

河南省中北部不同土地利用类型净碳汇及其价值

滕永忠¹,白保勋²,陈东海²,徐婷婷²,宋长新³,王卫华⁴

(1. 河南省农业科学院 农业经济与信息研究所,河南 郑州 450002; 2. 郑州市农林科学研究所,河南 郑州 450005; 3. 开封市国有林场,河南 开封 475000; 4. 周口市农业技术推广站,河南 周口 466000)

摘要: 为了研究不同土地利用类型的净碳汇及其价值,为碳汇生态补偿提供依据,选择了河南省中北部6个土地利用类型中具有代表性的植物种类,用碳税法计算不同种类植物及不同土地利用类型净碳汇及其价值。结果表明,不同土地利用类型碳投入量,温室作物最大[2 037.88 kg/(hm²·a)],其后依次为露地蔬菜[1 761.36 kg/(hm²·a)]、粮经作物[1 390.92 kg/(hm²·a)]、果园[1 226.57 kg/(hm²·a)]、城镇绿地[350.76 kg/(hm²·a)]、林地[198.93 kg/(hm²·a)];不同土地利用类型固碳量,温室作物最大[16 283.70 kg/(hm²·a)],其后依次为露地菜地[11 135.38 kg/(hm²·a)]、粮经作物[10 694.70 kg/(hm²·a)]、果园[5 234.00 kg/(hm²·a)]、城镇绿地[4 783.94 kg/(hm²·a)]、林地[4 364.11 kg/(hm²·a)];不同土地利用类型净碳汇,温室作物最大[14 245.82 kg/(hm²·a)],其后依次为露地蔬菜[9 374.02 kg/(hm²·a)]、粮经作物[9 303.78 kg/(hm²·a)]、城镇绿地[4 433.18 kg/(hm²·a)]、林地[4 165.00 kg/(hm²·a)]、果园[4 007.43 kg/(hm²·a)];不同土地利用类型净碳汇价值,温室作物最大[13 120 元/(hm²·a)],其后依次为露地蔬菜[8 633 元/(hm²·a)]、粮经作物[8 569 元/(hm²·a)]、城镇绿地[4 141 元/(hm²·a)]、林地[3 836 元/(hm²·a)]、果园[3 691 元/(hm²·a)]。与林木相比,农作物净碳汇价值更高,建议把农作物净碳汇纳入生态补偿体系,减少农作物碳投入,提高农产品质量,充分发挥农作物净化空气的生态功能。

关键词: 土地利用类型; 碳投入; 碳固定; 净碳汇; 价值分析; 植物种类; 河南省

中图分类号: S28 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2019)09-0060-07

Net Carbon Sink and Their Value of Different Land-use Types in North Central Region of Henan Province

TENG Yongzhong¹, BAI Baoxun², CHEN Donghai², XU Tingting², SONG Changxin³, WANG Weihua⁴

(1. Institute of Agricultural Economics and Information, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 45002, China; 2. Zhengzhou Agricultural and Forestry Science Institute, Zhengzhou 450005, China; 3. Kaifeng National Forest Farm, Kaifeng 475000, China; 4. Zhoukou Agricultural Technology Promotion Station, Zhoukou 466000, China)

Abstract: In order to study the net carbon sink and their value of different land-use types, for providing basis for carbon sink ecological compensation, six land-use types including typical plant species were selected in north central region of Henan Province. The net carbon sink and their value of these land-use types and plant species were evaluated using carbon tax method. The results showed that, of all the carbon input of different land-use types, greenhouse crop was the highest[2 037.88 kg/(ha·a)], followed by field vegetable[1 761.36 kg/(ha·a)], food and cash crop[1 390.92 kg/(ha·a)], orchard[1 226.57 kg/(ha·a)], urban green land[350.76 kg/(ha·a)], forest[198.93 kg/(ha·a)]. Of all the carbon fixation of different land-use types, greenhouse crop was the highest[16 283.70 kg/(ha·a)], followed by field vegetable[11 135.38 kg/(ha·a)], food and cash crop[10 694.70 kg/(ha·a)], orchard[5 234.00 kg/(ha·a)], urban green land[4 783.94 kg/(ha·a)], forest[4 364.11 kg/(ha·a)]. Of all the net

收稿日期:2019-01-15

基金项目:国家农业环境数据中心观测监测项目(ZX03S1707);河南省农业产业技术经济评价体系项目(S2018-12-02);郑州市重点科技攻关项目(20130244)

作者简介:滕永忠(1970-),男,河南平舆人,副研究员,主要从事农业经济与农业技术经济研究。
E-mail:tyz163vip@163.com

通信作者:白保勋(1965-),男,河南上蔡人,副研究员,博士,主要从事都市农业与环境生态研究。
E-mail:baibaoxun@163.com

carbon sink of different land-use types, greenhouse crop was the highest [14 245.82 kg/(ha·a)], followed by field vegetable [9 374.02 kg/(ha·a)], food and cash crop [9 303.78 kg/(ha·a)], urban green land [4 433.18 kg/(ha·a)], forest [4 165.00 kg/(ha·a)], orchard [4 007.43 kg/(ha·a)]. Of all the value of net carbon sink of different land-use types, greenhouse crop was the highest [13 120 Yuan/(ha·a)], followed by field vegetable [8 633 Yuan/(ha·a)], food and cash crop [8 569 Yuan/(ha·a)], urban green land [4 141 Yuan/(ha·a)], forest [3 836 Yuan/(ha·a)], orchard [3 691 Yuan/(ha·a)]. The crop net carbon sink value was higher than trees, so it was suggested that the net carbon sink of crops should be incorporated into the ecological compensation system, to reduce the carbon input of crops, improve the quality of agricultural products, and give full play to the ecological function of cleaning air of crops.

Key words: Land-use type; Carbon input; Carbon fixation; Net carbon sink; Value analysis; Plant species; Henan Province

生产活动与化石燃料燃烧等活动释放了种类与数量较多的温室气体,改变了大气成分。其中,CO₂排放量最多,对温室效应作用最大^[1-3]。大气成分的变化对气候、自然环境等造成了不良影响^[4-6]。随着经济的快速发展,中国已经成为世界上最大的CO₂排放国^[7-9]。

物资和能量投入对农林业生产起到积极作用,但是农林业生产活动与过量的物质投入会增加农田碳投入量^[3-4]。农林业生产活动投入形式有机械柴油与电能2种,前者包括耕作、播种、收获等柴油消耗,后者为灌溉电能投入;农林业物资投入为化肥(氮、磷、钾肥)与农药(杀虫剂、除草剂)^[3-12]。

农林业生态系统是在一定地域内相互作用的生物因素和非生物因素构成的功能整体,绿色植物通过光合作用,吸收CO₂释放O₂,净化空气^[13-14]。在农林业生态服务功能中,植物净碳汇对生态系统价值的贡献较大^[15-16]。现有的研究主要对林木和粮经作物净碳汇进行探讨,对果树、设施农业进行的研究较少。多年生林木、果树和生长周期较短的粮经作物在研究方法上存在较大差异,粮经作物核算净碳汇时扣除了碳投入,而林地、果园、城镇绿地核算净碳汇时未考虑碳投入,从而导致农林业净碳汇无法进行精确比较。农林业一般处于同一个生态系统之中,故尝试采用统一的方法,把碳投入纳入净碳汇计算,量化评价农林业生态系统碳汇功能,对进一步了解农林业生态系统的碳收支,科学高效地经营管理农林业资源具有重要的现实意义^[17-18]。

鉴于此,调查河南省中北部农林业生产活动与物资投入,确定农林业碳投入量,测定不同种类植物净生产力,计算植物固碳量,根据不同种类植物净碳汇,用碳税法计算不同种类植物与土地利用类型净碳汇的价值,旨在为农林业资源合理利用与低碳农林业发展提供依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

河南省中北部属暖温带大陆性季风气候,四季

分明、雨热同期、干冷同季、灾害天气频繁。春季干旱少雨,夏季炎热多雨,秋季晴朗日照长,冬季寒冷少雨。年平均温度14.0~14.3℃,年平均降雨量599.5~707.0 mm。

该区域东部为平原,中部为低山丘陵,西部为山地。地带性土壤为棕壤及褐土,东西方向上变化显著,由东向西逐渐由潮土、褐土过渡到棕壤;受地形、母质、时间和人类活动等多种因素影响,土壤类型多样化,主要有褐土、潮土、风砂土、棕壤与水稻土等。

河南省中北部植被受地形和气候的影响,呈现出平原到山地不同环境的过渡性,同时,受人类活动的影响较大。按照经营目的、植物种类与生长环境的差异,把河南省中北部分为粮经作物、露地蔬菜、温室作物、果园、林地、城镇绿地6个土地利用类型。

1.2 研究方法

1.2.1 碳投入量 农业生产中碳投入量主要包括农业生产活动耗能与物资投入碳排放量的总和。碳投入量按照以下公式计算^[19-20]:

$$C_t = \sum_{i=1}^n C_{ti} = \sum_{i=1}^n (m\beta)_i \quad (1)$$

式中, C_t 为碳投入量,单位:kg/(hm²·a); i 为农业生产过程能源消耗种类,包括柴油、电能等; C_{ti} 为第 i 种能源消耗碳投入量,单位:kg/(hm²·a); j 为农业生产资料消耗种类,包括农药、化肥等; m 为生产资料消耗量,单位:kg/(hm²·a); β 为第 i 种生产资料的碳排放参数。不同农业生产资料的碳排放参数:施用1 kg N,碳投入量1.56 kg;施用1 kg P₂O₅,碳投入量1.63 kg;施用1 kg K₂O,碳投入量0.65 kg;施用1 kg 除草剂,碳投入量6.3 kg;施用1 kg 杀虫剂,碳投入量5.1 kg;电能碳投入量0.25 kg/(kW·h);柴油碳投入量0.94 kg/kg^[21-22]。

在6个土地利用类型中,林地、果园、城镇绿地中植物为多年生,取年碳投入量的多年平均值作为其碳投入量;粮经作物中植物为一年两茬轮作的草本,碳投入量为主要植物年碳投入量平均值的2倍;露地蔬菜与温室作物碳投入量均按照1 a内轮作作物碳投入量总和计算。

1.2.2 固碳量 在河南省中北部不同土地利用类

型中,选择有代表性的植物,在植物生长季节设置样地。乔木林样地规格:10 m×10 m,灌木林样地规格:5 m×5 m,草本群落样地规格:2 m×2 m。用收获法测定不同种类植物生物量,多年生植物用其总生物量除以生长年限得到净生产力;生命周期不超过 1 a 的植物,其生物量即为净生产力^[23-24]。

不同种类植物固碳量用以下公式计算^[23]:

$$G_{\text{碳}} = 1.63 R_{\text{碳}} B_{\text{年}} \tag{2}$$

式中, $G_{\text{碳}}$ 为植物年固碳量,单位:kg/(hm²·a); $B_{\text{年}}$ 为植物净生产力,单位:kg/(hm²·a); $R_{\text{碳}}$ 为 CO₂ 中碳的含量,为27.27%。

在 6 个土地利用类型中,林地、果园、城镇绿地取植物年固碳量的平均值,作为其固碳量;粮经作物固碳量以主要植物固碳量平均值的 2 倍计算;露地蔬菜与温室作物固碳量按照 1 a 内轮作作物固碳量总和计算。

1.2.3 净碳汇及其价值 用固碳量减去相应的碳投入量得到不同种类植物的净碳汇,用碳税法评价不同种类植物净碳汇的价值^[11-12]。

$$U_{\text{碳}} = C_{\text{碳}} (G_{\text{碳}} - C_i) \tag{3}$$

式中, $U_{\text{碳}}$ 为植物年固碳价值,单位:元/(hm²·a); $G_{\text{碳}}$ 为植物年固碳量,单位:kg/(hm²·a); C_i 为碳投入量,单位:kg/(hm²·a); $C_{\text{碳}}$ 为碳的价格,单位:元/kg,2015年人民币与美元的平均汇率为6.228 4,碳税率折合人民币为0.934 元/kg。

2 结果与分析

2.1 不同种类植物净碳汇及其价值

2.1.1 碳投入量 根据调查结果,用公式(1)计算不同种类植物碳投入量。由表 1 可知,粮经作物碳投入量由大到小的顺序为水稻、小麦、玉米、花生;露地蔬菜碳投入量由大到小的顺序为番茄、黄瓜、莲藕、豆角、白菜、萝卜;温室作物碳投入量由大到小的顺序为番茄、黄瓜、菜椒、菊花、辣椒;果园碳投入量由大到小的顺序为柿树、苹果、葡萄、桃树、枣树、核桃;林地碳投入量由大到小的顺序为金银花、泡桐、杨树、柳树、国槐、油松、柏木、刺槐;城镇绿地碳投入量由大到小的顺序为月季、悬铃木、紫薇、雪松、银杏、石楠、黄山栾、女贞。

表 1 不同种类植物的碳投入量

Tab.1 Carbon input of different plant species								kg/(hm ² ·a)	
土地利用类型 Land-use type	植物 Plant	能源消耗		化肥投入			农药投入		合计 Total
		Energy consumption		Fertilizer input			Pesticide input		
		柴油 Diesel	电能 Electricity	氮 N	磷 P	钾 K	除草剂 Herbicide	杀虫剂 Insecticide	
粮经作物 Food and cash crop	小麦	131.63	150.00	327.60	146.73	58.56	0.57	1.53	816.62
	玉米	56.45	99.86	280.84	73.35	29.28	0.57	0.98	541.33
	花生	75.82	56.41	187.20	138.57	52.16	0.63	2.36	513.15
	水稻	82.17	55.69	432.90	119.81	70.20	64.26	85.68	910.71
露地蔬菜 Field vegetable	白菜	43.36	26.01	293.30	143.99	65.63	8.01	22.34	602.63
	萝卜	36.29	19.16	245.49	116.52	51.93	4.71	15.76	489.86
	豆角	104.23	76.82	216.97	212.42	79.96	1.97	5.62	697.99
	番茄	150.66	112.09	832.56	408.72	186.30	2.50	9.38	1 702.22
温室作物 Greenhouse crop	莲藕	67.98	43.10	363.93	97.48	58.64	45.51	54.01	730.65
	黄瓜	89.41	78.01	505.11	257.97	123.05	1.52	5.69	1 032.73
	番茄	183.51	139.35	1 031.54	478.68	213.02	3.25	13.24	2 062.59
	菜椒	56.43	42.68	381.15	88.32	57.26	2.79	7.32	635.95
果园 Orchard	辣椒	53.15	39.83	378.34	86.36	54.93	2.68	6.38	621.67
	黄瓜	95.68	87.59	538.79	279.13	137.28	1.92	6.82	1 147.21
	菊花	48.64	27.36	296.71	161.81	67.56	6.86	18.35	627.29
	枣树	118.89	223.13	213.64	134.72	69.91	34.02	192.17	986.48
林地 Forest	苹果	65.39	286.88	466.07	259.39	85.90	35.04	217.92	1 416.59
	桃树	59.83	127.51	485.45	208.92	148.53	156.45	26.35	1 213.04
	葡萄	89.17	159.38	435.16	143.64	175.48	30.27	188.24	1 221.34
	柿树	112.53	137.06	527.91	390.22	177.02	27.13	168.73	1 540.60
	核桃	95.16	76.53	368.83	175.14	73.02	164.57	28.13	981.38
	油松	0	0	0	0	0	0	23.05	23.05
	柏木	0	0	0	0	0	0	22.13	22.13
	杨树	0	0	154.14	94.36	58.24	0	23.29	330.03
	泡桐	0	0	179.81	82.65	76.19	0	23.75	362.40
	柳树	0	0	134.30	92.77	56.87	0	23.96	307.89
	国槐	0	0	0	0	0	0	23.79	23.79
	刺槐	0	0	0	0	0	0	21.46	21.46
城镇绿地 Urban green land	金银花	148.61	63.75	156.78	28.12	16.29	0	87.16	500.71
	悬铃木	79.54	0	131.76	142.79	39.65	0	58.73	452.47
	银杏	31.73	0	139.82	54.75	42.29	0	49.76	318.35
	雪松	18.62	0	132.37	91.69	74.36	0	26.20	343.24

续表 1 不同种类植物的碳投入量

Tab. 1 (Continued) Carbon input of different plant species

kg/(hm² · a)

土地利用类型 Land-use type	植物 Plant	能源消耗 Energy consumption		化肥投入 Fertilizer input			农药投入 Pesticide input		合计 Total
		柴油 Diesel	电能 Electricity	氮 N	磷 P	钾 K	除草剂 Herbicide	杀虫剂 Insecticide	
	黄山栾	27. 51	0	158. 78	25. 67	19. 83	0	22. 96	254. 75
	女贞	30. 13	0	39. 26	47. 09	11. 89	0	28. 38	156. 75
	石楠	32. 04	0	142. 78	35. 26	27. 36	0	26. 73	264. 17
	紫薇	35. 30	124. 31	65. 58	25. 67	19. 83	0	161. 53	432. 22
	月季	68. 67	112. 54	49. 73	134. 96	51. 93	0	166. 31	584. 14

2.1.2 固碳量 按照公式(2)计算不同种类植物的固碳量。由表 2 可知,粮经作物固碳量由大到小的顺序为水稻、玉米、小麦、花生;露地蔬菜固碳量由大到小的顺序为萝卜、白菜、莲藕、黄瓜、番茄、豆角;温室作物固碳量由大到小的顺序为辣椒、菜椒、番茄、黄瓜、菊花;果园固碳量由大到小的顺序为柿树、

葡萄、核桃、苹果、桃树、枣树;林地固碳量由大到小的顺序为刺槐、国槐、杨树、泡桐、柳树、油松、柏木、金银花;城镇绿地固碳量由大到小的顺序为悬铃木、银杏、石楠、雪松、女贞、黄山栾、紫薇、月季。

2.1.3 净碳汇及其价值 用不同种类植物固碳量减去其碳投入量,得到净碳汇。由表 3 可知,粮经作

表 2 不同种类植物的固碳量

Tab. 2 Carbon fixation of different plant species

土地利用类型 Land-use type	植物 Plant	kg/(hm ² · a)	
		净生产力 Net productivity	固碳量 Carbon fixation
粮经作物 Food and cash crop	小麦	12 490	5 551. 82
	玉米	12 600	5 600. 71
	花生	9 340	4 151. 64
露地蔬菜 Field vegetable	水稻	13 690	6 085. 22
	白菜	14 080	6 258. 57
	萝卜	15 530	6 903. 10
	豆角	9 320	4 142. 75
	番茄	10 260	4 560. 58
	莲藕	13 960	6 205. 23
	黄瓜	11 640	5 173. 99
温室作物 Greenhouse crop	番茄	21 350	9 490. 10
	菜椒	22 480	9 992. 38
	辣椒	23 200	10 312. 42
	黄瓜	12 784	5 682. 60
	菊花	11 770	5 231. 78
果园 Orchard	枣树	7 510	3 338. 20
	苹果	10 980	4 880. 62
	桃树	9 600	4 267. 21
	葡萄	14 110	6 271. 91
	柿树	15 790	7 018. 67
	核桃	12 660	5 627. 38
	油松	7 150	3 178. 18
林地 Forest	柏木	4 410	1 960. 25
	杨树	1 2930	5 747. 40
	泡桐	1 2820	5 698. 50
	柳树	9 170	4 076. 07
	国槐	12 980	5 769. 62
	刺槐	15 730	6 992. 00
	金银花	3 350	1 489. 08
	悬铃木	20 120	8 943. 36
	银杏	16 390	7 285. 37
	雪松	10 390	4 618. 37
城镇绿地 Urban green land	黄山栾	8 830	3 924. 94
	女贞	9 600	4 267. 21
	石楠	11 690	5 196. 22
	紫薇	4 960	2 204. 72
	月季	4 120	1 831. 34

表 3 不同种类植物的净碳汇及其价值

Tab. 3 Net carbon sink and their value of different plant species

土地利用类型 Land-use type	植物 Plant	plant species	
		净碳汇/ [kg/(hm ² · a)] Net carbon sink	价值/ [元/(hm ² · a)] Value/ [Yuan/(ha · a)]
粮经作物 Food and cash crop	小麦	4 735. 20	4 423
	玉米	5 059. 38	4 725
	花生	3 638. 49	3 398
露地蔬菜 Field vegetable	水稻	5 174. 51	4 833
	白菜	5 655. 94	5 283
	萝卜	6 413. 24	5 990
	豆角	3 444. 76	3 217
	番茄	2 858. 36	2 670
温室作物 Greenhouse crop	莲藕	5 474. 58	5 113
	黄瓜	4 141. 26	3 868
	番茄	7 427. 51	6 937
	菜椒	9 356. 43	8 739
	辣椒	9 690. 75	9 051
	黄瓜	4 535. 39	4 236
	菊花	4 604. 49	4 301
果园 Orchard	枣树	2 351. 72	2 197
	苹果	3 464. 03	3 235
	桃树	3 054. 17	2 853
	葡萄	5 050. 57	4 717
	柿树	5 478. 07	5 117
	核桃	4 646. 00	4 339
林地 Forest	油松	3 155. 13	2 947
	柏木	1 938. 12	1 810
	杨树	5 417. 37	5 060
	泡桐	5 336. 10	4 984
	柳树	3 768. 18	3 519
	国槐	5 745. 83	5 367
	刺槐	6 970. 54	6 510
	金银花	988. 37	923
	悬铃木	8 490. 89	7 930
	银杏	6 967. 02	6 507
城镇绿地 Urban green land	雪松	4 275. 13	3 993
	黄山栾	3 670. 19	3 428
	女贞	4 110. 46	3 839
	石楠	4 932. 05	4 607
	紫薇	1 772. 50	1 656
	月季	1 247. 20	1 165

物净碳汇及其价值由大到小的顺序为水稻、玉米、小麦、花生；露地蔬菜净碳汇及其价值由大到小的顺序为萝卜、白菜、莲藕、黄瓜、豆角、番茄；温室作物净碳汇及其价值由大到小的顺序为辣椒、菜椒、番茄、菊花、黄瓜；果园净碳汇及其价值由大到小的顺序为柿树、葡萄、核桃、苹果、桃树、枣树；林地净碳汇及其价值由大到小的顺序为刺槐、国槐、杨树、泡桐、柳树、油松、柏木、金银花；城镇绿地净碳汇及其价值由大到小的顺序为悬铃木、银杏、石楠、雪松、女贞、黄山栾、紫薇、月季。

2.2 不同土地利用类型净碳汇及其价值

2.2.1 碳投入量 根据不同种类植物碳投入量,计算不同土地利用类型碳投入量。由表 4 可知,不同土地利用类型碳投入量,温室作物最大,其后依次为露地蔬菜、粮经作物、果园、城镇绿地,林地最小。为了获得较高产量的蔬菜产品,温室作物农业生产活动与物资投入较多;露地蔬菜化肥与农药使用量较大,碳投入量较高;粮经作物与果园碳投入量中等;

城镇绿地与林地以多年生木本植物为主,前者需要修剪、施肥、喷药,后者一般除了喷药,经济林与丰产林施用化肥之外,不采取其他管理措施,碳投入量较低。

2.2.2 固碳量 根据不同种类植物固碳量,计算不同土地利用类型固碳量。由表 5 可以看出,不同土地利用类型固碳量以温室作物最大,其后依次为露地蔬菜、粮经作物、果园、城镇绿地、林地。温室作物生长过程中,农业生产活动与物资投入量高,即碳投入量高,植物生长加快,固碳量较高。城镇绿地与林地一般生长在立地条件较差的区域,以自然生长为主,碳投入量较小,固碳量较低;果园碳投入量较高,促进结果与果实生长,因此果实生物量所占比例较大,净生产力较高,固碳量较高。

2.2.3 净碳汇及其价值 根据不同种类植物净碳汇及其价值,计算不同土地利用类型净碳汇及其价值。由表 6 可知,不同土地利用类型净碳汇及其价

表 4 不同土地利用类型的碳投入量

Tab.4 Carbon input of different land-use types								kg/(hm ² ·a)
土地利用类型 Land-use type	能源消耗 Energy consumption		化肥投入 Fertilizer input			农药投入 Pesticide input		合计 Total
	柴油 Diesel	电能 Electricity	氮 N	磷 P	钾 K	除草剂 Herbicide	杀虫剂 Insecticide	
粮经作物 Food and cash crop	173.04	180.98	614.28	239.22	105.10	33.02	45.28	1 390.92
露地蔬菜 Field vegetable	163.98	118.40	819.12	412.36	188.50	21.40	37.60	1 761.36
温室作物 Greenhouse crop	174.96	134.72	1 050.62	437.72	212.02	7.00	20.84	2 037.88
果园 Orchard	90.16	168.42	416.18	218.67	121.64	74.58	136.92	1 226.57
林地 Forest	18.58	7.97	78.13	37.24	25.95	0.00	31.07	198.93
城镇绿地 Urban green land	40.44	29.61	107.51	69.74	35.89	0.00	67.58	350.76

表 5 不同土地利用类型的固碳量

Tab.5 Carbon fixation of different land-use types			kg/(hm ² ·a)
土地利用类型 Land-use type	净生产力 Net productivity	固碳量 Carbon fixation	
粮经作物 Food and cash crop	24 060	10 694.70	
露地蔬菜 Field vegetable	25 052	11 135.38	
温室作物 Greenhouse crop	36 634	16 283.70	
果园 Orchard	11 775	5 234.00	
林地 Forest	9 818	4 364.11	
城镇绿地 Urban green land	10 763	4 783.94	

表 6 不同土地利用类型的净碳汇及其价值

Tab.6 Net carbon sink and their value of different land-use types		
土地利用类型 Land-use type	净碳汇/ [kg/(hm ² ·a)] Net carbon sink	价值/ [元/(hm ² ·a)] Value/[Yuan/(ha·a)]
粮经作物 Food and cash crop	9 303.78	8 569
露地蔬菜 Field vegetable	9 374.02	8 633
温室作物 Greenhouse crop	14 245.82	13 120
果园 Orchard	4 007.43	3 691
林地 Forest	4 165.00	3 836
城镇绿地 Urban green land	4 433.18	4 141

值由大到小的顺序为温室作物、露地蔬菜、粮经作物、城镇绿地、林地、果园。不同土地利用类型的净碳汇及其价值主要取决于其固碳量与碳投入量,固碳量较高,碳投入量较低的土地利用类型具有较高的净碳汇及价值。

3 结论与讨论

不同类型植物生长的环境差别较大,在河南省中北部的东部平原区,以农作物种植为主;在中西部丘陵区,林木、果树与农作物相间分布,在较为平坦的区域一般种植农作物,在坡度较小的区域栽培果园,在坡度较大的区域种植林木;城镇绿地主要种植多年生乔木与灌木、草本植物。粮经作物在农作物中所占面积较大,其次为露地蔬菜,温室作物种植面积较小。温室作物、露地蔬菜、粮经作物虽然均为农作物,但是获取的农产品差别较大,生长状况差别较大。温室作物与露地蔬菜生长环境有较大差别,所以分别归为2个土地利用类型;城镇绿地主要植物群落为多年生木本与草本植物,立地条件较差,受人为影响较大,生长较慢。

为了获得更高的产量,温室作物化肥和农药使用量较大,生产管理投入量较大,在不同土地利用类型中,碳投入量最大;露地蔬菜轮作茬数多于粮经作物,化肥和农药使用量较多,机械耗能较高,其碳投入量仅次于温室作物;粮经作物能量消耗和物质投入小于露地蔬菜,在以上3种土地利用类型中碳投入量最小。在多年生木本植物中,果园需要精细管理,能量和物质消耗量最大,碳投入量最大。新营造的森林在成林之后,除了喷药防治病虫害,基本无其他碳投入,碳投入量最低。多年生木本植物碳投入量小于生长期较短的草本植物。

在某一地域,农业和林业共处于同一个生态系统,不同种类植物是农林业生态系统的主要组成部分,提供生态、生产、生活等多种功能。绿色植物可以吸收二氧化碳,排放氧气,对于改善城乡空气质量具有重要作用。从观测计算结果来看,人工种植的草本植物,包括温室作物、露地蔬菜、粮经作物等,生长较快、固碳量较大;在多年生木本植物中,果树年生长量最大,其后为城镇绿地、林地,因此其固碳量也依次降低。农林业生产活动与物资投入将增加农林业碳投入,降低了农林业净碳汇,过量化肥投入是

农林业碳排放的主要来源,化肥进入土壤分解释放的气体也是造成雾霾的原因之一^[25-28]。因此,大力推广测土配方施肥、水肥一体化、精准施肥、氮肥深施、多施有机肥等,以提高肥料利用率,达到降低碳排放目的。推广免耕、少耕等保护性耕作措施,有利于土壤固碳,提高土壤肥力,减少作物生产中肥料的施用量^[11]。建议在农林业生产过程中增加净碳汇较大种类植物的种植面积,提高农林业植被净碳汇价值。当前,对林木净碳汇价值已经实施了生态补偿,与林木相比,农作物净碳汇价值更高,但是其净碳汇价值未进行生态补偿,建议把农作物净碳汇纳入生态补偿体系,减少农作物碳投入,提高农产品质量,充分发挥农作物净化空气的生态功能。

参考文献:

- [1] 江怀友,沈平平,宋新民,等.世界气候变暖及二氧化碳埋存现状与展望[J].古地理学报,2008,6(3):324-328.
- [2] WEST T O, MARLAND G. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States[J]. Agriculture Ecosystems and Environment, 2002, 91: 217-232.
- [3] RATTAN L. Carbon emission from farm operations[J]. Environment International, 2004, 30: 981-990.
- [4] 齐晔,李惠民,王晓.农业与中国的低碳发展战略[J].中国农业科学,2012,45(1):1-6.
- [5] 鲁敏,秦碧莲,牛朝阳,等.城市植物与城镇绿地固碳释氧能力研究进展[J].山东建筑大学学报,2015,29(8):363-369.
- [6] 喻阳华,杨苏茂.林地固碳释氧研究进展[J].环保科技,2016,22(3):51-54.
- [7] 张艳丽,费世民,李智勇,等.成都市沙河主要绿化树种固碳释氧和降温增湿效益[J].生态学报,2013,33(12):3878-3887.
- [8] 马长欣,刘建军,康博文,等.1999—2003年陕西省林地生态系统固碳释氧服务功能价值评估[J].生态学报,2010,30(6):1412-1422.
- [9] 周自翔,李晶,冯雪铭.基于GIS的关中-天水经济区土地生态系统固碳释氧价值评价[J].生态学报,2013,33(9):2907-2918.
- [10] 段华平,张悦,赵建波,等.中国农田生态系统的碳足迹分析[J].水土保持学报,2011,25(5):203-208.

[11] 史磊刚,范士超,孔凡磊,等. 华北平原主要作物生产的碳效率研究初报[J]. 作物学报,2011,37(8):1485-1490.

[12] 田慎重,宁堂原,李增嘉,等. 不同耕作措施对华北地区麦田 CH₄ 吸收通量的影响[J]. 生态学报,2010,30(2):541-548.

[13] 周萍,刘国彬. 黄土丘陵区流域生物量和气体调节服务功能价值动态变化及评价[J]. 生态经济,2008,24(3):26-31.

[14] 田志会,刘瑞涵. 北京山区果园生态系统气体调节服务及其经济价值估算:以北京市平谷区果园为例[J]. 生态经济,2015,30(11):165-169.

[15] 李晶,任志远. 基于 GIS 的陕北黄土高原土地生态系统固碳释氧价值评价[J]. 中国农业科学,2011,44(14):2943-2950.

[16] 张翀,任志远. 陕北地区土地生态系统固碳释氧价值量动态测评[J]. 地理研究,2015,34(8):1522-1534.

[17] 肖玉,谢高地,鲁春霞,等. 稻田生态系统气体调节功能及其价值[J]. 自然资源学报,2004,19(5):617-623.

[18] 王玉英,胡春胜,程一松,等. 太行山前平原夏玉米 - 冬小麦轮作生态系统碳截存及其气体调节价值[J]. 农业环境科学学报,2009,28(7):1508-1515.

[19] 范建忠,李登科,周辉. 陕西省退耕还林固碳释氧价值分析[J]. 生态学杂志,2013,32(4):874-881.

[20] 李克让. 土地利用变化和温室气体净排放与陆地生态系统碳循环[M]. 北京:气象出版社,2000:136-143.

[21] 郭雪艳,蔡婷,段秀文,等. 上海主要经果林生态系统碳储量及其分布格局[J]. 生态学杂志,2013,32(11):2881-2885.

[22] 陈月华,廖建华,覃事妮. 长沙地区 19 种园林植物光合特性及固碳释氧测定[J]. 中南林业科技大学学报,2012,32(10):116-120.

[23] 赵文瑞,刘鑫,张金池,等. 南京城郊典型树种光合蒸腾、固碳释氧及降温增湿能力[J]. 林业科学,2016,52(9):31-38.

[24] 吴婕,李楠,陈智,等. 深圳特区城镇绿地的固碳释氧效应[J]. 中山大学学报(自然科学版),2010,49(4):86-92.

[25] 曹扬,陈云明,渠美. 陕西省林地碳储量、生产力及固碳释氧经济价值的动态变化[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(5):113-120.

[26] 洪定一. 2013 年我国石油化工行业进展回顾与展望[J]. 化工进展,2015,33(7):1633-1658.

[27] 赵季秋,赵彤华. 警惕空气污染的雾霾报复现象在土地资源上重演[J]. 农业科技通讯,2013,43(7):20-22.

[28] 伍芬琳,李琳,张海林,等. 保护性耕作对农田生态系统净碳释放量的影响[J]. 生态学杂志,2007,26(12):2035-2039.