

网络出版日期:2018-05-09
网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1220.S.20180509.1604.032.html>

茶叶产量与气象因子的灰色关联度分析

——以陕南茶区为例

张 璠,肖 斌

(西北农林科技大学 园艺学院,陕西杨凌 712100)

摘 要 茶树生长在很大程度上受外界环境条件影响,不同气象因子对茶叶生产的影响程度也不一样,为找到影响茶叶产量的主要因素,便于在实际生产中应对外界环境变化对茶叶生产带来的影响。以陕南 8 个主要产茶县(区)2007—2016 年的气象因子和茶叶产量为对象,运用灰色关联分析法研究陕南茶区气象因子与茶叶产量的关联度。结果表明:年平均相对湿度、极端最高气温和平均气温是影响陕南茶区茶叶产量的主要因素。研究结果可为陕南地区茶树气候适宜性区划和扩张种植提供依据。

关键词 茶叶产量;气象因子;灰色关联分析;陕南茶区

中图分类号 S571.1 **文献标志码** A **文章编号** 1004-1389(2018)05-0735-06

气象条件对茶叶产量有重要影响,尤其是光照、气温、降雨等气象因子^[1]。陕南热量充足,降水充沛,光照适宜,自然条件总体优越,符合茶树生长要求,是中国最北端的主要茶叶产地^[2]。截止 2017 年,陕南地区茶叶总面积 16.7 万 hm²,总产量 11.4 万 t,综合产值 400 多亿元^[3]。“陕西省茶叶产业发展规划(2013—2020 年)”指出,到 2020 年,陕南地区将新增茶园 9.3 万 hm²,总面积达到 18.6 万 hm²^[4],茶叶已经成为陕南地区重要的经济支柱产业之一。研究茶叶产量与气象因子的关系,对茶树适宜气候区划分和茶产业规划制定等具有重要的指导意义。

1 材料与方法

1.1 研究对象与数据来源

1.1.1 研究区域 选取陕南茶区 22 个产茶县中的南郑、西乡、宁强、镇巴、紫阳、汉滨、商南、镇安等 8 个主要茶叶生产县(区)作为研究区域。

陕南(105°30′30″~111°1′25″E,31°42′~34°25′40″N)处于陕西南部,北靠秦岭,南倚巴山,从西往东依次是汉中、安康、商洛 3 地市,汉江自西向东穿流而过(图 1)。陕南地区占地面积约 7 万

km²,以山地为主,其山地面积占总面积的 82.25%^[5]。处于中国北暖温带与亚热带气候的过渡带,日照时数 1 600~2 000 h,年日照百分率 26%~54%,全年无霜期约 204~270 d,年大于等于 10℃活动积温为 4 500~5 200℃。年平均气温 14~15℃,极端最低气温多年平均 0~3℃,极端最高气温多年平均 24~27.5℃。年降雨量为 655~1 300 mm,多年平均降雨量为 830 mm,年平均相对湿度≥67%。茶叶是陕南地区农业的核心产业,已成为陕南山区人民的主要收入来源之一^[6]。

1.1.2 茶叶经济数据 茶叶生产量在一定程度上可以反映茶树的生长适宜情况。因此,选取研究地域 2007—2016 年 10 a 的茶园面积和茶叶总产量作为研究对象,数据来源于陕西省农业厅和统计局。

1.1.3 气象数据 根据植物生长基本条件和前人研究结果,茶树同时受光照、温度、降水等气象因子影响。选取上述研究区域 2007—2016 年日照时数(h)、年平均气温(℃)、年极端最低气温(℃)、年极端最高气温(℃)、≥10℃活动积温(℃)、降水量(mm)、平均相对湿度(%)7 个气象

收稿日期:2018-03-06 修回日期:2018-04-04
基金项目:陕西省茶叶产业技术体系建设项目(K3380216089)。
第一作者:张 璠,女,硕士,从事茶树生理生态研究。E-mail:moom411@163.com
通信作者:肖 斌,男,教授,主要从事茶树生理生态研究。E-mail:xiaobin2093@sohu.com

因子数据。资料来源于有关县(区)气象局和中国气象数据网(<http://data.cma.cn/>)。

1.2 研究方法

在系统研究过程中,不确定性系统普遍存在。信息不完全、不准确是其基本特征。研究不确定性系统的方法主要有概率统计、模糊数学和灰色系统理论。概率统计着重考察“随机不确定”现象的历史统计规律,出发点为大样本,并要求“随机不确定”变量服从某种典型分布。模糊数学主要凭经验借助隶属函数研究“内涵明确,外延不明确”的问题。在实际工作中,“大样本”往往难以满

足,“凭经验”不能够从定量方面正确地描述人们对客观系统的认知程度。灰色系统理论着重研究概率统计、模糊数学所难以解决的“少数据”“贫信息”不确定性问题,旨在探索事物运动的现实规律,其特点是“少数据建模”,现已广泛应用于农业方面^[7-8]。生态环境系统本身是一种不确定性系统,因此可采用灰色系统理论方法进行本研究。

采用灰色系统理论中的灰色关联分析法,其一般步骤为:确定分析数列、原始数据无量纲化处理、关联系数和关联度计算、关联度排序。

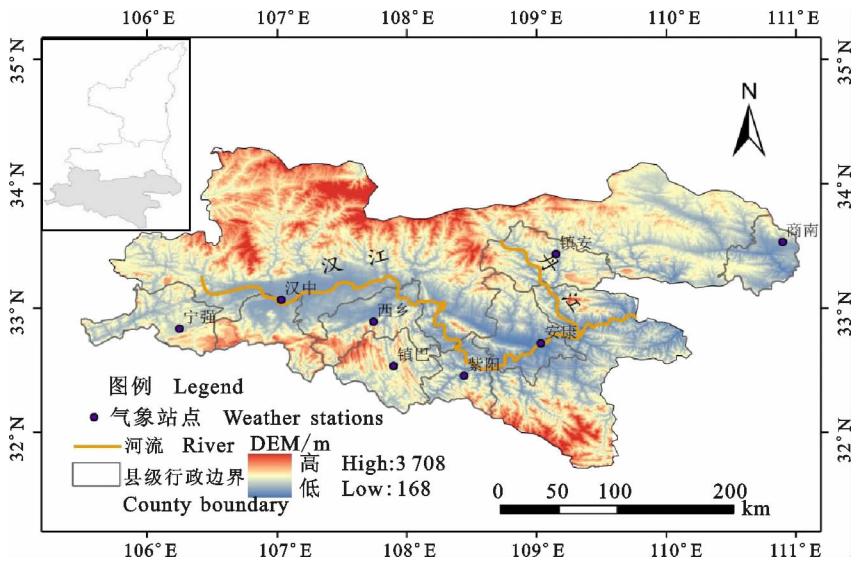


图 1 研究区位置

Fig. 1 Location of study area

1.2.1 确定分析数列 “参考数列”为各县茶叶单位产量的时间数列数据,记为 $X_0, X_0(n)=[x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n)]$, n 表示年份。“比较数列”为影响各县茶叶产量的 7 种气象因子的时间数列数据,记为 $X_i, X_i(n)=[x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)]$, $i=1, 2, \dots, 7$ 。分别为:日照时数(X_1)、平均气温(X_2)、极端最低气温(X_3)、极端最高气温(X_4)、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温(X_5)、降水量(X_6)、平均相对湿度(X_7)。“参考数列”和“比较数列”共同组成分析数列。

1.2.2 分析序列无量纲化处理 采用 Z-标准化方法进行无量纲化处理,即每一变量值与其平均值之差除以该变量的标准差。计算公式如下:

$$X'_i = \frac{(X - \mu)}{\sigma}, i = 0, 1, 2, \dots, 7$$

公式中 μ, σ 分别为原始分析数列的均值和标准差。 X'_i 表示原始分析数列无量纲化结果值, X

表示变量值。

1.2.3 关联系数 X_0 与 X_i 在 k 点的关联系数 ($r_{0i}(k)$)的计算公式为:

$$r_{0i}(k) = \frac{\min_i \min_k \Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)}$$

其中, $\Delta_i(k) = |\chi'_0(k) - \chi'_i(k)|$, $\min_i \min_k \Delta_i(k)$, $\max_i \max_k \Delta_i(k)$, 分别为 $\Delta_i(k)$ 的极小值和极大值, ρ 为分辨系数, $\rho \in (0, 1)$, 一般取 $\rho = 0.5$, $i = 1, 2, \dots, 7$, $k = 1, 2, \dots, 10$ 。

1.2.4 关联度 关联系数反映的信息较为分散, 为了更直观的比较, 计算关联系数的算术平均值^[8], 得到 X_0 与 X_i 的关联度 r_{0i} :

$$r_{0i} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r_{0i}(k), i = 1, 2, \dots, 7$$

式中, n 表示年份数量, $n = 10$ 。 $r_{0i}(k)$ 为 X_0 与 X_i 在 k 点的关联系数。

1.2.5 关联度排序 按关联度数值大小对关联度进行排序。

2 结果与分析

运用上述灰色关联分析法分别计算 8 个县区茶叶产量与 7 个气象因子之间的关联系数和关联

度(表 1)。
从表 1 可以看出,在研究区域内,7 种影响因素与不同地区茶叶产量的灰色关联度不同,但关联序基本一致。排序越靠前,表明其对应的气象因子与茶叶产量的联系越紧密,对茶树生长的影响越大。

表 1 各种影响因素与各县区的关联度值及排序

Table 1 Correlation degree value and ranking of differentCorrelation degree influential factors in different counties								
影响因素 Influential factor	南郑 Nanzheng		西乡 Xixiang		宁强 Ningqiang		镇巴 Zhenba	
	关联度 Correlation degree	关联序 Correlation degree	关联度 Correlation degree	关联序 Correlation degree	关联度 Correlation degree	关联序 Correlation degree	关联度 Correlation degree	关联序 Correlation degree
X ₁	0.778 8	6	0.7378	6	0.701 0	6	0.797 8	6
X ₂	0.826 3	4	0.881 2	3	0.864 6	3	0.932 0	3
X ₃	0.805 3	5	0.874 7	4	0.857 0	4	0.924 3	4
X ₄	0.832 6	3	0.887 7	2	0.872 5	2	0.940 2	2
X ₅	0.351 6	7	0.349 4	7	0.352 9	7	0.371 6	7
X ₆	0.870 5	1	0.870 2	5	0.807 0	5	0.829 1	5
X ₇	0.845 4	2	0.901 3	1	0.885 0	1	0.955 6	1

影响因素 Influential factor	紫阳 Ziyang		汉滨 Hanbin		商南 Shangnan		镇安 Zhen'an	
	关联度 Correlation degree	关联序 Correlation degree	关联度 Correlation degree	关联序 Correlation degree	关联度 Correlation degree	关联序 Correlation degree	关联度 Correlation degree	关联序 Correlation degree
X ₁	0.738 0	6	0.678 7	6	0.594 7	6	0.339 5	7
X ₂	0.937 0	3	0.942 0	3	0.969 7	3	0.965 8	3
X ₃	0.930 0	4	0.934 9	4	0.960 7	4	0.944 3	4
X ₄	0.945 1	2	0.949 5	2	0.979 2	2	0.989 1	1
X ₅	0.353 1	7	0.353 8	7	0.353 2	7	0.586 1	6
X ₆	0.826 2	5	0.868 2	5	0.823 5	5	0.838 1	5
X ₇	0.960 1	1	0.961 1	1	0.992 1	1	0.976 2	2

2.1 光照对茶叶产量的影响

根据表 1,所有县(区)日照时数(X₁)的关联度均处于较低水平,表明日照时数不是影响陕南茶叶产量的主要气象因子。日照时间对茶树的影响主要表现为辐射总量和光周期两个方面。日照时间越长,茶树叶片接受光能的时间越长,叶绿素吸收的辐射能量越多,光合产物积累越大,有利于茶树生育和茶叶产量的提高。光周期现象直接影响茶树开花结果和生长休眠。茶树是一种短日照植物,日照时数较短的地区,有利于茶树生殖生长,开花提早,花数增加,新梢生长缓慢;相反,日照时数较长的地区,茶树营养生长加强,开花推迟,花数减少,新梢增长加快,有利于茶叶产量增加^[9]。研究区域内,日照时数 1 100~2 400 h,满足茶树进行光合作用对光的需求,因此不是茶叶

产量的主要影响因素。

2.2 气温对茶叶产量的影响

平均气温(X₂)、极端最高气温(X₄)关联度均处于相对较高水平,是限制茶叶生长的重要气象因子。研究区域内,平均气温 13~17 ℃,所有年内最高气温均大于 35 ℃,茶树生长的最适宜温度为 20~25 ℃,低于 20 ℃时,新梢生长速度缓慢,影响茶叶产量,当气温高于茶树生长上限温度(35 ℃)时,茶树叶片光合系统受到伤害,光合速率迅速降低,严重影响产量^[10]。极端最低气温(X₃)的关联度处于相对较低水平,最低气温表征茶树低温冻害情况^[11],其在研究区域内为-3~-12 ℃,主要集中在-5 ℃左右,-8~-12 ℃的出现频率相对较小,可见陕南地区冻害发生可能性较低,因此最低气温不是限制茶叶产量的最主

要因子。 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的活动积温(X_5)的关联度均较小,表明其不是影响研究区域内茶叶产量的主要因子,主要由于茶树全年需 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的活动积温 $3\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$,研究区域内 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的活动积温 $4\ 300\sim 5\ 600\text{ }^{\circ}\text{C}$,均满足茶树的生长要求。

2.3 降水对茶叶产量的影响

根据表 1,年降水量(X_6)关联度除南郑外均处于较低水平,不是茶叶产量限制因素,南郑降水量年际间波动较大,2011 年最大($1\ 398.3\text{ mm}$),2016 年最小(672.1 mm)。茶树喜湿怕涝,降水量不足时,严重影响茶树对水分的需求,进而影响茶叶产量;降水过多时,土壤含水增加,氧气不足,阻碍茶树根系呼吸和发育,甚至使茶树窒息而死,降低茶叶产量,降水不均衡,不仅影响当年产量,还会对来年产量造成不利^[12-13]。所有地区平均相对湿度(X_7)的关联度均处于较高水平,是西乡、宁强、镇巴、紫阳、汉滨和商南等区县茶叶产量的最主要限制因子。空气相对湿度影响茶树的蒸腾作用,研究区域内的相对湿度主要集中在 $65\%\sim 75\%$,相对干燥,茶树叶片蒸发过快,水分消耗增加,新梢生长缓慢,老化加速,影响茶树正常生长发育,限制茶叶产量提高。总体来看,研究区内,年降水量满足茶树生长需求,但空气相对湿度限制茶树生长,可能是由于降水不均衡、土壤质地不利于蓄水和植被不充足等原因造成茶园蓄水保水能力较差,蒸发较快,从而空气湿度较低,限制茶叶产量增加。

3 结论与讨论

基于灰色关联分析方法研究陕南地区茶叶产量的主要制约气象因子,研究发现平均相对湿度、极端高温和平均气温是影响陕南茶叶产量的最主要因素。有研究表明,陕南茶树气候生态适宜性与极端最高气温、年平均气温、年降雨量有关^[14],这在很多研究中都已被证实^[15-17]。但地域性限制因素不完全相同,极端最高气温限制西乡县茶叶生产^[15],年平均气温限制紫阳县茶叶生产^[18],年降雨量限制略阳、城固等地区茶叶生产^[19]。本研究发现,平均相对湿度是影响茶叶产量最主要因子,该因子为评价水热时间配置的指标,茶叶喜湿,湿度降低后增加茶树叶片蒸发和水分消耗增加,导致新梢生长缓慢,陕南茶叶生长季内相对湿度主要集中在 $65\%\sim 75\%$,其成为主要限制因子。

根据本研究结果,在实际生产中,首先可通过选育和推广耐旱良种,从根本解决湿度和降水不足和不均衡对产量的影响。其次,可通过合理的生产措施,改善不利环境条件,提高茶叶产量。夏季遮阴可以降低光照强度、茶园气温,提高空气相对湿度,避免连续高温干旱对茶树的伤害,遮阴相比不遮阴,产量明显上升^[20-22]。此外,一些研究也显示合理灌溉可以改善茶园温度和湿度,明显增加茶树新梢百芽质量,对茶叶产量提高效果显著^[23-24]。

尽管本研究得到一些有意义的结论,但仍然存在一些局限。灰色关联分析方法的优点在于思路明晰,对数据要求较低,工作量较少,且分析结果有利于明确复杂事物内部所蕴含的主次关系,可有效解决一些包含未知因素的特殊领域如环境、能源、地质及经济等问题,其主要缺点在于选择比较数列时,主观性较强,并且有时难以确定比较数列。

参考文献 Reference:

- [1] 庄晚芳. 茶树栽培学[M]. 第四版. 北京: 中国农业出版社, 2008: 77-88.
ZHUANG W F. Tea Cultivation[M]. 4th ed. Beijing: Agriculture Press of China, 2008: 77-88.
- [2] 徐凯明, 张星显, 刘 懿. 陕南无性系茶树良种的引进及筛选研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012, 40(10): 180-184.
XU K M, ZHANG X X, LIU Y. Study on introduction and screening of clonal improved tea cultivars in southern Shaanxi[J]. Journal of Northwest A&F University(Natural Science Edition), 2012, 40(10): 180-184.
- [3] 陕西省统计局. 陕西统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2018.
Shaanxi Statistical Bureau. Shaanxi Statistical Yearbook [M]. Beijing: Statistics Press of China, 2018.
- [4] 陕西省农业厅. 陕西省茶产业发展规划[J]. 西部大开发, 2016(7): 152-157.
Shaanxi Provincial Department of Agriculture. Shaanxi Province Tea Industry Development Planning [J]. West China Development, 2016(7): 152-157.
- [5] 贾 鹏. 陕南山地聚落环境空间形态的气候适应性特点初探[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2015.
JIA P. Southern Shaanxi mountain settlement climate adaptation of the traditional settlements environment space characteristics[D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2015.
- [6] 赵小罡. 陕西茶产业发展研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
ZHAO X G. Research on the development of tea industry in

- Shaanxi Province[D]. Yangling Shaanxi; Northwest A&F University,2013.
- [7] 王立永,田毅,苏兴.棉花品质与气候因子的灰色关联度分析—以新疆石河子地区为例[J].南方农业学报,2014,45(5):786-789.
- WANG L Y,TIAN Y,SU X. Grey relational analysis between cotton quality and climatic factors—A case of Shihezi City in Xinjiang [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2014,45(5):786-789.
- [8] 唐敏,赵西宁,高晓东,等.黄土丘陵区不同土地利用类型土壤水分变化特征[J].应用生态学报,2018,29(3):765-774.
- TANG M,ZHAO X N,GAO X D,*et al.* Characteristics of soil moisture variation in different land uses in the hilly region of the Loess Plateau, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*,2018,29(3):765-774.
- [9] 王梦娜.茶树花发育相关基因的差异表达研究[D].西安:陕西师范大学,2013.
- WANG M N. Study on differentially expressed genes in tea flower development[D]. Xi'an; Shaanxi Normal University,2013.
- [10] 李治鑫,李鑫,范利超,等.高温胁迫对茶树叶片光合系统的影响[J].茶叶科学,2015,35(5):415-422.
- LI ZH X,LI X,FAN L CH,*et al.* Effect of heat stress on the photosynthesis system of tea teaves[J]. *Journal of Tea Science*,2015,35(5):415-422.
- [11] 罗京义,晏理华,徐大红,等.铜仁地区茶树生长的气候适应性分析及优质绿茶种植区划[J].茶叶科学,2011,31(2):136-142.
- LUO J Y,YAN L H,XU D H,*et al.* Climate adaptability analysis for planting regions of high quality green tea in tongren district[J]. *Journal of Tea Science*,2011,31(2):136-142.
- [12] 王学.极端气候对保山市茶叶生产的影响[D].昆明:云南财经大学,2017.
- WANG X. Influences of extreme climate on tea production in Baoshan City[D]. Kunming; Yunnan University of Finance and Economics,2017.
- [13] 任志艳,刘宗飞.气候变化对渭南市农业生产的影响研究[J].安徽农业科学,2012,40(33):16289-16291.
- REN ZH Y,LIU Z F. Impact of climate change on agriculture production in Weinan City[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*,2012,40(33):16289-16291.
- [14] 梁轶,柏秦凤,李星敏,等.基于GIS的陕南茶树气候生态适宜性区划[J].中国农学通报,2011,27(13):79-85.
- LIANG Y,BAI Q F,LI X M,*et al.* Climate ecological applicability regionalization for tea plant based on GIS in southern Shaanxi Province[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*,2011,27(13):79-85.
- [15] 胡江波,宋富强.陕西省西乡县茶叶产量与气候条件的关系研究[J].陕西农业科学,2013,59(3):25-26,214.
- HU J B,SONG F Q. Study on the relationship between tea yield and climatic conditions in Xixiang County, Shaanxi Province[J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2013,59(3):25-26,214.
- [16] 王从军,杨梅,张艳.紫阳富硒茶产量与气候条件的关系研究[J].北京农业,2015(29):151-152.
- WANG C J,YANG M,ZHANG Y. Study on the relationship between yield and climatic conditions of se-rich tea in Ziyang [J]. *Beijing Agriculture*,2015(29):151-152.
- [17] 高婷.商南茶区生态环境与茶叶品质综合评价研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2013.
- GAO T. Comprehensive evaluation on tea ecological environment and quality of tea[D]. Yangling Shaanxi; Northwest A&F University,2013.
- [18] 杨希光.紫阳富硒茶的气象条件分析及预报研究[D].兰州:兰州大学,2016.
- YANG X G. Research on meteorological condition of se-rich tea in Ziyang and its forecasting [D]. Lanzhou: Lanzhou University,2016.
- [19] 胡江波,杨利霞.汉中茶区农业气候特征分析[J].安徽农业科学,2013,41(13):5864-5866.
- HU J B,YANG L X. Analysis on agricultural climate characteristics of tea region in Hanzhong[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*,2013,41(13):5864-5866.
- [20] 舒华,王盈峰,张士康,等.遮荫对茶树新梢叶绿素及其生物合成前体的影响[J].茶叶科学,2012,32(2):115-121.
- SHU H,WANG Y F,ZHANG SH K,*et al.* Effect of light-shading on accumulation of chlorophylls and their precursors in tea shoots[J]. *Journal of Tea Science*,2012,32(2):115-121.
- [21] 肖润林,王久荣,单武雄,等.不同遮荫水平对茶树光合环境及茶叶品质的影响[J].中国生态农业学报,2007,15(6):6-11.
- XIAO R L,WANG J R,SHAN W X,*et al.* Tea plantation environment and quality under different degrees of shading [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*,2007,15(6):6-11.
- [22] 田月月,张丽霞,张正群,等.夏秋季遮光对山东黄金芽茶树生理生化特性的影响[J].应用生态学报,2017,28(3):789-796.
- TIAN Y Y,ZHANG L X,ZHANG ZH Q,*et al.* Effects of shading in summer and autumn on physiological and biochemical characteristics of ‘Huangjinya’ in Shandong Province,China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*,2017,28(3):789-796.
- [23] 柯玉琴,庄重光,何华勤,等.不同灌溉处理对铁观音茶树光合作用的影响[J].应用生态学报,2008,19(10):2132-2136.
- KE Y Q,ZHUANG CH G,HE H Q,*et al.* Effects of different irrigation treatments on photosynthesis of teguanyin tea plants[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*,2008,19(10):2132-2136.

[24] 缪子梅,褚琳琳,肖梦华,等. 喷灌条件下水分调控对白茶生长发育及产量的影响[J]. 节水灌溉,2017(4):30-32.
MIAO Z M,CHU L L,XIAO M H,*et al.* Influences of wa-
ter regulation methods under sprinkler irrigation on growth and output of white tea[J]. *Water Saving Irrigation*,2017(4):30-32.

Grey Correlation Analysis Between Tea Yield and Meteorological Factors

——Case Study of Tea Region in Southern Shaanxi

ZHANG Fan and XIAO Bin

(College of Horticulture,Northwest A&F University,Yangling Shaanxi 712100,China)

Abstract The growth of tea plant is affected by environment conditions to a great extent, but the effects of different meteorological factors on tea production is different. Meteorological factors and tea yield as targets in 8 main tea-producing area in southern Shaanxi during 2007 to 2016 were studied. The grey correlation was used to study the relationship between meteorological factors and tea yield. The results showed that annual average relative humidity,extreme maximum temperature and average temperature were the main factors affecting tea yield in Southern Shaanxi.

Key words Tea yield; Meteorological factors; Grey relational analysis;Southern Shaanxi

Received 2018-03-06 **Returned** 2018-04-04

Foundation item Construction Project of Shaanxi Tea Industry Technology System (No. K3380216089).

First author ZHANG Fan,female, master student. Research area: tea plant physiology and ecology. E-mail:moom411@163.com

Corresponding author XIAO Bin, male, professor. Research area: tea plant physiology and ecology. E-mail:xiaobin2093@sohu.com

(责任编辑:郭柏寿 Responsible editor:GUO Baishou)