

农业低碳发展水平及驱动因子研究 ——以四川省为例

李新^{1,2}, 石建屏³, 王承玲⁴, 施炎¹, 单倩倩¹, 罗珊¹

(1. 绵阳师范学院资源环境工程学院, 四川 绵阳 621000; 2. 四川县域经济发展研究中心, 四川 绵阳 621000; 3. 绵阳职业技术学院材料工程系, 四川 绵阳 621000; 4. 云南师范大学旅游地理与科学学院, 昆明 650000)

摘要: 选取中国西部地区四川省作为研究对象, 应用政府间气候变化专门委员会(IPCC)推荐的碳排放模型测算2000~2016年区域内农业碳排放量及强度; 采用Tapio脱钩理论分析区域内农业碳排放与经济增长的特征, 并评估农业经济低碳发展状况; 通过构建LMDI碳排放因素分解模型研究各驱动因子的贡献值, 根据驱动因子的影响和作用提出农业低碳发展的对策。结果表明: 研究期内四川农业碳排放量及强度平均每年分别以1.52%、1.18%增长率呈上升趋势, 其中农膜是最主要贡献者, 占45.2%; 农业碳排放与经济增长的脱钩关系由最初不理想状态逐渐变成相对理想状态, 在2013、2016年则呈现出完全脱钩的理想状态。研究分析得出农业经济快速增长是导致碳排放增加的主要驱动因素, 农业生产效率是影响碳排放增长的关键抑制因素。

关键词: 碳排放; 脱钩; 驱动因子; 低碳发展; 四川省

中图分类号: F323.22; X322

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2020)02-0077-06

Study on the Development Level and Driving Factors of Low Carbon Agriculture in Sichuan Province

LI Xin^{1,2}, SHI Jianping³, WANG Chengling⁴, SHI Yan¹, SHAN Qianqian¹, LUO Shan¹

(1. School of Resource and Environmental Engineering, Mianyang Teachers' College, Mianyang 621000; 2. Research Center of Sichuan County Economy Development, Mianyang 621000; 3. Department of Materials Engineering, Mianyang Occupation Technical College, Mianyang 621000; 4. College of Tourism and Geography, Yunnan Normal University, Kunming 650000, China)

Abstract: The paper selects Sichuan as the research object for which has priority in Western Region development strategy. The methodology in GHG inventory guidelines provided by the IPCC was used to estimate the agricultural carbon emissions and carbon emission intensity from 2000 to 2016 in Sichuan. Using Tapio's decoupling model to estimate the state of decoupling between agricultural carbon emissions and GDP and evaluate the development level. Study the contribution value of each driving factor by building LMDI carbon emission factor decomposition model. According to the influence and function of driving factors, the countermeasures of low carbon development in agriculture are put forward. The results showed that during the research period, the average annual growth rate of agricultural carbon emission and intensity in Sichuan was 1.52% and 1.18%, respectively, with the agricultural film as the main contributor accounting for 45.2%. The decoupling relationship has gradually changed from an initially unsatisfactory state to a relatively ideal state. The year of 2013 and 2016 showed a strong ideal state decoupling. The rapid growth of economic scale is a major factor leading to increased carbon emissions and the agricultural efficiency is a key factor in reducing carbon emissions.

Key words: Carbon emissions; Decoupling; Driving factors; Low carbon agriculture; Sichuan Province

收稿日期: 2018-12-11

基金项目: 四川省社会科学重点研究基地四川县域经济发展研究中心项目(XY2019014); 四川省教育厅重点科研项目(13ZA0113); 四川省社会科学重点研究基地四川县域经济发展研究中心项目(XY2020028)

作者简介: 李新(1962-), 男, 教授, 研究方向: 环境污染控制及资源化, 环境监测与评价。

全球气候变暖是当今社会关注的热点问题,气候变暖与人类活动中碳排放的程度密切相关,减少温室气体排放是世界大多数国家的共识,低碳成为各国社会经济可持续发展的诉求。研究表明农业生产中碳排放量约占全球温室气体排放总量的14.9%^[1],对气候变暖产生的影响越来越不容忽视。随着经济的快速增长和科技的不断进步,促进了中国农业变革和生产效率的提高,同时农业碳排放量不断增加已占我国温室气体排放总量的17%^[2]。中国向国际社会承诺:到2030年二氧化碳排放量绝对值下降,碳排放强度比2005年降低50%~60%,节能减排作为国家发展战略,低碳发展是农业可持续发展的重要途径。四川是中国西部地区重要省份,适宜的气候条件及地理环境使之成为著名的粮食产区;伴随着西部大开发和区域发展战略的实施,农业经济得到了迅速发展;但是依靠传统能源补偿的粗放发展模式,严重的环境问题威胁着自古以来“民以食为天”的农业基础,如何实现碳排放量降低的同时仍然保持经济增长是农业可持续发展面临的重要课题。

国外学者 Holtz-Eakin^[3]研究认为农业经济发展与碳排放量存在倒U型关系即库兹涅茨曲线EKC(Environment Kuznets Curve),农业碳减排必然对农业经济发展产生影响。Ricmond^[4]则认为农业碳排放与经济发展不存在倒U型关系,碳排放与经济增长不具有长期因果联系。国内学者盖美^[5]、李波等^[6]认为经济发展已经面临巨大的环境压力,确实存在脱钩的可能,中国农业目前的发展仍是“高投入、高消耗、高增长”。关于农业碳排放与经济增长脱钩的研究仍处于理论和定性分析阶段,区域层面角度的实证研究较为缺乏。近年来许多学者对碳排放驱动因素进行了探究,如

Wang等^[7]对中国1957~2000年CO₂排放进行因素分解;杨嵘等^[8]研究了西部地区碳排放与经济增长关系的脱钩及驱动因素。尽管对碳排放驱动因素的研究日趋完善,但是针对农业经济与碳排放驱动因素的定量研究很不足。

通过国内外文献分析发现多数学者重点关注的是工业经济与能源结构,针对农业经济发展与环境保护之间的关系研究并不深入,将农业碳排放与经济增长的脱钩关系及其驱动因素相结合的研究更为缺乏。本文应用脱钩理论研究四川省农业生产碳排放量与经济增长的关系,同时构建驱动因素分解模型并深入研究碳排放与经济增长脱钩的驱动因素,分析碳排放量与经济增长的相互作用机制,对四川乃至西部地区农业经济与生态环境的协调发展具有科学支撑作用。

1 研究方法

1.1 碳排放测算模型

采用联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)推荐方法测算农业碳排放量,农业CO₂排放总量计算模型为^[9-10]:

$$D_t = \sum E_{ij} \times F_j \dots\dots\dots (1)$$

式中, D_t为表示第t年的农业碳排放总量; E_{ij}为第t年j种能源的消费量; F_j为第j种能源的碳排放系数。

根据国内外文献研究、结合四川省农业生产状况,构建农业碳排放量测算系数如表1。农业生产过程中碳排放量的构成为化肥、农膜、农药、农用柴油、有效灌溉面积、耕地六个方面,农业碳排放强度用碳排放量与耕地面积之比表示。

表1 农业碳排放源及碳排放系数

能源种类	化肥(kg/kg)	农膜(kg/kg)	农药(kg/kg)	农用柴油(kg/kg)	有效灌溉面积(kg/hm ²)	耕地(kg/hm ²)
碳排放系数	0.8956	5.18	4.9341	0.5927	20.475	3.126

本文研究数据来源于《中国种植业信息网(2000~2016年)》和《四川统计年鉴(2000~2016年)》等

1.2 脱钩弹性模型

脱钩理论常用于衡量经济增长、物质消耗以及生态环境之间的现状关系,反映出区域可持续性发展水平。脱钩弹性系数指碳排放变化率相对于地区国内生产总值(Gross Domestic Product, GDP)变化率的比值,是经济增长与碳排放之间脱钩状态的定量评价指标,可以将脱钩分成不同状态。Tapio在研究欧洲经济增长与碳排放之间的

关系时,提出脱钩弹性计算模型^[9, 11-12]:

$$e(CO_2, GDP) = (\Delta CO_2 / CO_2) / (\Delta GDP / GDP) \dots\dots\dots (2)$$

式中, e(CO₂, GDP)为表示CO₂排放与GDP增长之间的脱钩弹性系数; ΔCO₂ / CO₂为碳排放量的变化率(%); ΔGDP / GDP为GDP的变化率(%)。

Tapio根据脱钩弹性系数值将脱钩类型划分为8种不同状态,各类脱钩状态的弹性系数值及

表2 各类脱钩状态与弹性值

脱钩状态	变量		脱钩弹性值e	特征
	ΔCO ₂	ΔGDP		
负脱钩	强负脱钩	>0	<0	最不理想状态
	弱负脱钩	<0	<0	不可取状态
	扩张负脱钩	>0	>0	不可取状态
脱钩	强脱钩	<0	>0	理想状态
	弱脱钩	>0	>0	较理想状态
	衰退脱钩	<0	<0	可允许状态
连结	增长连结	>0	0.8<e<1.2	不可取状态
	衰退连结	<0	0.8<e<1.2	可允许状态

意义见表2^[13]。

由表2可知,强脱钩为实现低碳发展的最佳可持续状态;强负脱钩则处于最不理想状态;弱脱钩是相对较乐观状态,其余均为不可持续状态。当经济总量保持持续增长(ΔGDP>0)时,弹性值e越小脱钩越显著,越有利于可持续性发展。

1.3 驱动因素模型

基于研究成熟的因素分解方法LMDI(Logarithmic Miviean Divisia Index)的基本模型,将四川农业碳排放与经济增长脱钩的驱动因素可以分解为效率因素、结构因素、经济因素和劳动力因素^[14-18],定量分析影响农业碳排放与经济增长的主要因子,为实现农业经济可持续性发展提供重要科学依据。构建碳排放与经济增长脱钩驱动因素分解模型:

$$AF = \frac{AF}{EY} \times \frac{EY}{DY} \times \frac{DY}{M} \times M \quad DI = \frac{AF}{EY}$$

$$FI = \frac{EY}{DY} \quad GI = \frac{DY}{M}$$

式中,AF为农业碳排放总量;EY为种植业总产值;DY为农林牧副渔业总产值;M为从事农业的劳动力人数;DI为农业生产效率因素;FI为农业结构因素;GI为农业经济发展因素。

碳排放总量基本公式为:

$$AF = DI \times FI \times GI \times M \dots\dots\dots(3)$$

两边取对数,分解因素贡献值表达式如下:

$$\Delta DI = \frac{AF^t - AF^0}{\ln AF^t - \ln AF^0} (\ln DI^t - \ln DI^0)$$

$$\Delta FI = \frac{AF^t - AF^0}{\ln AF^t - \ln AF^0} (\ln FI^t - \ln FI^0)$$

$$\Delta GI = \frac{AF^t - AF^0}{\ln AF^t - \ln AF^0} (\ln GI^t - \ln GI^0)$$

$$\Delta M = \frac{AF^t - AF^0}{\ln AF^t - \ln AF^0} (\ln M^t - \ln M^0)$$

则总效应为:

$$\Delta AF_t = \Delta DI + \Delta FI + \Delta GI + \Delta M \dots\dots\dots(4)$$

式中,T为总的变化;t为目标年;0为基准年。

2 结果与分析

2.1 碳排放演变分析

农业生产碳排放总量、国内生产总值(GDP)与碳排放强度变化趋势见图1。表3显示,农业碳排放总体呈缓慢上升趋势,但增长幅度有所下降,总增长率为26%,平均每年增长1.52%;其中农膜碳排放增长最多为45.2%,其次分别是农用柴油36.7%、化肥15%、有效灌溉面积12.1%、耕地0.6%,而农药碳排放量缓慢下降;四川农业碳排

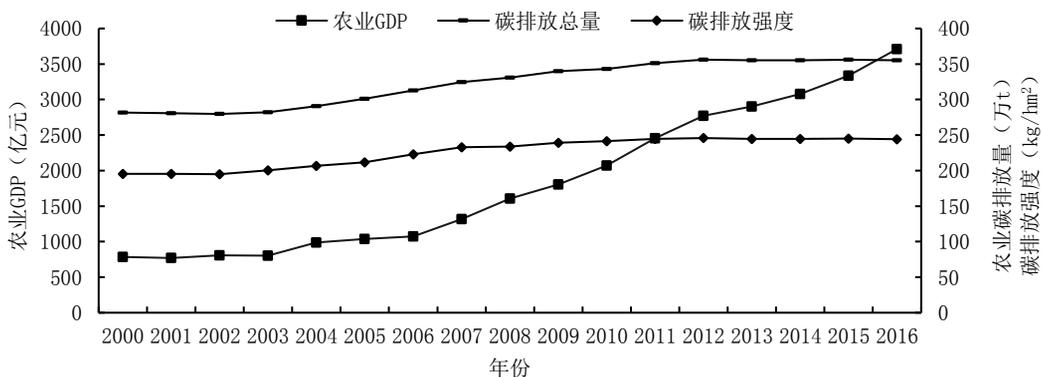


图1 四川农业碳排放总量、GDP与碳排放强度的关系

放量与各种生产资料变化趋势一致。图1显示,农业GDP表现出逐年增长趋势,从2000年的785.4亿元到2016年的3711亿元,年增长率为4.64%,特

别是2008~2016年间GDP增长速度明显加快;随着农业碳排放总量增长,耕地面积基本保持不变情况下,碳排放强度也呈现缓慢增长趋势,从2000年

表3 2000~2016年四川农业生产碳排放量

10^4 t CO_2

年份	化肥	农膜	农药	农用柴油	有效灌溉面积	耕地	合计
2000	190.40	37.58	26.66	17.60	5.06	4.51	281.81
2001	189.87	38.49	24.10	18.49	5.19	4.49	280.62
2002	187.72	39.19	23.88	19.26	5.12	4.48	279.65
2003	186.64	42.35	23.66	20.03	5.13	4.40	282.21
2004	192.29	44.50	23.45	20.98	5.13	4.40	290.74
2005	197.84	47.27	24.75	21.46	5.14	4.45	300.90
2006	204.38	49.90	25.63	23.23	5.09	4.38	312.61
2007	213.33	51.50	26.51	23.53	5.12	4.35	324.34
2008	217.45	53.48	26.70	23.59	5.12	4.43	330.77
2009	222.08	56.57	27.20	24.48	5.17	4.44	339.94
2010	222.11	59.14	27.32	24.94	5.23	4.44	343.18
2011	225.00	63.31	27.20	25.72	5.33	4.49	351.05
2012	226.61	65.70	26.50	27.18	5.45	4.53	355.97
2013	225.15	66.23	26.34	27.43	5.36	4.54	355.05
2014	224.07	67.48	26.09	27.44	5.46	4.53	355.08
2015	223.75	68.46	25.89	27.78	5.60	4.54	356.02
2016	223.00	68.57	25.50	27.80	5.76	4.54	355.18

195.51 kg/hm²到2016年的244.94 kg/hm²,每年增长速度为1.18%。

2.2 脱钩特征分析

2000~2016年四川农业碳排放与经济增长之间的脱钩弹性值 e 见表4,根据Tapio脱钩指标判定各年份碳排放与经济增长的脱钩状态。表4显示,研究期间脱钩状态出现最多的是弱脱钩,占统计的64.7%,其次是弱负脱钩、强负脱钩和强脱钩各占11.76%,四川农业发展呈现良好的态势。根据碳排放量与经济增长的变化率,将脱钩特征分为三个阶段:

(1)2000~2003年呈现“弱负脱钩-强负脱钩”的变化特点,由经济负增长、碳排放下降率小于经济衰退的速度到碳排放正增长。在这段时期内,农业经济发展衰退、能源消耗不断增加;说明农膜、农用柴油生产资料使用量增加,农业生产技术落后、农业生产效率不高,处于不可持续发展状态。

(2)2004~2012年呈现“弱脱钩”特点,农业经济和碳排放均为正增长,且碳排放增长率的幅度

小于经济增长率。在这段时期内,2004年脱钩弹性值为0.29,开始表现出弱脱钩态势,到2012年碳排放增长1.38%、GDP增长11.23%。说明国家实施“两减免,三补贴”的农业优惠政策,增强了农民生产积极性,生态农业得到快速发展,农业处于相对理想发展状态。

(3)2013~2016年呈现“强-弱-弱-强”脱钩变化特点,由经济正增长、碳排放负增长到正增长、碳排放增长率小于经济增长率,再到经济正增长、碳排放负增长。在这段时期内,2013年和2016年呈现强脱钩状态,农业经济增长与碳排放实现绝对脱钩;说明随着科学技术进步、农业生产效率提高,化肥、农药等生产资料使用量下降,农业发展处于理想-比较理想状态。

2.3 驱动因素分析

采用LMDI分解模型对2000~2016年四川农业碳排放影响因素进行解析,分别计算效率因素、结构因素、经济因素与劳动力因素贡献水平。由图2可知,农业经济的高速增长是碳排放增长的最主要驱动因素,17年累计碳排放贡献值562

表4 2000~2016年四川农业碳排放与经济增长脱钩状态

年份	ΔCO_2	CO_2 增加率(%)	ΔGDP	GDP增加率(%)	脱钩弹性值e	脱钩状态
2000	-1.50	-0.53	-74	-0.93	0.03	弱负脱钩
2001	-1.18	-0.42	-15.5	-2.01	0.36	弱负脱钩
2002	-0.97	-0.35	37.55	4.65	-0.35	强负脱钩
2003	2.56	0.91	-2.75	-0.34	-0.35	强负脱钩
2004	8.53	2.93	183	18.53	0.29	弱脱钩
2005	10.16	3.38	49.5	4.77	0.29	弱脱钩
2006	11.71	3.75	37.9	3.53	0.29	弱脱钩
2007	11.73	3.62	241.5	18.34	0.25	弱脱钩
2008	6.43	1.94	290.9	18.10	0.21	弱脱钩
2009	9.17	2.70	198.6	11.00	0.19	弱脱钩
2010	3.24	0.94	263.2	12.72	0.17	弱脱钩
2011	7.87	2.24	385	15.69	0.14	弱脱钩
2012	4.92	1.38	310.6	11.23	0.13	弱脱钩
2013	-0.92	-0.26	138.6	4.77	-0.12	强脱钩
2014	0.02	0.01	175.1	5.69	0.12	弱脱钩
2015	0.95	0.27	256.9	7.70	0.11	弱脱钩
2016	-0.84	-0.24	375.5	10.12	-0.10	强脱钩

万t,年均增量为33万t,是同期碳排放实际消减量的118%。农业生产效率的提高是碳排放增长的最关键抑制因素,研究期内实现累计碳排放消减量391万t,年均减排量为23万t,是同期碳排放实际增加量的69%。农业结构对碳排放增长累计贡献值7万t,劳动力因素对碳排放抑制累计消减量83万t。对碳排放贡献总体效应分析结果,按照大小排序依次为:经济因素>结构因素>劳动力因素>效率因素。

(1)农业生产效率是农业碳排放增长的重要制约因素,农业资源有效利用率越高,碳减排效果越好。在农业生产源头上科学精准应用生产资料,减少农膜、农用柴油、农药、化肥使用量,降低碳排放量,促进农业经济低碳发展。

(2)农业经济发展成为农业碳排放增长的主

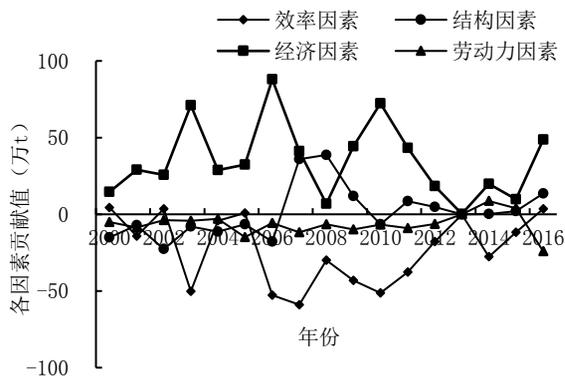


图2 四川农业碳排放因素分解结果

要驱动因素。在生态文明建设和乡村振兴计划的新时代下,与时俱进地走现代化农业道路。利用农业优惠政策和补贴,积极推动和促进循环、绿色农业发展,充分利用农业资源和都市人的心理需求发展农村旅游。

(3)劳动力规模、农业结构是影响农业碳排放的两个潜在影响因素。劳动力是农业经济发展的重要条件,劳动力文化水平影响着农业的生产方式、经营方式、生产效率、生产决策等。提高劳动力技能水平和培育有素质农民是实现农业经济可持续发展的重要保障。

3 结 论

(1)2000~2016年四川农业碳排放量呈缓慢上升趋势,碳排放强度同样缓慢增长但增长幅度更小。2000~2003年间农业碳排放增长率均大于农业GDP,农业发展处于不可持续的发展状态,是因为在21世纪初注重增加农膜、农用柴油等生产资料投入量,忽视生产技术进步、生产效率提高造成的。2004~2012年农业碳排放增长速度低于农业GDP,农业经济与碳排放呈现弱脱钩态势,这一时期国家农业发展政策促进生产效率提高,农业发展处于相对合理状态。2013、2016年呈现理想的强脱钩状态,其它年份表现为相对理想的弱脱钩;说明农业GDP高于碳排放增长速度,农业经济进入相对理想状态的发展轨道。

(2)四川农业经济发展是碳排放增长的主要驱动因素,而农业生产效率则是农业碳排放增长的重要制约因素。提高区域内土地、水和气候等农业资源的有效利用率,精准使用农膜、农用柴油、农药、化肥等生产资料是降低农业碳排放量的关键环节;发展循环经济、生态农业、乡村旅游是农业经济发展的主导方向;培养掌握现代劳动技能的高素质职业农民是实现农业经济低碳、可持续发展的重要保障。利用政府优惠补贴政策促进农业碳减排,同时采取法制措施监控、管理农业碳排放源。

参考文献:

[1] 田 云,张俊飏,李 波.中国农业碳排放研究:测算、时空比较及脱钩效应[J].资源科学,2012,34(11):2097-2105.
 [2] 庞 容,吕志强,朱金盛,等.基于碳循环的农业净碳排与农业经济的脱钩分析[J].水土保持研究,2015,22(5):253-259,265.
 [3] Holtz-Eakin D, Selden T M. Stoking the fires? CO₂ emissions and economic growth [J]. Journal of Public Economics, 1995, 57(1):58-101.
 [4] Richmond A K, Kaufmann R K. Is there a turning point in the relationship between income and energy use and carbon emission [J]. Ecological Economics, 2006,56(2):176-189.
 [5] 盖 美,胡杭爱,柯丽娜.长江三角洲地区资源环境与经济增长脱钩分析[J].自然资源学报,2013,28(2):185-198.
 [6] 李 波,张俊飏.基于投入视角的我国农业碳排放与经济发展脱钩研究[J].经济经纬,2012(4):27-31.
 [7] Wang C, Chen J, Zou J. Decomposition of energy-related CO₂

emission in China: 1957-2000 [J]. Energy, 2005,30(1): 73-83.

[8] 杨 嵘,常烜钰.西部地区碳排放与经济增长关系的脱钩及驱动因素[J].经济地理,2012,32(12):34-39.
 [9] 王承玲,李 新,施 炎,等.四川省农业碳排放与经济增长的演变特征及影响因素研究[J].绵阳师范学院学报,2018,37(8):118-123.
 [10] 张志高,袁 征,刘 雪,等.基于投入视角的农业碳排放与经济增长的脱钩效应分析—以河南省为例[J].水土保持研究,2017,24(5):272-278.
 [11] 刘 微,杨 璐,于书霞,等.基于脱钩分析的湖北省低碳农业评估[J].环境科学与技术,2017,40(S1):364-368.
 [12] 洪业应.农业碳排放与经济增长的脱钩效应分析—以重庆市为例[J].福建农林大学学报(哲学社会科学版),2014,17(6):38-42.
 [13] 张小平,王龙飞.甘肃省农业碳排放与经济增长的脱钩研究[J].资源开发与市场,2014,30(10):1226-1231.
 [14] 张欢欢,王 强.河南省农牧业碳排放的脱钩效应及影响因素研究[J].河南工业大学学报(社会科学版),2017,13(1):8-16,25.
 [15] 陈 瑶,尚 杰.中国畜牧业脱钩分析及影响因素研究[J].中国人口·资源与环境,2014,24(3):101-107.
 [16] 邓吉祥,刘 晓,王 铮.中国碳排放的区域差异及演变特征分析与因素分解[J].自然资源学报,2014,29(2):189-200.
 [17] 金姝兰,杨光灶,朱子明.江西土壤质量与低碳农业发展[J].吉林农业科学,2011,36(1):26-29.
 [18] 徐晓红,王洪丽,郭亚梅,等.2003-2008年吉林省农业科技进步贡献率的测算与分析[J].吉林农业科学,2011,36(3):61-64.

(责任编辑:王丝语)

(上接第 59 页)土壤含水率越高,储存在土壤的水分也越多,柚子消耗的水分也越多;柚子生育期内的土壤含水率控制在0.15 cm³/cm³左右,柚子的枝梢萌芽率、新梢生长量和果实生长量均最大,柚子果实品质最优,此土壤含水率为赣南柚子生长较适宜的土壤含水率;赣南地区柚子生育期内的土壤含水率控制在0.15 cm³/cm³左右,全生育期内的施肥量之比为N-P₂O₅-K₂O: 1-0.6-0.8 kg/(株·年),此滴灌施肥方式为赣南果园柚子较优的灌溉施肥方案,该滴灌施肥方案可用于农业生产实践。

参考文献:

[1] 自 茂,朱丽霞,王会珍,等.赣南等原中央苏区特色产业协同创新机制与对策研究—以赣南地区为主[J].赣南师范大学学报,2017,38(5):86-90.
 [2] 肖运萍,刘仁根,汪瑞清,等.水肥处理对赣南脐橙抗旱生理特性及土壤水分的影响[J].安徽农业科学,2009,37(30):14664-14666.
 [3] 李培岭,李转玲,燕 辉.不同灌溉方式下脐橙生育特性及品质的水肥一体调节效应[J].灌溉排水学报,2016,35(4):53-58.

[4] 王男麒,彭良志,淳长品,等.赣南柑桔园背景土壤营养状况分析[J].中国南方果树,2012,41(5):1-4.
 [5] 范玉兰,张文星,谢金招,等.赣南地区脐橙园土壤有效氮分布特征研究[J].中国果树,2013(4):46-49.
 [6] 陈昱辛,崔宁博,杨永刚,等.滴灌水肥一体化对柑橘光合生长及产量的影响[J].中国农村水利水电,2018(11):9-14.
 [7] 王 宇.滴灌技术在生态农业节水灌溉中的应用[J].黑龙江水利科技,2017,45(1):115-117.
 [8] 董希慧,廖 禹,潘 松,等.赣南脐橙机械化节水灌溉技术现状与对策分析[J].江西农业学报,2014,26(4):36-38.
 [9] 王雪松,马文汉,徐德冰,等.云南丽江6个蓝莓品种物候期和果实品质研究[J].东北农业科学,2016,41(6):100-103.
 [10] 刘海涛,齐红岩,刘 洋,等.不同水分亏缺程度对番茄生长发育、产量和果实品质的影响[J].沈阳农业大学学报,2006,37(3):414-418.
 [11] 周 静,汪 天,崔 键,等.不同土壤田间持水量对官川温州蜜柑产量及果实品质的影响[J].中国南方果树,2008,37(3):7-9.
 [12] 张玉星.果树栽培学总论[M].北京:中国农业出版社,2011:224-230.

(责任编辑:刘洪霞)