

张俊娜, 王 冲, 张 东, 等. 小农户管理行为对苹果园郁闭度的影响[J]. 江苏农业学报, 2021, 37(1): 163-168.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2021.01.021

小农户管理行为对苹果园郁闭度的影响

张俊娜, 王 冲, 张 东, 杨 晨

(中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193)

摘要: 通过对 60 个农户跟踪调研, 利用边界线分析法, 研究了小农户果园管理行为对苹果园郁闭度的影响。结果表明: 果园郁闭度范围为 0.49~0.93, 小农户生产条件下郁闭度差异的产生由诸多因素综合导致, 包括农户特征、栽培管理、养分投入等, 其中农户年龄、种植年限、树龄以及氮肥施用量和氮肥基追比对果园郁闭度的贡献率分别是 12.72%、5.33%、4.29%、3.79%、3.68%, 是影响果园郁闭度的关键因素; 不同郁闭度果园, 果实品质存在显著差异, 其中果园郁闭度与果实单果质量、可溶性固形物含量、果实红色程度(a^*)均呈显著负相关关系, 与果实光泽度(L^*)、黄色程度(b^*)呈显著正相关关系。因此, 规范小农户生产管理行为, 推动郁闭果园改造, 对提升果实品质、推动当地苹果产业绿色发展具有重要意义。

关键词: 苹果; 果园; 郁闭度; 边界线分析; 农户行为; 果实品质

中图分类号: S661.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-4440(2021)01-0163-06

Effect of smallholder farmers' management behavior on the canopy density of apple orchard

ZHANG Jun-na, WANG Chong, ZHANG Dong, YANG Chen

(College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: The effect of smallholder farmers' management on the canopy density of apple orchard was studied by follow-up survey of 60 farmers using boundary line analysis method. The results showed that the canopy density of orchards ranged from 0.49 to 0.93, the differences in canopy density under production conditions of smallholder farmers were comprehensively caused by many factors, including characteristics of farmers, cultivation management and nutrient input. The key factors affecting orchard canopy density were farmers' age, planting years, tree age, applying dosage of nitrogen fertilizer and the ratio of basic nitrogen fertilizer to additional nitrogen fertilizer, their contribution rates to orchard canopy density were 12.72%, 5.33%, 4.29%, 3.79% and 3.68%, respectively. The fruit quality showed significant differences in orchards with different canopy densities. The canopy density of orchards was significantly negative correlated with single fruit weight, content of soluble solids and redness of fruits (a^*), and was significantly positive correlated with fruit gloss (L^*) and yellowness (b^*). Therefore, it is of great significance to regulate the production management behavior of smallholder farmers and to promote the transformation of canopy orchards for improving the quality of fruits and promoting the green development of local apple industry.

Key words: apple; orchard; canopy density; boundary line analysis; farmers' behavior; fruit quality

中国是苹果生产大国, 2018 年中国苹果总产量达 3.924×10^7 t, 种植面积为 2.07×10^6 hm², 面积和产量

均占世界的 40% 以上^[1]。适宜的栽植密度、合理的群体结构和个体空间分布, 是实现苹果优质丰产的关键^[2]。20 世纪 80 年代末 90 年代初, 为促进早果丰产, 90% 以上的果园均采用乔砧密植栽培, 由于栽植密度大、主枝数量多以及修剪方式不当等原因, 绝大多数果园发生不同程度的郁闭现象^[3], 影响果树树冠内的光照分布与光能利用水平, 限制树冠叶片的光合

收稿日期: 2020-06-10

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0201100)

作者简介: 张俊娜(1995-), 女, 山东菏泽人, 硕士研究生, 研究方向为资源利用与植物保护。(E-mail) jnzhang0105@163.com

通讯作者: 王 冲, (E-mail) wangchong@cau.edu.cn

生产能力,导致树体的营养生殖生长水平和生长发育状况失衡,最终体现出果实品质和产量的下降^[4-5]。前人研究结果表明,果园郁闭程度受多方面因素的影响,包括气候因素、土壤环境因素、农户栽培管理因素等,农户作为主要的生产者,其自身的文化水平、接受新技术的能力、果园的栽培管理措施都影响着实际农业生产^[6]。纵观前人关于郁闭苹果园的研究中,多数是从果树个体(群体)结构上进行调整优化^[4,7-9],很少有研究者分析小农户管理行为对郁闭度产生的影响。因此,通过了解农户果园管理行为方式,探究影响果园郁闭的关键生产因素,对进一步促进郁闭果园改造以及提高果实品质具有重要意义。

曲周县位于河北省太行山东麓海河平原的黑龙港流域,是中国重要的粮食生产县,相公庄村位于曲周县南部,于 1986 年开始种植苹果,主栽品种为红富士,果实清脆可口、汁多味美,深受消费者喜欢^[10]。但当地主要以小农户经营为主,果园管理粗放,进入盛果期后,过早形成树冠交接,通风透光条件恶化,造成果园郁闭度过高,严重影响了果实品质。因此,笔者依托中国农业大学相公庄科技小院平台,对农户果园管理行为进行详细调查,并跟踪测定果园果实品质,量化剖析农户管理行为对果园郁闭程度的影响,为促进郁闭果园改造提供指导性管理建议。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

河北省曲周县(114°50'22.3"~115°13'27.4"E, 36°35'43"~36°57'N),位于河北省南部、海河低平原区,海拔 40~45 m,属温带半湿润大陆性季风气候区,年平均温度 13.1℃,年平均降雨量 556.2 mm。该区光、热、水资源比较丰富,受季风气候影响,冬季寒冷干燥,夏季温暖多雨。

1.2 数据来源

于 2019 年 7~8 月期间,选择 10~20 年树龄(盛果期)果园,对相公庄村果农进行随机抽样“一对一”问卷调查,每个家庭作为独立样本进行现场调研并收回,共获得样本量 60 份。主要调查内容见表 1。

1.3 郁闭度计算方法

于 2019 年 8 月初对调研的 60 个农户果园跟踪测定树体结构,每个果园随机选择 4 棵具有代表性且生长状况一致的果树,对植株东西、南北冠径和株行距使用塔尺测定记录。用林冠投影面积与林地

面积之比计算果园郁闭度^[11-12],为方便统一计算,面积单位为 hm^2 ,计算方法如下:冠幅=(南北冠径+东西冠径)/2,单株树冠投影面积(m^2)= πr^2 , r 为冠幅半径,郁闭度=(单株树冠投影面积×栽植株数)/植株总占地面积。

表 1 调研问卷内容

Table 1 Content of survey questionnaire

类别	内容
农户特征	年龄、性别、文化程度、从事苹果种植年限、主要经济来源等
栽培管理	品种、面积、树龄、行株距、株数、修剪次数、拉枝次数、灌水次数等
养分投入	施肥时间、肥料种类、施用量、肥料规格、肥料价格、养分比例、施用方式等

1.4 边界线分析方法

边界线(Boundary line)指在任何 2 个有着因果关系的变量中都有一条存在于数据体边界上的表示群体中最佳表现的线,可从复杂的多因素中孤立出某个因素,进而分析单因素对群体发展的限制程度^[13-14]。采用边界线分析法,对小农户生产因素对苹果园郁闭度的影响进行模拟分析,了解其相互影响关系,最后计算每个因素对郁闭度的贡献率,贡献率越大,对果园郁闭度影响越大。分析计算如下^[15-16]:

$$DP = Datt / [1 + K \times \exp(-R \times X)]$$

式中, DP 是在独立变量 X 的限制下预测可达到的果园最大郁闭度, $Datt$ 表示在调研区域内可达到的最大郁闭度, X 代表独立的变量, K 和 R 是常数。

$$\alpha = (D_{\max} - D_x) / D_{\max}$$

式中, α 为贡献率, D_{\max} 为因变量最大值, D_x 为每个独立变量的边际线值。

1.5 果实品质测定方法

于 2019 年 11 月初对调研的 60 个农户果园跟踪果实取样,每个果园随机选择 4 棵具有代表性且生长状况一致的果树,每棵果树分别在东、西、南、北各随机采摘 1 个果实,进行品质指标测定。单果质量用 1/100 电子天平称量;果实纵、横径用数显游标卡尺测量,计算果形指数(果实纵径与横径的比值),取平均值;硬度采用 GY-3 型硬度计测定;可溶性固形物含量用手持糖量(折光)仪测定;可滴定酸含量用 NaOH 中和滴定法测定;维生素 C 用 2,6-二氯酚靛蓝比色法测定^[17]。

使用 3nh NH310 色差仪,在每个果实的阴面和

阳面分别测定果实色差,以自动测量的平均值为果实色差值。其中, L^* 表示光泽度, a^* 表示红绿程度, b^* 表示黄蓝程度^[18]。

1.6 统计方法

用 Excel 2010 对数据进行统计,用 SPSS19.0、SigmaPlot 12.5 软件进行制图分析,用 Duncau's 法检验差异显著性($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 农户管理行为因素与苹果园郁闭度的关系

本研究共有 15 个生产要素被视为与苹果园郁闭度相关,采用边界线方法进行分析。结果(图1)表明,果农年龄在 53 岁、文化水平在 6 年级以下、种植年限在 25 年左右、树龄为 15 年盛果期、修剪 1~2

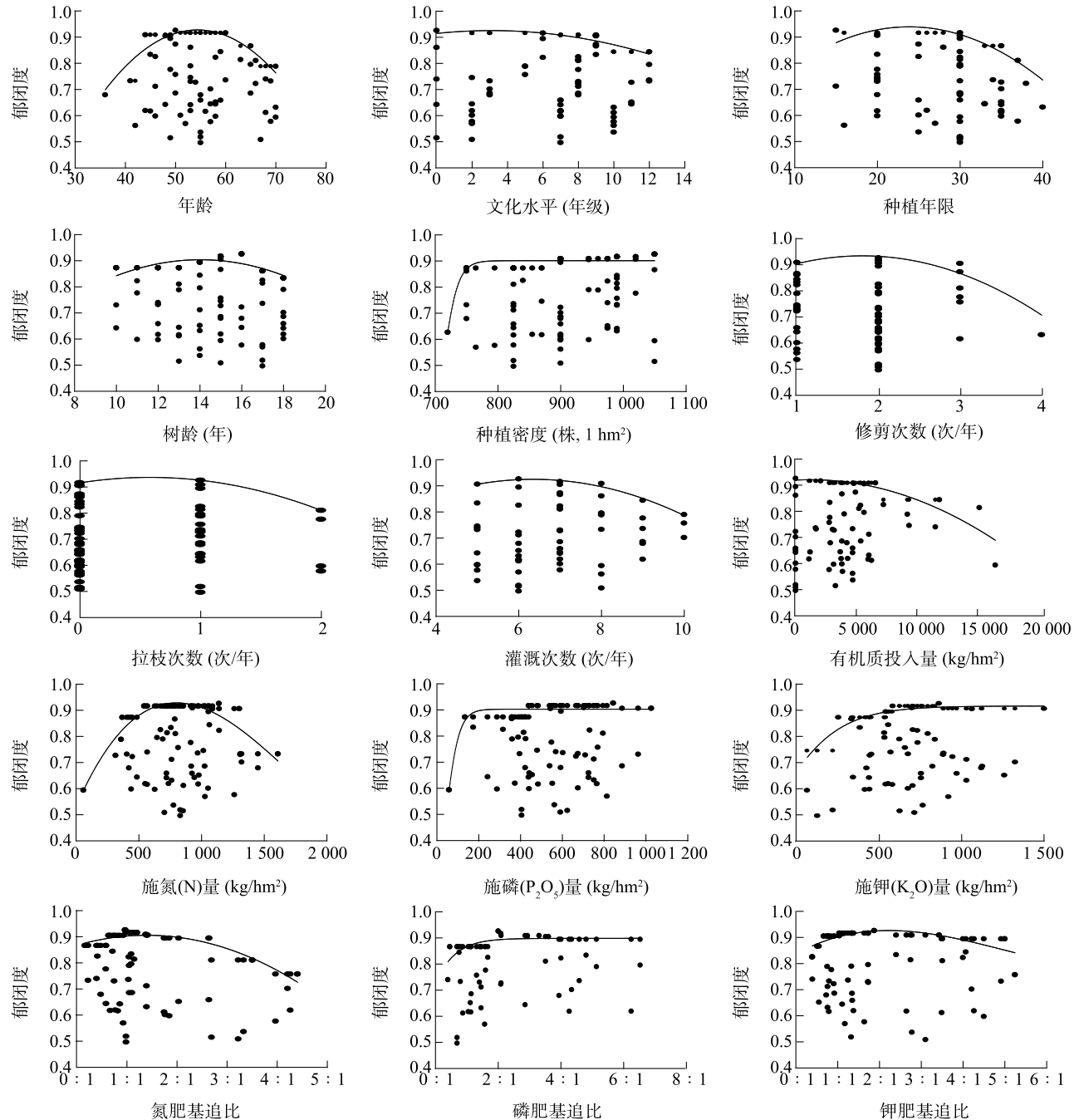


图1 各生产要素与苹果园郁闭度的关系

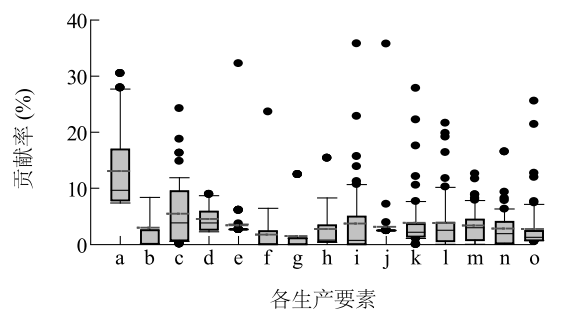
Fig.1 Relationship between production factors and canopy density of apple orchard

次、不拉枝或拉枝 1 次、灌溉 7 次、氮肥养分投入 740~860 kg/hm²、氮肥基追比为 1.37:1~1.41:1、钾肥基追比为 1.64:1~1.73:1 时,果园郁闭度最高,且随生产要素变量增加到一定值后,又随着变量增加而减少;种植密度、施磷量、施钾量、磷肥基追比与果园郁闭度呈现显著 Sigmoidal 关系,种植密度在 1 hm² 900 株时出现“平台”拐点,施磷量和施钾量分别在 540 kg/hm²、862 kg/hm² 时出现拐点,磷肥基追比在 1.04:1 时出现拐点,即果园郁闭度从最初值增加达到“平台”拐点后保持稳定。

2.2 农户管理行为对苹果园郁闭度差异的贡献率

农户各生产要素对果园郁闭度的贡献率分析结果如图 2 所示。在农户特征方面,对郁闭度的贡献率顺序为年龄>种植年限>文化程度,其中果农年龄对果园郁闭度的贡献率为 12.72%,其次是种植年限(5.33%),说明果农年龄对果园郁闭度起主要影响作用,同时随种植年限增加,也会给予生产者一定种植管理经验;在栽培管理方面,对郁闭度的贡献率顺序为树龄>密度>灌溉次数>修剪次数>拉枝次数,其中树龄贡献率最大,为 4.29%,修剪次数和拉枝次数对郁闭度影响的贡献率分别为 1.83%、1.62%;在养分投入方面,对果园郁闭度的贡献率顺序为氮肥基追比>施氮量>施钾量>磷肥基追比>钾肥基追比>施磷量>有机质投入量,其中有机质投入量、磷肥施用量对郁闭度的贡献率分别为 2.65%、3.05%,而氮肥基追比和氮肥施用量对果园郁闭度的贡献率分别为 3.79%、3.68%,说明氮肥施用量对于果园郁

闭程度有较大影响作用。



a: 年龄; b: 文化程度; c: 种植年限; d: 树龄; e: 种植密度; f: 修剪次数; g: 拉枝次数; h: 灌溉次数; i: 施氮量; j: 施磷量; k: 施钾量; l: 氮肥基追比; m: 磷肥基追比; n: 钾肥基追比; o: 有机质投入量。

图 2 各生产要素对苹果园郁闭度的贡献率

Fig. 2 Contribution rate of production factors to canopy density of apple orchards

2.3 苹果园郁闭度与果实品质的关系

2.3.1 苹果园郁闭度与果实品质分组 根据 60 个果园郁闭度情况,采用四分法划分农户(表 2),依次为果园重度郁闭农户(D_T)、果园中度郁闭农户(D_{MH})、果园轻度郁闭农户(D_M)、果园最低郁闭度农户(D_L),平均郁闭度分别为 0.88、0.76、0.65、0.56,且均呈现显著差异;在不同郁闭度果园,果实单果质量、可溶性固形物含量在 D_L、D_M、D_T间无显著差异,D_{MH}、D_T果园果实光泽度(L*)显著高于 D_L果园,D_L、D_M果园果实红色程度(a*)显著高于 D_{MH}、D_T果园,而果实硬度、可滴定酸和维生素 C 含量在不同郁闭度果园之间没有明显差异。

表 2 果园郁闭度与果实品质分组

Table 2 Canopy density of orchards and fruit quality grouping

类 别	D _L (n=13)		D _M (n=18)		D _{MH} (n=16)		D _T (n=13)	
	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围
郁闭度	0.56d	0.49~0.60	0.65c	0.61~0.70	0.76b	0.71~0.81	0.88a	0.82~0.93
单果质量(g)	283.34a	258.31~316.26	289.47a	256.02~303.99	277.76b	254.06~320.98	281.86a	241.75~304.67
果形指数	0.84a	0.81~0.89	0.83a	0.77~0.87	0.83a	0.78~0.87	0.84a	0.83~0.86
硬度(kg/cm ²)	6.21a	5.65~6.84	6.33a	5.69~7.17	6.07a	5.44~6.89	6.21a	5.44~6.69
可滴定酸含量(%)	0.22a	0.19~0.26	0.23a	0.20~0.26	0.23a	0.19~0.26	0.23a	0.19~0.27
维生素 C 含量(mg/kg)	21.80a	16.70~24.70	22.80a	16.70~28.70	2.20a	17.30~28.10	22.80a	17.90~27.50
可溶性固形物含量(%)	13.14a	11.58~14.39	13.04a	9.80~14.19	12.60b	11.31~14.29	12.96ab	11.59~13.95
L*	62.71b	54.33~67.21	63.91ab	59.32~68.30	65.95a	61.82~70.95	65.49a	57.58~71.94
a*	14.99a	9.83~23.16	14.35a	9.21~22.07	10.75b	7.01~17.32	11.34b	2.01~17.79
b*	23.64ab	19.40~27.50	23.22b	19.08~26.52	25.25a	22.57~26.82	24.22ab	18.20~29.29

D_T: 果园重度郁闭农户; D_{MH}: 果园中度郁闭农户; D_M: 果园轻度郁闭农户; D_L: 果园最低郁闭度农户。同一行平均值后不同小写字母表示差异达显著水平(P<0.05)。

2.3.2 苹果园郁闭度与果实品质的相关性 从表3可以看出,果园郁闭度与果实单果质量、可溶性固形物含量、光泽度(L^*)、红色程度(a^*)、黄色程度(b^*)均有显著相关关系。在果实品质指标方面,果园郁闭度与果实单果质量、可溶性固形物含量均呈显著负相关关系,即随着郁闭度增加果实单果质量、

可溶性固形物含量降低;在果实外观着色方面,果园郁闭度与果实光泽度(L^*)、黄色程度(b^*)呈显著正相关关系,即随着郁闭度增加,果实光泽度和黄色程度增加,而果园郁闭度与果实红色程度(a^*)呈负相关关系,即随着郁闭度增加,果实红色程度降低,说明果园郁闭度对果实着色有显著影响。

表3 果园郁闭度与果实品质指标相关分析

Table 3 Correlation analysis between orchard canopy density and fruit quality indexes

指标	郁闭度	单果质量	果形指数	硬度	可溶性固形物含量	可滴定酸含量	维生素C含量	L^*	a^*
单果质量	-0.323 *								
果形指数	-0.005	0.288 *							
硬度	-0.208	0.042	0.107						
可溶性固形物含量	-0.492 **	0.068	-0.048	0.471 **					
可滴定酸含量	0.190	0.086	0.020	0.051	0.076				
维生素C含量	0.018	0.064	0.161	0.261 *	0.264 *	0.091			
L^*	0.331 *	-0.102	0.027	-0.280 *	-0.313 *	-0.003	-0.052		
a^*	-0.335 **	0.093	0.013	0.305 *	0.346 **	0.109	0.085	-0.770 **	
b^*	0.449 **	0.015	0.012	-0.367 **	-0.305 *	-0.056	0.010	0.587 **	-0.571 **

*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 讨论

3.1 农户管理行为对果园郁闭度的影响

小农户分散经营是中国农业主要的生产模式,农民作为农业的主体,是农业活动的主要决策者^[6]。赵庆稳等^[19]研究指出,农民受教育水平、兼业程度差异等都会造成农业生产管理水平的差异。本研究结果表明,随果农年龄增加,果园郁闭度逐渐增加,但随种植年限增长,郁闭度逐渐降低,说明种植年限增加虽然可以帮助果农积累种植管理经验,但当果农年龄达到一定程度后,年龄会成为影响果园郁闭度的关键限制因素。本研究发现,随着树龄增加,果园郁闭度逐渐增加,这与梁海忠等^[20]、冯涛等^[21]的研究结果一致,但又随树龄持续增加而呈降低趋势,主要原因可能是树龄的增加虽然可以促进果树新梢生长,促进果树同化产物的积累,但同时树体各营养器官也会逐渐衰老,营养生长与生殖生长不平衡,树势也会逐渐呈现衰弱趋势^[22]。施肥不合理是果园普遍存在的问题,且主要表现在氮磷钾养分投入不平衡上^[23-24]。适量氮肥施用,对促进果树短枝数量增加,保证枝、叶比例稳定起重要作用^[25],但氮肥过量施用不仅会导致果树枝叶旺长,还会引起新梢停止生长较晚,树冠内通风透光差,郁闭度

高^[26-27]。本研究发现,随氮肥施用量增加,果园郁闭度逐渐增加,当氮肥施用量为740~860 kg/hm²时,果园郁闭程度最高,随后郁闭度又呈现降低趋势,这可能与逐年过量施用氮肥造成树体养分利用效率低,影响果树养分积累,抑制来年轻生器官的形成有关^[28]。

3.2 果园郁闭度对果实品质的影响

苹果园郁闭已成为影响果实品质的关键因子。前人研究指出,苹果树冠不同部位果实着色指数、光洁指数等均表现为树冠上部外围较高,下部内膛较低,郁闭果园间伐后能够显著提高果实单果质量、可溶性固形物含量、着色面积^[8,29]。本研究结果也表明,果园郁闭度与果实单果质量、可溶性固形物含量、果实红色程度(a^*)呈显著负相关关系,即随郁闭度增加而降低。主要是因为郁闭果园影响了果树光能利用效率,当果园郁闭环境得到改善以后,光辐射更加合理有效地照射在树体冠层,作为源的叶片可以及时向果实提供碳水化合物,进而促进果实生长和品质的改善^[4]。本研究也发现,随郁闭度增加,果实 a^* 值降低, L^* 和 b^* 值增加,这与前人在阿克苏苹果^[18]、柑桔^[30]上的研究结果基本一致,可能是因为当果实红色程度加深,果皮中花青苷含量增加,叶绿素含量降低,红色逐渐覆盖底色中的绿色和

黄色,从而使果实表面亮度降低,色泽饱和度升高^[31]。

4 结 论

小农户生产管理水平是制约郁闭果园改造的关键因素。本研究发现,农户年龄、种植年限、树龄、氮肥施用量和氮肥基追比是影响果园郁闭度的关键因素,果实单果质量、可溶性固形物含量、光泽度(L^*)、红色程度(a^*)、黄色程度(b^*)因郁闭度不同而存在差异,其中果园郁闭度对果实着色有显著影响。因此,规范小农户生产管理行为,对提升果实品质、推动当地苹果产业发展具有重要意义。

参考文献:

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2020.
- [2] 吴军帅,董晓颖,段艳欣,等. 苹果郁闭园不同间伐方式对果树群体结构和果实品质的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(19): 135-140.
- [3] 胡广波,李 辉,高 蕾,等. 浅析红富士苹果果园郁闭形成原因及改造技术[J]. 中国果菜, 2017, 37(7): 61-63.
- [4] 聂佩显,薛晓敏,王来平,等. ‘红富士’苹果郁闭园间伐处理对果园结构、光能利用以及产量品质的影响[J]. 果树学报, 2019, 36(4): 438-446.
- [5] 赵 菁. 不同栽植密度库尔勒香梨光合特性研究及果实品质观测[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学, 2014.
- [6] 侯雨辰. 郁闭红富士苹果园间伐后综合效益的调查研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2017.
- [7] 胡德玉,刘雪峰,何绍兰,等. 郁闭柑橘园整形改造对植株冠层生理特性、产量和果实品质的影响[J]. 中国农业科学, 2017, 50(9): 1734-1746.
- [8] 张露荷,陈佰鸿,王延秀,等. 不同间伐方式对密植苹果园生理生态的影响[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(11): 1394-1403.
- [9] 王建新,牛自勉,李志强,等. 乔砧富士苹果不同冠形相对光照强度的差异及对果实品质的影响[J]. 果树学报, 2011, 28(1): 8-14.
- [10] 陈延军. 曲周县苹果园水肥管理现状及优化效果研究[D]. 北京:中国农业大学, 2013.
- [11] 李永宁,张宾兰,秦淑英,等. 郁闭度及其测定方法研究与应用[J]. 世界林业研究, 2008(1): 40-46.
- [12] 陈 汝,薛晓敏,王来平,等. 郁闭苹果园不同降密方式对冠层微环境以及树体生长和果实品质的影响[J]. 河北农业科学, 2019, 23(2): 47-52.
- [13] WEBB R A. Use of the boundary line in the analysis of biological data[J]. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 1972, 47(3): 309-319.
- [14] 黄少辉,贾良良,杨云马,等. 边界线法解析冀中南麦区基础地力产量的土壤养分影响因子[J]. 农业工程学报, 2019, 35(6): 141-148.
- [15] WANG N, JASSOGNE L, VAN ASTEN P J A, et al. Evaluating coffee yield gaps and important biotic, abiotic, and management factors limiting coffee production in Uganda[J]. European Journal of Agronomy, 2015, 63:1-11.
- [16] FERMON T A M, VAN ASTEN P J A, TITTONELL P, et al. Closing the cassava yield gap: An analysis from smallholder farms in East Africa[J]. Field Crops Research, 2009, 112:24-36.
- [17] 牛瑞芳,郭 瑞. 不同有机肥对红富士苹果品质的影响[J]. 中国林副特产, 2016(3): 33-34,36.
- [18] 努尔妮萨·托合体如则,李建贵,陈辉煌,等. 3 种补光措施对阿克苏红富士苹果色泽及品质的影响[J]. 经济林研究, 2013, 31(3): 126-129.
- [19] 赵庆稳,葛 胜,周开明,等. 种粮农民个体状况对粮食产量的影响——基于对扬州市邗江区的调研[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(30): 10753-10755.
- [20] 梁海忠,范崇辉,江道伟. 不同树龄苹果高纺锤形树体结构及产量的研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(4): 152-154.
- [21] 冯 涛,张艳敏,陈学森. 新疆野苹果居群年龄结构及郁闭度研究[J]. 果树学报, 2007, 24(5): 571-573.
- [22] 张 婷,江 文,王凯平,等. 树龄对“绿宝”苹果生长及光合特性的影响[J]. 北方园艺, 2014(14): 31-33.
- [23] MILOSEVIC T, MILOSEVIC N. Apple fruit quality, yield and leaf macronutrients content as affected by fertilizer treatment[J]. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2015, 15:76-83.
- [24] 杨秀山,赵鲁邦,张 东,等. 洛川县苹果果园施肥现状与对策[J]. 陕西农业科学, 2017, 63(1): 61-63.
- [25] 赵佐平,同延安. 不同施肥处理对富士苹果产量、品质及耐贮性的影响[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(4): 26-34.
- [26] 高佑花,许兴丽,孔令英,等. 鲁南地区苹果园施肥存在的问题与对策[J]. 果农之友, 2016(7): 18-19.
- [27] ZHANG D, WANG C, LI X L, et al. Correlation of production constraints with the yield gap of apple cropping systems in Luochuan County, China[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2019, 18(8): 1714-1725.
- [28] 何舒乐. 有机肥和氮肥不同施用水平对矮化苹果生长、结果的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2018.
- [29] 杜社妮,耿桂俊,白岗栓. 苹果树冠不同部位采样对果品品质分析的影响[J]. 北方园艺, 2012(13): 8-12.
- [30] 徐 娟. 几个柑桔产区果实色泽评价及红肉脐橙(*Citrus sinensis* L.cv.Cara cara)果肉呈色机理初探[D]. 武汉:华中农业大学, 2002.
- [31] 迟 馨,王心悦,刘学卿,等. 不同色相富士苹果解袋后着色相关因子变化[J]. 分子植物育种, 2020(6): 1-15.

(责任编辑:张震林)