

气温升高与干旱胁迫对灵武长枣坐果与果实品质的影响

宋丽华, 秦芳, 白祥, 曹兵

(宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021)

摘要:试验立足宁夏气候变干变暖的趋势,以宁夏优势特色经济林树种“灵武长枣”为研究对象与材料,采用红外线辐射器控制模拟环境,测定单果重、果实纵横径、坐果率、果实糖含量及酸含量,揭示灵武长枣在日间气温升高与土壤干旱胁迫长期交互处理下坐果与果实品质的变化差异。结果表明,气温升高伴随干旱加剧灵武长枣果实的着色率、坐果率以及枣吊的吊果量有下降趋势,单果重有上升趋势,果实中糖酸比增加。

关键词:气温升高;干旱胁迫;灵武长枣;果实品质

中图分类号:S665.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2015)02-0129-05

Effect of Elevated Temperature and Drought Stress on Fruit Setting Rate and Fruit Quality of Lingwu Long *jujuba*

SONG Li-hua, QIN Fang, BAI Xiang, CAO Bing

(School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: In order to adapt the climate changes in Ningxia, i. e., the drying and warming climate, taking Lingwu Long *jujuba* as material, using infrared radiation equipmant to control simulation environment, indices reflecting fruit quality were measured, such as weight and size of individual fruit, vertical and horizontal diameters, fruit setting rate, soluble sugar content and acid content under the interactive treatments of elevated and drough, to illustrate affecting mechanism of climate change to the fruit setting and fruit quality. The results showed that as the increase of temperature and drought stress, fruit coloring proportion, fruit setting rate and fruit yield decreased, while the weight of individual fruit, sugar-acid ratio increased.

Key words: elevated temperature; drought stress; Lingwu Long *jujube*; fruit quality

人类活动加剧了温室气体尤其是 CO₂ 排放,据预测,本世纪末大气 CO₂ 浓度将倍增,达到 700~720 μmol·mol⁻¹[1-2]。使“温室效应”不断加剧,全球地面平均气温 20 世纪期间增加了 (0.6±0.2)℃[3]。Mitchell *et al.* (1995) 认为,由于“温室效应”的原因,大气温度以每 10 a 0.2~0.3 的幅度增加[4]。21 世纪气温将升高 1.5~4.5℃[5]。全球气候变暖将使降水格局发生变化,引起不同地区水资源增加或减少[6]。中国北方,尤其是西北和东北西部是我国生态环境的脆弱区,干旱是最大的限制

性因子,随着大气 CO₂ 浓度升高导致的气温升高,土壤蒸发有可能增加,可能使得干旱化趋势更加严重[7]。气候变化对生态环境、农业生态系统、森林生态系统产生显著的影响[7-9],气候变化对植物生长与生理的影响成为生理生态学的研究热点[7,10-11]。

宁夏地处西北内陆地区,气候干旱,光热资源丰富,昼夜温差大,具有发展农业和经济林的独特优势。经过多年的发展与建设,已基本形成了由枸杞、枣、葡萄、苹果、杏、设施果树组成的特色经济林产业布局,效益显著。红枣产业是宁夏立足自然资源优

势和现有的生产条件,因地制宜,突出区域特色和品质优势发展起来的后起产业。但宁夏地区属于干旱半干旱地区,水资源缺乏,年降水量少、分布不均且蒸发强烈,因此,坐果率低以及宁夏特殊的气候土壤条件是制约宁夏特色经济林树种发展的瓶颈问题。

枣树(*Ziziphus jujuba*)为鼠李科枣属乔木,具有耐瘠薄、干旱的特点,适应性强;其果实含有脂肪、糖类、有机酸、蛋白质、维生素 A、维生素 C、多种氨基酸及丰富的营养成分,具有益气生津、健脾益胃以及补气养血安神等功效,长期以来是深受我国民众喜爱的主要干果品种之一,因此,枣树被作为我国干旱半干旱地区植被保护、生态修复以及与地区经济发展相结合的重要经济树种^[12]。而灵武长枣是宁夏主要特色经济树种,试验通过测定坐果率、果实形态指标以及果实品质指标,探讨气温升高与干旱胁迫交互处理下对灵武长枣坐果与果实品质的影响,为宁夏枣产业的稳定发展提供技术储备,也为大力发展地方经济奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用灵武长枣 3 年生嫁接苗为试验材料(平均树高 1.7 m)。

1.2 试验方法

本试验自 2013 年 5 月份开始,环境控制设置采用双因素嵌套设计,气温升高设置 2 个水平,土壤干旱胁迫设置 3 个水平,试验共 6 个处理,每处理在田间随机选择 3 株正常生长的幼树作为 3 个重复,共 18 株幼树。土壤干旱胁迫设置 3 个水平:正常土壤供水条件(对照,土壤含水量为田间持水量的 70%~80%,CK),中度干旱胁迫(土壤含水量为田间持水量的 50%~60%,MDS),重度干旱胁迫(土壤含水量为田间持水量的 30%~40%,HDS)^[13-15],采用太阳能土壤水分控制器、感应器、电磁阀、滴管设备等组成的土壤水肥自动控制系统,滴灌控制土壤干旱水平。分别在 3 个土壤干旱水平区域各选择 3 株幼树,共 9 株,采用红外线辐射法控制模拟升温环境,在每株幼树冠幅四周,均匀安装 3 根 1 m 长 800 W 功率的碳纤维红外线辐射加热管(共 27 根加热管),加热管安装高度根据每株树木冠幅高度调节,通过调节加热管和树木之间的距离来控制温度,使冠幅平均温度比大气温度升高 2.0℃,升温控制时间为每天 8:00—20:00。另外分别在 3 个干旱水平下另选 9 株树木,作为大气温度对照幼树。

自枣树 6 月上旬开花始期,开始测定各项指标。

1.3 测定指标及方法

果实单果重,果核重:用电子天平进行称量(FR124CN),单位:g。

果实横径,果实纵径:用电子游标卡尺(沪工 0~20 cm)测定,单位:cm。

单个枣吊吊果量:单株随机选取 20 个枣吊计数单个枣吊吊果量求平均。

坐果率:开花初期(6 月上旬)单株随机选取 5 个枣吊进行标记,同时计数单个枣吊标记长度内的开花数,9 月底果实成熟后期,计数标记过的单个枣吊标记长度内的的坐果数,坐果率=坐果数/开花数

着色率:将着色率定 4 个标准:无着色、1/3 着色、2/3 着色、全部着色,9 月底果实成熟后单株随机摘取 20 个枣果,根据以上标准目测统计。

可溶性总糖的测定:蒽酮比色法^[16]

有机酸含量的测定:已知浓度的 NaOH 溶液滴定法^[16]

1.4 数据处理

以上数据用 DPS、Excel 等软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 气温升高与干旱胁迫对灵武长枣果实形态指标的影响

2.1.1 对灵武长枣果实单果重的影响 由图 1 可知,正常水分及重度干旱条件下灵武长枣单果重增温比对照都有所降低,降低的幅度分别为 3.8%、29.5%,重度干旱条件下增温比对照降低的幅度要较大于正常水分水平,中度干旱条件下,灵武长枣单果重增温比对照有所增加,增加的幅度为 15.0%;增温条件下,中度干旱灵武长枣单果重最大,重度干旱下最小,常温条件下,正常水分水平灵武长枣单果重最大,重度干旱下最小。因此,在不同水分条件下,增温会导致灵武长枣的单果重有减少趋势,在增温伴随干旱条件下,灵武长枣的单果重有增加趋势。

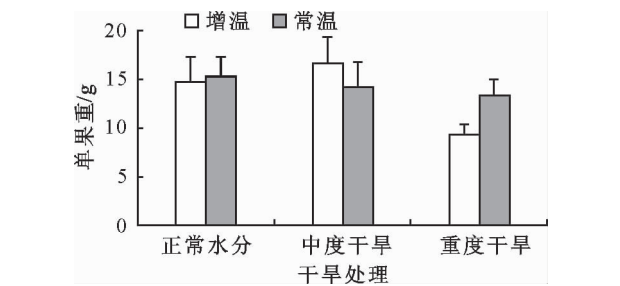


图 1 气温升高与干旱胁迫对灵武长枣果实单果重的影响
Fig. 1 The effect of elevated temperature and drought stress on weight of individual fruit of Lingwu Long jujuba

2.1.2 对灵武长枣果实横径的影响 由图 2 可知,

正常水分及中度干旱条件下灵武长枣果实横径增温比对照都有所增高,增加的幅度分别为 1.9%、3.6%,重度干旱条件下,灵武长枣果实横径增温比对照有所降低,降低的幅度为 10.9%;增温条件下,正常水分水平灵武长枣果实横径最大,重度干旱灵武长枣果实横径最小,常温条件下,正常水分水平灵武长枣果实横径也是最大,重度干旱灵武长枣果实横径最小。因此,在不同水分条件下,增温会导致灵武长枣的果实横径有增加趋势,在增温伴随干旱条件下,灵武长枣的果实横径有减少趋势。

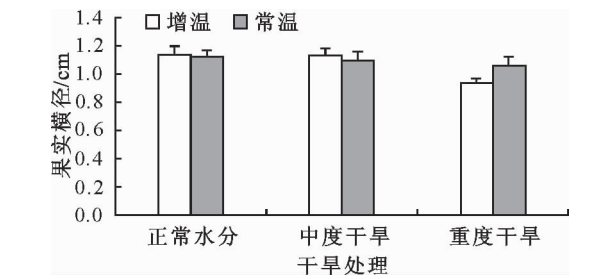


图2 气温升高与干旱胁迫对灵武长枣果实横径的影响
Fig.2 The effect of elevated temperature and drought stress on transverse diameter of individual fruit of Lingwu Long jujuba

2.1.3 对灵武长枣果实纵径的影响 由图3可知,正常水分及重度干旱条件下灵武长枣果实纵径增温比对照都有所降低,降低的幅度分别为 8.6%、9.7%,中度干旱条件下,灵武长枣果实纵径增温比对照有所增加,增加的幅度为 8.9%,增温条件下,中度干旱水平灵武长枣果实纵径最大,重度干旱灵武长枣果实纵径最小,常温条件下,正常水分水平灵武长枣果实纵径最大,重度干旱灵武长枣果实纵径最小。所以,在不同水分条件下,增温会导致灵武长枣的果实纵径有减少趋势;增温伴随干旱条件下,灵武长枣的果实纵径有增加趋势。

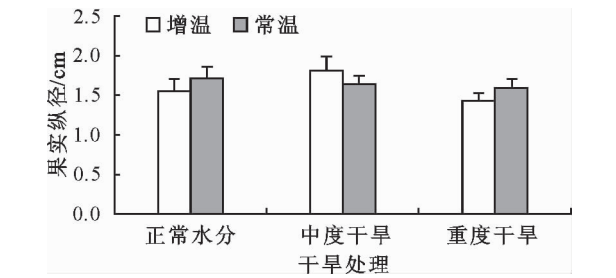


图3 气温升高与干旱胁迫对灵武长枣果实纵径的影响
Fig.3 The effect of elevated temperature and drought stress on vertical diameter of individual fruit of Lingwu Long jujuba

2.1.4 对灵武长枣单个果核重的影响 由图4可知,正常水分及重度干旱条件下灵武长枣单个果核重增温比对照都有所降低,降低的幅度分别为 12.0%、15.9%,中度干旱条件下,灵武长枣单个果核重增温比对照有所增加,增加的幅度为 6.1%;增温

条件下,中度干旱水平灵武长枣单个果核重最大,重度干旱灵武长枣单个果核重最小,常温条件下,正常水分水平灵武长枣单个果核重最大,重度干旱灵武长枣单个果核重最小。所以,在不同水分条件下,增温会导致灵武长枣的单个果核重有减少趋势,增温伴随干旱条件下灵武长枣的单个枣核重有增加趋势。

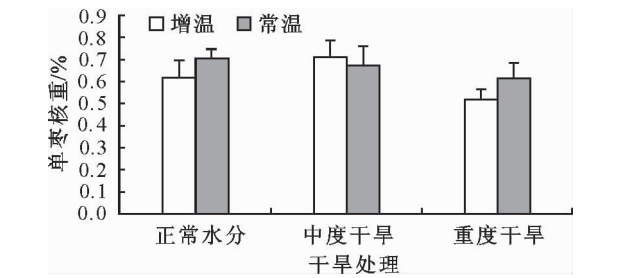


图4 气温升高与干旱胁迫对灵武长枣单个果核重的影响
Fig.4 The effect of elevated temperature and drought stress on weight of individual kernel of Lingwu Long jujuba

2.2 气温升高与干旱胁迫对灵武长枣吊果量的影响

由图5可知,正常水分条件下灵武长枣20个枣吊吊果量增温比对照有所增高,增加的幅度为 14.6%,中度干旱及重度干旱条件下,20个枣吊吊果量增温比对照均有所降低,降低的幅度分布为 40.7%及 4.1%,中度干旱条件下增温比对照降低的幅度较大于重度干旱;增温条件下,正常水分下20个枣吊的吊果量最大,中度干旱下20个枣吊的吊果量最小,中度干旱比正常水分减少的幅度为 48.1%,重度干旱比中度干旱增加的幅度为 45.3%,常温条件下,重度干旱下20个枣吊的吊果量最大,正常水分下单20个枣吊的吊果量最小。所以,随着气温升高和干旱胁迫程度的加剧,灵武长枣吊果量存在下降趋势。

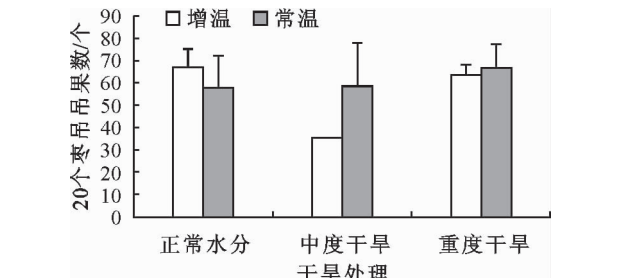


图5 气温升高与干旱胁迫对灵武长枣吊果量的影响
Fig.5 The effect of elevated temperature and drought stress on fruit yield of Lingwu Long jujuba

2.3 气温升高与干旱胁迫对灵武长枣坐果率的影响

由图6可知,正常水分及重度干旱条件下,灵武长枣坐果率增温比对照都有所增高,增加的幅度分别为 43.3%和 6.1%,正常水分条件下增加的幅度

较大于重度干旱,中度干旱条件下,灵武长枣的坐果率增温比对照有所降低,降低幅度为 32.7%;增温条件下,正常水分灵武长枣坐果率最大,中度干旱坐果率最小,中度干旱比正常水分减少的幅度为 43.0%,重度干旱比中度干旱增加的幅度为 25.4%,常温条件下,中度干旱的坐果率最大,正常水分坐果率最小。所以在不同水分条件下,增温会导致灵武长枣的坐果率增高,而增温伴随干旱会导致灵武长枣的坐果率有下降的趋势。

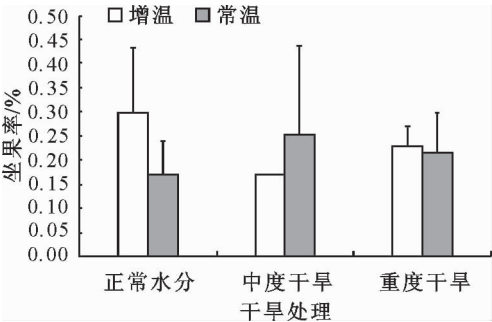


图 6 气温升高与干旱胁迫对灵武长枣坐果率的影响
Fig. 6 The effect of elevated temperature and drought stress on fruit setting rate of Lingwu Long jujuba

2.4 气温升高与干旱胁迫对灵武长枣果实着色的影响

由图 7、图 8 可知,增温条件下,灵武长枣的着色率中度干旱条件下最高,重度干旱最低,常温条件下,中度干旱的着色率最高,重度干旱也是最低。因此,增温比常温条件下,灵武长枣果实的着色率较高。所以,随着土壤干旱程度的增加,灵武长枣果实的着色率有降低的趋势,即干旱不利于灵武长枣果实着色。

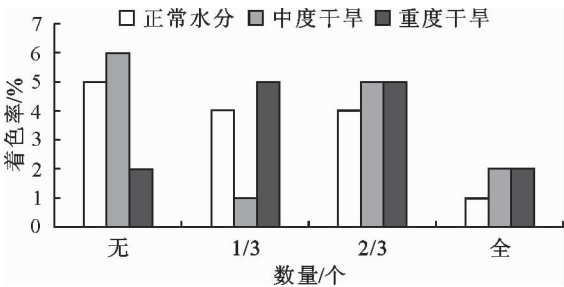


图 7 气温升高与干旱胁迫对灵武长枣果实着色的影响
Fig. 7 The effect of elevated temperature and drought stress on fruit coloring proportion of Lingwu Long jujuba

2.5 气温升高与干旱胁迫对灵武长枣果实品质的影响

2.5.1 对灵武长枣果实糖含量的影响 由图 9 可知,正常水分、中度干旱及重度干旱条件下灵武长枣果实的可溶性糖含量增温比对照都有所增高,增加的幅度分别为 13.1%、31.4%、1.1%,中度干旱条件下增加的幅度最大;增温条件下,中度干旱条件下

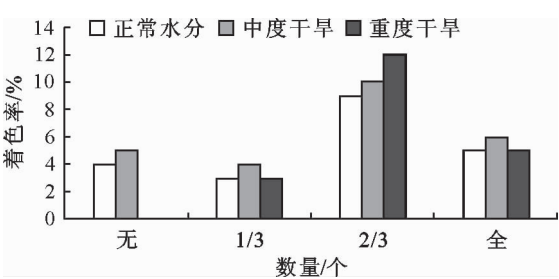


图 8 对照条件下干旱胁迫对灵武长枣着色的影响
Fig. 8 The effect of normal temperature and drought stress on fruit coloring proportion of Lingwu Long jujuba

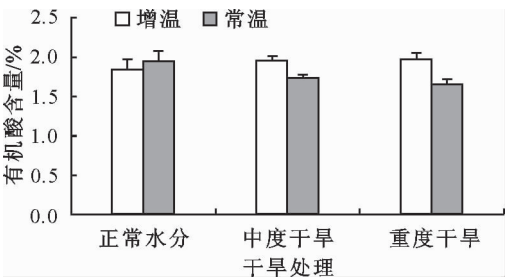


图 9 气温升高与干旱胁迫对灵武长枣果实糖含量的影响
Fig. 9 The effect of normal temperature and drought stress on fruit sugar content of Lingwu Long jujuba

灵武长枣果实可溶性糖含量最大,重度干旱灵武长枣果实可溶性糖含量最小,常温条件下,重度干旱的可溶性糖含量最大,中度干旱灵武长枣果实可溶性糖含量最小,中度干旱比正常水分减少的幅度为 13.9%,重度干旱比中度干旱增加的幅度为 18.4%。因此,增温伴随干旱条件下,灵武长枣果实的可溶性糖含量有增加趋势。

2.5.2 对灵武长枣果实有机酸含量的影响 由图 10 可知,正常水分条件下灵武长枣含酸量增温比对照有所降低,降低的幅度为 5.7%,中度干旱及重度干旱条件下,灵武长枣含酸量增温比对照均有所增高,增加幅度分布为 11.8%和 16.3%,中度干旱条件下增温比对照降低的幅度和重度干旱相差不大;增温条件下,重度干旱比中度干旱及正常水分下含酸量都要多,常温条件下,正常水分下灵武长枣果实含酸量最大,重度干旱下的含酸量最小。所以,在不同水分条件下,增温会导致灵武长枣含酸量增加,

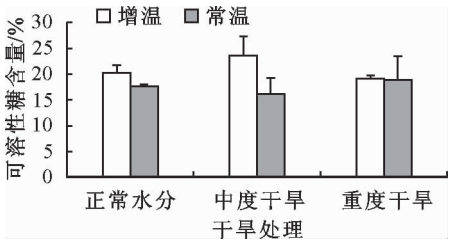


图 10 气温升高与干旱胁迫对灵武长枣果实酸含量的影响
Fig. 10 The effect of normal temperature and drought stress on fruit acid content of Lingwu Long jujuba

气温升高伴随土壤干旱条件会导致灵武长枣的含酸量有增加趋势。

3 结论与讨论

随着气温升高,灵武长枣果实的坐果率、单个枣吊的吊果量及果实横径的生长受到不同程度的抑制作用,而对灵武长枣果实单果重、单个枣核重及果实纵径的生长有促进作用,果实中糖酸比增加,果实着色率下降。

灵武长枣在宁夏灵武已经发展到 8 700 hm²,是当地农民增收、农业增效的支柱产业^[17]。气温升高与干旱是一个很严峻的气候问题,随着气温升高,灵武长枣果实的坐果率、果型指标、果实品质都表现出不同程度的变化差异。说明气温升高条件下灵武长枣的果实会受到影响,果形有变长的趋势,单果重增加说明果实肉质紧实,果实中糖含量增加,而酸含量下降,口感更甜,枣果的品质更好,气温升高伴随干旱会使果实着色率有上升趋势,完全不着色的果实比例下降,全着色的比例有所上升。

参考文献:

[1] ATTIPALLI R REDDY, GIRISH K RASINENI, AGEPATI S RAGHAVENDRA. The impact of global elevated CO₂ concentration on photosynthesis and plant productivity[J]. *Current Science*,2010,99(1):46-57.

[2] UNSWORTH M H, HOGSETT W E. Combined effects of changing CO₂, temperature, UVB radiation and O₃ on crop growth[M]// BAZZAZ F, SOMBROEK W, eds. *Global climate change and agricultural production*. New York: Fao and John Wiley & Sons, 1996:171-198.

[3] IPCC [Intergovernmental Panel On Climate Change]. *Climate change 2001: the scientific basis—the contribution of the working group I of the third assessment report* [M]. Cambridge:Cambridge University, 2001:944.

[4] MITCHELL J F B. Climate response to increasing levels of greenhouse gases and sulfate aerosols[J]. *Nature*, 1995,376: 501-504.

[5] FERENC KOVÁCS. Problems in the relationship between CO₂ e-missions and global warming[J]. *Acta Montanistica Slovaca* , 2005,10(1):9-18.

[6] WALLACE J S. Increasing agricultural water use efficiency to met future food production[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000,82:105-119.

[7] 王连喜,李菁,李剑萍,等. 气候变化对宁夏农业的影响综述[J]. *中国农业气象*,2011,32(2):155-160.

WANG L X,LI J,LI J P, *et al*. Overview on the effects of climate change on agriculture in Ningxia[J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*,2011,32(2):155-160. (in Chinese)

[8] 张晶晶,陈爽,赵昕奕. 近 50 年中国气温变化的区域差异及其与全球气候变化的联系[J]. *干旱区资源与环境*,2006,20(4):

1-6.

ZHANG J J,CHEN S,ZHAO X Y. Spatial divergency of temperature change during 1951—2000 in China and its correlation with global climate change[J]. *Journal of AridLand Resources and Environment*,2006,20(4):1-6. (in Chinese)

[9] 邓可洪,居辉,熊伟 等. 气候变化对中国农业的影响研究进展[J]. *中国农学通报*,2006,22(5):439.

DENG K H, JU H, XIONG W, *et al*. The impacts of climate change on agriculture in China[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006,22(5):439. (in Chinese)

[10] 谢辉,范桂枝,荆彦辉,等. 植物对大气 CO₂ 浓度升高的光合适应机理研究进展[J]. *中国农业科技导报*,2006,8(3):29-34.

XIE H,FAN G Z,JING Y H, *et al*. Progress of research on photosynthetic acclmiation of plant to elevated atmospheric CO₂[J]. *Review of China Agricultural Science and Technology*, 2006,8(3):29-34. (in Chinese)

[11] 常兆丰,韩福贵,仲生年. 甘肃民勤荒漠区 18 种乔木物候与气温变化的关系[J]. *植物生态学报* 2009,33(2):311-319.

CHANG Z F,HAN F G,ZHONG S N. Relationships between phenology of 18 tree species and air temperature change in the Minqin Desert Area of China[J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*,2009,33(2):311-319. (in Chinese)

[12] 魏瑞锋. 土壤水分含量对梨枣树光合特性以及果实品质的影响[D]. 杨陵:西北农林科技大学,2012.

[13] 牛书丽,韩兴国,马克平,等. 全球变暖与陆地生态系统研究中的野外增温装置[J]. *植物生态学报*,2007,31(2):262-271.

NIU S L,HAN X G,MA K P, *et al*. Field facilities in global warming and treestrial ecosystem research [J]. *Journal of Plant Ecology*,2007,31(2):262-271. (in Chinese)

[14] 周朝彬,宋于洋,王炳举,等. 干旱胁迫对胡杨光合和叶绿素荧光参数的影响[J]. *西北林学院学报*, 2009, 24 (4):5-9.

ZHOU C B,SONG Y Y,WANG B J, *et al*. Effects of drought stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence parameters of *Populus euphratica* [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2009, 24(4):5-9. (in Chinese)

[15] 宋丽华, 高彬. 持续干旱胁迫对中宁枸杞水分生理的影响[J]. *西北林学院学报*,2010,25(3):15-19.

SONG L H, GAO B. Effect of drought stress on water physiology in *Lycium barbarum* [J]. *Journal of Northwest Forestry University*,2010,25 (3):15-19. (in Chinese)

[16] 潘自舒,逯昀,赵佩. 桃果实的糖酸含量变化及相关性分析[J]. *安徽农业科学*,2008(31):5-17.

PAN Z S,LU J,ZHAO P. Changes of sugar and acid content in peach fruit and its correlation analysis[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*,2008(31):5-17. (in Chinese)

[17] 蒋全熊,陶立刚,马占儒. 我国枣业发展形势及灵武长枣良种培育之思考[J]. *农业科学研究*,2009,30(4):55-57.

JIANG Q X,TAO L G,MA Z R. The development situation of *Jujube* in China and the pondering over the breeding works on Linwu Long *Jujube*[J]. *Journal of Agricultural Sciences*, 2009,30(4):55-57. (in Chinese)