边	洲芹菜、野芥菜、雪里蕻、紫菜薹	榉树	3 m×3 m	有机肥、混合肥	自己食用
6	房前屋后、有遮阴	洲芹菜、野芥菜、雪里蕻、紫菜薹	桃树,榉树	3 m×2 m	菜籽饼肥、有机肥	自己食用
7	路边田间	洲芹菜、野芥菜、雪里蕻、紫菜薹	柿子树,合欢	3 m×4 m	菜籽饼肥、黄粪、蔬菜专用肥	部分自己食用,其余销售
8	房前屋后水边、有遮阴	洲芹菜、野芥菜、雪里蕻、紫菜薹	香樟,榉树	3 m×3 m	菜籽饼肥、黄粪、有机肥	自己食用

注:调查地点为仪征市经济开发区。1,2,3,4号点位于沿江村;5号点位于沿江村;6,8号点位于曹桥村;7号点位于长江村。土壤质地均为砂壤土。

表2 林菜复合经营土壤颗粒组成及土壤质地特征

调查样地	土壤粒级														土壤质地
	黏粒		粉粒		极细砂		细砂		中砂		粗砂		极粗砂		
	0—10 cm	10—20 cm													
1	0.98	1.13	29.60	31.37	13.25	11.52	24.54	24.01	16.72	17.69	10.14	9.16	3.54	2.68	砂壤土
2	0.73	0.89	32.11	33.18	14.49	11.79	21.12	23.56	15.53	19.15	11.91	9.29	3.82	2.47	
3	0.96	1.12	29.54	31.91	10.73	21.96	25.37	27.64	18.81	16.22	14.66	12.36	6.53	4.59	
4	1.07	1.32	27.37	28.96	12.52	10.56	21.30	22.37	17.63	18.25	13.58	12.23	3.59	2.46	
5	1.54	2.11	32.57	33.10	11.37	13.86	23.57	20.79	15.63	16.21	11.60	11.01	3.00	2.06	
6	0.76	0.96	25.50	31.01	10.59	12.26	21.30	21.95	15.91	17.50	12.97	11.21	3.11	2.51	
7	1.20	1.43	27.96	29.11	9.59	11.70	22.56	22.96	14.59	15.61	13.26	12.46	5.21	3.96	
8	1.90	2.23	31.23	32.20	10.57	12.54	24.24	23.01	18.69	19.00	14.30	12.56	3.66	2.46	

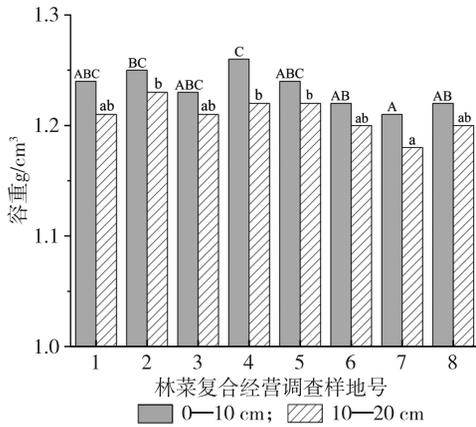
土壤容重是说明土壤坚实度的重要参数^[10]。由表3可知,各调查样地0—20 cm土壤容重在(1.22±0.02) g/cm³。其中,0—10 cm土壤容重在(1.21—1.26) g/cm³之间(见图1),平均值和标准误差为(1.23±0.02) g/cm³;10—20 cm土壤容重在(1.18—1.23) g/cm³之间,平均值和标准误差为(1.21±0.02) g/cm³,且下层(10—20 cm)土壤容重显著小于上层(0—10 cm)($P<0.05$),可能是因为

下层植物根系较多,土壤空隙大,导致容重减小^[10]。总体来看,7号调查样地土壤容重相对偏低,可能是由于样地位于路边田间(见表1),由于田间耕作松土、秸秆还田、间作物根系残留等原因,使土壤变得疏松,容重降低。由于调查样地位于村庄旁边,有些未设围栏,容易受人、畜(禽)的踩踏影响,导致4号和2号调查样地表层容重相对偏高。

表3 林菜复合经营地的土壤物理性质

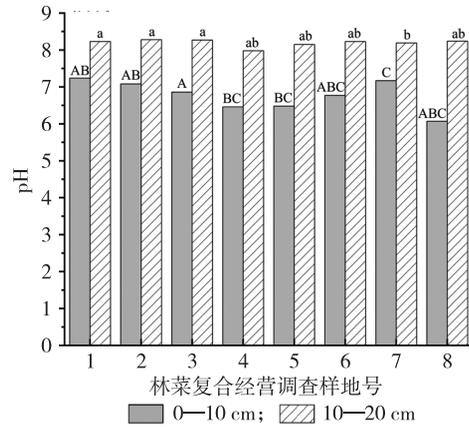
土层深度	黏粒/ μm	粉粒/ μm	极细砂/ μm	细砂/ μm	中砂/ μm	粗砂/ μm	极粗砂/ μm	容重/ (g/cm ³)
0—10 cm	1.14±0.40 a	29.48±2.45 a	11.64±1.64 a	23.00±1.66 a	16.69±1.55 a	12.8±1.51 a	4.06±1.20 a	1.23±0.02 a
10—20 cm	1.40±0.51 a	31.35±1.62 a	13.27±3.63 a	23.29±2.02 a	17.45±1.33 a	11.28±1.40 a	2.90±0.88 b	1.21±0.02 b
平均	1.27±0.24	30.42±2.23	12.46±2.85	23.14±1.79	17.07±1.45	12.04±1.61	3.48±1.18	1.22±0.02

注:同列不同小写字母表示指标数据之间存在显著性差异($P<0.05$)。



注:不同大写字母表示0—10 cm 土层不同林菜复合经营调查样地之间的显著差异;不同小写字母表示10—20 cm 土层不同林菜复合经营调查样地之间的显著差异 ($P < 0.05$)

图1 林菜复合经营调查样地的土壤容重



注:不同大写字母表示0—10 cm 土层不同林菜复合经营调查样地之间的显著差异;不同小写字母表示10—20 cm 土层不同林菜复合经营调查样地之间的显著差异 ($P < 0.05$)

图2 林菜复合经营调查样地的土壤 pH

2.2 林菜复合经营土壤化学性质

土壤 pH 是反映土壤质量的基本性质^[11]。由图2发现,各调查样地土壤上层(0—10 cm) pH 为 6.77 ± 0.41 , 中性;下层(10—20 cm) 为 8.20 ± 0.10 , 偏碱性,总体来看各调查样地土壤 pH 基本相似,为 7.48 ± 0.79 ,属于弱碱性土壤。一般土壤 pH 值为中性(6.5—7.5)或近中性时适宜植物生长,碱性土壤

不利于土壤微生物活动,从而影响土壤缓效养分的释放过程^[12],进而影响植物生长发育^[13]。调查发现4,5号样地表层0—10 cm pH 偏低,林木和4种蔬菜生长相比其他调查点较差。另外,调查样地土壤 pH 值上层显著小于下层($P < 0.05$,见表4),可能是因为表层施肥和浇水的缘故,中和了部分碱性离子。

表4 林菜复合经营地的土壤化学性质

土层深度	pH	有机质/(g/kg)	有效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)
0—10 cm	6.77 ± 0.41 a	19.90 ± 5.72 a	2.42 ± 0.44 a	203.98 ± 83.02 a
10—20 cm	8.20 ± 0.10 b	13.48 ± 4.86 b	1.87 ± 0.32 b	97.39 ± 23.41 b
平均	7.48 ± 0.79	16.69 ± 6.11	2.15 ± 0.47	150.69 ± 80.64

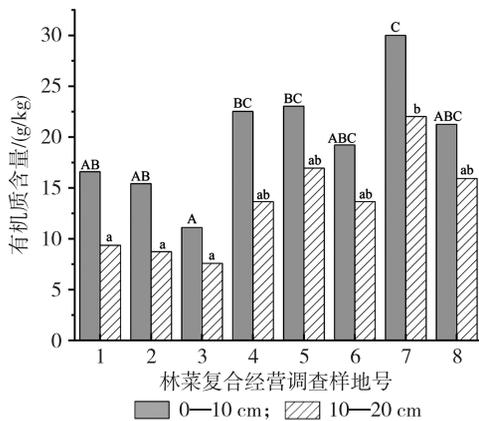
注:同列不同小写字母表示土层指标数据之间的差异性, $P < 0.05$ 。

土壤有机质含量是衡量土壤肥力的重要标准^[14]。本研究0—20 cm 土壤有机质为 (16.69 ± 6.11) g/kg (见表4),对于蔬菜生长来看含量偏低^[15]。由图3可知,各调查样地土壤有机质含量上层(0—10 cm)显著高于下层(10—20 cm) ($P < 0.05$,见表4)。上层土壤有机质含量为 (19.90 ± 5.72) g/kg,属于中等水平,下层为 (13.48 ± 4.86) g/kg,属于偏低水平,所以需要进行土壤深翻,使土壤上下层有机质进行中和。在各调查样地中,1—3号样地土壤有机质含量偏低,蔬菜生长情况也最差,而7号样地最高,蔬菜生长情况最好。可能是因为7号样地位于田间,秸秆还田和林木凋落物返还到土壤,并且施用了蔬菜专用有机肥,使得土壤有机质含量较高。1—3号样地位于房前水边,土壤有

机质容易流失,施肥也较少,所以土壤有机质含量较低,蔬菜生长差。

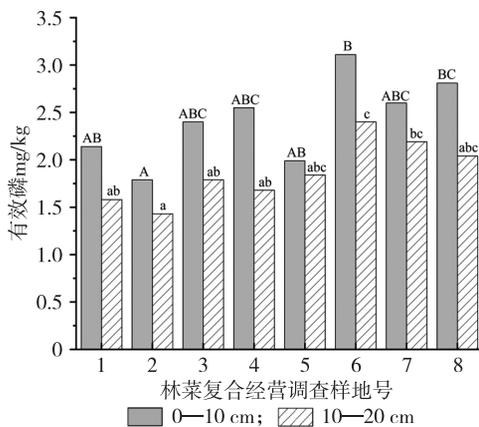
土壤有效磷是指能被植物吸收利用的那部分磷元素^[16]。各调查样地土壤有效磷含量上层(0—10 cm)显著高于下层(10—20 cm) ($P < 0.05$,见表4)。由图4可知,上层土壤有效磷含量为 (2.42 ± 0.44) mg/kg,下层为 (1.87 ± 0.32) mg/kg,属于极低水平。各调查样地相比,1—3号样地土壤有效磷相对低,6—8号样地相对高。可能是因为样地主要位于房前屋后水岸边,无遮阴,高温高湿条件下,土壤风化强烈,大部分盐基离子易于流失^[17],且磷酸根离子易被吸附固定,导致土壤有效磷含量较低^[18-19]。

土壤速效钾主要包括土壤溶液中的钾和土壤



注:不同大写字母表示0—10 cm 土层不同林菜复合经营调查样地之间的显著差异;不同小写字母表示10—20 cm 土层不同林菜复合经营调查样地之间的显著差异($P < 0.05$)

图3 林菜复合经营调查样地的土壤有机质



注:不同大写字母表示0—10 cm 土层不同林菜复合经营调查样地之间的显著差异;不同小写字母表示10—20 cm 土层不同林菜复合经营调查样地之间的显著差异($P < 0.05$)

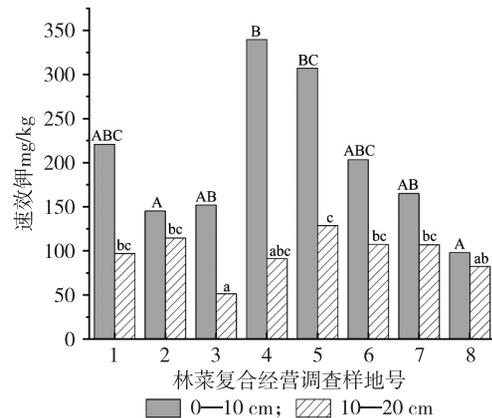
图4 林菜复合经营调查样地的土壤有效磷

胶体表面的代换性钾,是能被植物吸收利用的钾^[17]。本研究0—20 cm 土壤速效钾为(150.69 ± 80.64) mg/kg(见表4),属于偏高水平。各调查样地土壤速效钾含量上层(0—10 cm)显著高于下层(10—20 cm)($P < 0.05$,见表4)。上层土壤速效钾

含量为(203.98 ± 83.02) mg/kg,下层为(97.39 ± 23.41) mg/kg,上层土壤速效钾含量约为下层的2倍。各调查样地相比,3号和8号样地土壤速效钾相对偏低,4—5号样地相对偏高。可能是因为4—5号样地钾肥施入较多,而3号和8号样地位于水边,部分钾离子流失进入水体(见图5)。

2.3 林菜复合经营土壤养分与理化性质的相关性

通过分析林菜复合经营土壤有机质、有效磷和速效钾与土壤理化性质的相关性。从表5可以看出,土壤有机质与中砂和pH均呈显著负相关($P < 0.05$),表明砂砾土壤的保肥力较差,土壤pH过高不利于土壤有机质累积;土壤有效磷与粉砂和pH均呈极显著负相关($P < 0.01$),调查样地土壤pH值平均在7以上,表明土壤碱性增强,土壤中磷的有效性降低。而土壤有效磷与粗砂呈极显著正相关($P < 0.01$),与有机质呈显著正相关($P < 0.05$),表明土壤有机质含量增加,有利于有效磷含量的提高;土壤速效钾与容重呈极显著正相关($P < 0.01$),与有机质呈显著正相关($P < 0.05$),表明土壤中的有机质含量增加,有利于有效钾含量增加。



注:不同大写字母表示0—10 cm 土层不同林菜复合经营调查样地之间的显著差异。不同小写字母表示10—20 cm 土层不同林菜复合经营调查样地之间的显著差异($P < 0.05$)

图5 林菜复合经营调查样地的土壤速效钾

表5 林菜复合经营土壤有机质、有效磷和速效钾与土壤理化性质相关性

指标	黏粒	粉粒	极细砂	细砂	中砂	粗砂	极粗砂	容重	pH	有机质	有效磷	速效钾
有机质	0.24	-0.44	-0.47	-0.44	-0.53*	0.44	0.15	0.04	-0.55*	1.00		
有效磷	-0.05	-0.70**	-0.37	-0.19	-0.17	0.70**	0.35	-0.02	-0.65**	0.60*	1.00	
速效钾	-0.21	-0.37	-0.26	-0.31	-0.27	0.13	0.07	0.69**	-0.67**	0.53*	0.35	1.00

注:*表示相关性在0.05水平上显著;**表示相关性在0.01水平上显著。

3 建议

通过分析土壤理化性质发现,土壤养分处于中等偏低水平。针对仪征市典型4种蔬菜林菜复合经营现状,提出以下建议。

(1)因地制宜,适地适树(菜)。林菜复合经营中,首先应考虑林木和蔬菜的生物学和生态学特性,结合林地微气候和林地土壤条件等实际情况,选择适宜林下种植的蔬菜种类和优势品种,适当扩大规模。例如:乌桕树冠稀疏,林下种植需光性强的洲芹菜和紫菜薹进行复合经营;无患子树冠浓密、枝繁叶茂,选择耐荫性强的雪里蕻和野芥菜进行复合经营,以蔬养林,相得益彰。

(2)调整结构,优化密度。适当调整林分结构,优化种植密度。例如,初栽时的1—2年生乌桕苗,株行距3 m×5 m,紫菜薹与林木距离以0.5 m为宜;若为规模化种植,乌桕宜采用大苗,株行距4 m×8 (10)m,紫菜薹与乌桕距离以1 m为宜。

(3)科学整地,改良土壤。在整地方面,为满足不同类型蔬菜种植对土地的需求,应在复合经营前深翻土壤,例如雪里蕻要选择土层深厚、排灌方便和保水保肥的土壤;整地过程中注意对林木主侧根的保护,提高林木成活率。另外,可以合理选择土壤调理剂,调节土壤pH,增加土壤养分有效性,提高蔬菜和林木产量和品质。

(4)加强管理,精耕细作。在水肥管理方面,要根据土壤性质、林木和蔬菜水肥需求规律等实际情况,适时适量进行灌溉施肥。例如春、夏播的野芥菜,一般追肥2次;出苗前浇水1次保湿,浇水时间以早晚为宜,轻浇、勤浇,不能1次浇透。出苗后适当浇水,保持土壤湿润。另外,坚持“预防为主,综合防治”的病虫害防治原则,充分利用绿色防控技术防治病虫害,例如尽量不要选前作为十字花科作物的种植地来种植雪里蕻,并远离病原地。

(5)适时间作,适销对路。在栽培种植方面,做到合理安排茬口,选好品种,抢抓农时,适时进行间、套和轮作。例如,紫菜薹早熟类型宜在7月中旬

至8月上旬播种育苗;中熟类型宜在8月中旬至9月上旬播种育苗;晚熟类型宜在9月中旬至10月上旬播种育苗。另外,在采收和销售方面,根据不同蔬菜种类确定采收时间,适当拓展新型营销渠道,可选择低成本、交易便捷的网络营销方式。

参考文献:

- [1] 薛亮,张真和.关于“十四五”期间我国蔬菜产业发展的若干问题[J].中国蔬菜,2021(4):5-11.
- [2] 王年金,方建华,向新年.山核桃复合经营模式及栽培技术[J].现代农业科技,2011(18):159-161.
- [3] 谢英荷,洪坚平,卜玉山,等.枣麦间作对土壤肥力的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2002(3):203-205.
- [4] 刘跃钧,蒋燕锋,葛永金,等.锥栗-多花黄精不同复合经营模式经济生态效益评价[J].经济林研究,2020,38(4):72-81.
- [5] 吴克宁,赵瑞.土壤质地分类及其在我国应用探讨[J].土壤学报,2019,56(1):227-241.
- [6] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978.
- [7] NY/T 1121.2-2006 土壤检测.第2部分:土壤pH的测定[S].2006.
- [8] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [9] NY/T 889-2004 土壤速效钾和缓效钾含量的测定[S].2005.
- [10] 刘霞,张光灿,李雪蕾,等.小流域生态修复过程中不同森林植被土壤入渗与贮水特征[J].水土保持学报,2004,18(6):1-5.
- [11] 毛应明,桑树勋,王学松,等.徐州市城区土壤pH值分布特征研究[J].环境科学与技术,2013,36(8):77-80.
- [12] 赫伟红.土壤酸碱性对土壤肥力和作物生长的影响[J].现代农村科技,2012(24):43.
- [13] 张旭,刘彦卓,孔清霓,等.土壤pH对华南双季稻旱育秧素质的影响试验初报[J].广东农业科学,1998(2):8-10.
- [14] 窦森.土壤有机质[M].北京:科学出版社,2010.
- [15] 蔡红明,王仁杰,王俊英,等.寿光设施蔬菜施肥及土壤养分现状分析[J].中国果菜,2022,42(6):80-84.
- [16] 孙向阳.土壤学[M].北京:中国林业出版社,2005.
- [17] 张玉革,梁文举,姜勇.不同利用方式下潮棕壤交换性钙镁的剖面分布[J].应用生态学报,2008,19(4):813-818.
- [18] 张福锁,崔振岭,王激清,等.中国土壤和植物养分管理现状与改进策略[J].植物学通报,2007,24(6):687-694.
- [19] 詹书侠,陈伏生,胡小飞,等.中亚热带丘陵红壤区森林演替典型阶段土壤氮磷有效性[J].生态学报,2009,29(9):4673-4680.