

主编 刘 静

宁夏枸杞

气象研究

AGROMETEOROLOGICAL RESEARCH OF LYCIUM BARBARUM L.

气象出版社

宁夏枸杞气象研究

AGROMETEOROLOGICAL RESEARCH OF LYCIUM BARBARUM L.

主 编:刘 静

副主编:王连喜 张晓煜 马力文

江苏工业学院图书馆
藏书章

气象出版社

内 容 简 介

本书是国家自然科学基金 2000~2002 年项目《宁夏枸杞优质高产的气候形成机理及区划研究》的部分研究成果。该课题针对枸杞产量、品质与气象条件关系的国内外空白和宁夏大力发展振兴宁夏枸杞产业,利用枸杞田间试验与采集全国枸杞样品和土壤样品化验的方法,结合对应的气象资料,模拟了枸杞产量、外观品质与内在品质等多项相关指标与若干气象因子或土壤养分的定量关系。分析每个因子的变化,确定其相应的农业气象指标,并进行了区划。主要内容包括:①枸杞光合速率、蒸腾速率、气孔导度诸因子与气象因子的关系和气象指标;②枸杞外观品质和若干药用品质指标与土壤养分和气象因子的关系及气象指标;③枸杞产量与气象因子的关系模型及指标;④我国北方地区和宁夏枸杞产量、品质气候区划;⑤枸杞小气候、生长发育与气象等其它方面的研究。在枸杞干热风、品质指标、技术方法、RS、GIS 和 MICAPS 应用上都有新的突破。本书可供从事气象、生态、农业、林业等领域的领导和科技、业务、生产、教学人员阅读,也可供相关学科的大中专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

宁夏枸杞气象研究/刘静主编. —北京:气象出版社,2003.12

ISBN 7-5029-3713-7

I. 宁… II. 刘 III. 气候影响-枸杞-栽培-研究-宁夏 IV. S567.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 120092 号

Ningxia Gouqi Qixiang Yanjiu

宁夏枸杞气象研究

主 编 刘 静

副主编 王连喜 张晓煜 马力文

责任编辑:张淑萍 终审:纪乃晋

封面设计:马力文 责任技编:王丽梅 责任校对:王丽梅

气象出版社 出版

(北京海淀区中关村南大街 46 号 邮政编码:100081)

网址: <http://cmp.cma.gov.cn> E-mail: qxchs@263.net

北京昌平环球印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 8.875 字数: 227 千字

2003 年 12 月第 1 版 2003 年 12 月第 1 次印刷

定价: 18.00 元

序 言

宁夏枸杞(*Lycium barbarum* L.)是茄科枸杞属多年生落叶灌木,在植物分类中是一个独立的分种,早在我国古代的《本草纲目》中就对枸杞有过详细的记载,性微苦,尤以甘甜品质为佳,自古就是知名的药用植物,果实是名贵的中药材和保健品。建国后,我国枸杞产业逐步发展,涉及枸杞的研究也在逐步积累。长期以来,宁夏枸杞在植物形态、栽培、育种、病虫害和药用成分、药理作用、临床应用、产品开发等方面做了许多工作,成立了宁夏枸杞研究所,形成了我国枸杞研究的龙头,这些成果集中反映在由白寿宁研究员主编,宁夏人民出版社出版的《宁夏枸杞研究》文集中。然而书中缺少枸杞气象条件方面的研究,使宁夏枸杞研究不甚完善。20世纪80年代初,已故的农业气象专家周仲显同志曾根据中宁枸杞产量与气象资料做过初步分析,得出了经验区划,成为我区80年代农业气候区划的亮点之一。此后在接近20年的农业气象研究中,枸杞农业气象基础研究部分,特别是枸杞产量、品质形成与枸杞生理、生态、环境因子的关系等方面的研究甚少,而这些是进一步开展枸杞其它方面研究工作的基础。

为此,早在90年代中期,我们就开始搜集宁夏枸杞方面的研究成果,1997年,开展了枸杞产量与气象条件方面的预研究。在此基础上,1999年向国家自然科学基金委员会提出了具有宁夏地方特色的《宁夏枸杞优质高产的气候形成机理及区划研究》申请,2000~2002年获得了国家自然科学基金地区基金的支持。

课题下达后,我作为主持人得到了宁夏气象科学研究所和同行的大力支持,所里针对近年来科研课题级别逐年提高的现状,以所里和课题共同集资的方式,购置了包括小气候自动观测站、土壤水分中子测定仪,光合作用综合测定仪等仪器,还购置了多台微机,为课题的顺利实施提供了基础条件。我组织课题组成员对课题研究的每一项研究内容都从资料、技术方法和可行性等几方面做了深入细致的分析,搜集枸杞相关论文和专著,拜访了区内枸杞研究和枸杞食品加工的知名专家,提出了课题实施的基本方法和思路,课题组成员工作一丝不苟,认真履行实施方案,使课题设计的研究内容都得以圆满完成,有些工作如枸杞生理与气象、3S技术的应用等都突破了原计划任务书的要求,在这里表示特别的感谢!宁夏枸杞研究所为我提供了宁杞1号品种田园作为试验基地,使我们在该试验基地上安排了连续2年气象条件试验研究,建立了短期农业气象观测站,并在枸杞发育关键期开展了包括气象、发育进程、生长状况和农田水分观测,使该研究得以顺利完成,在这里深表谢意!在搜集宁夏全区各气象站1961~2000年历年逐日气象资料和中国北方地区172个基本气象台站1971~2000年逐旬平均气象资料、枸杞光合、蒸腾、气孔运动等与气象环境的响应等试验和研究、枸杞样品的化验等工作中,得到了从国家到地方许多气象部门的支持,也得到了宁夏农林科学院和宁夏新技术应用研究所同仁们的大力协助,这是本研究得以深入的基础,在此特别表示感谢!另外,还要感谢我国新疆、甘肃、内蒙古、陕西、山西、河北和天津等主要枸杞产区的枸杞种植主对我取样工作的大力支持,他们带着我深入田间地头调查、搜集了宁杞1号枸杞样品和该样品所处农田土壤样品多达88份的化验结果,保证了资料的客观准确。

国家自然科学基金的宗旨是求实、创新,研究要有新思路,成果要有新观点。总结这三年来的工作,我们体会到课题创新是圆满完成该项目的出发点和归宿。为此,我们从试验方法上、化验项目上和具体研究上都鼓励创新,本着这个宗旨,我们对原计划任务书中的研究内容

进行了补充。为深入了解枸杞生长、产量和品质形成与自身生理特点的内在联系,增加了枸杞生理与同期小气候因子的观测和研究,同事们风餐露宿,24小时连轴转开展逐时观测,确定了影响枸杞生理活动的气象指标,从机理上所确定的指标比从表面现象上经数学模拟所确定的指标更准确,也更快捷;为开展枸杞全国适宜性气候区划,深入了解枸杞与气象的关系,我们设计了以全国各地取样化验与田间试验相结合的方法,同事们足迹遍布我国北方各地,拉大了气候差距,真实地反映了植物生长与气象因子的客观规律,采用 ERDAS、C++ 结合改进的热量资源细网格推算方法,实现了全区细网格($1.1 \times 1.1 \text{ km}^2$)热量资源的推算,是区划方法上的创新;基于 MICAPS 天气预报业务平台上的全国北方地区枸杞的农业气候区划,是 MICAPS 平台上的一种应用开拓和创新,为农业气象与天气预报的结合找到了切入点;产量研究中,首次发现枸杞关键生育期(幼果期,6月下旬)对干热风天气敏感,产量降低,终止无限花序的继续生长和结实,改变了人们的传统认识。

总之,研究中创新贯穿始终,同事们废寝忘食,加班加点,毫无怨言,拿出了高水平的研究成果。在选用的 18 篇论文中,涉及枸杞光合、蒸腾、气孔导度等植物生理因子与环境气象因子关系的 4 篇,枸杞外观品质与气象因子的关系 1 篇,枸杞内在品质及品质区划的 5 篇,枸杞试验与小气候的 3 篇,枸杞产量与气象条件分析的 2 篇,枸杞产量与品质综合气候区划的 3 篇。其中相当一部分有一定深度,经过权威部门宁夏回族自治区科技情报所的检索,本课题的所有研究国内外未见相关报道,属于开创性原创研究,填补了我国枸杞气象研究领域的空白,许多文章发表在中文核心期刊上,有些研究内容被中国科协 2002 年年会文集收录,在宁夏乃至全国同行内造成了一定的影响。

由于枸杞气象研究在我国尚属首例,课题执行时间短,研究内容多,许多研究还尚待深入,缺点和错误在所难免,请各位专家和读者批评指正。

刘静
2003 年 9 月

目 录

枸杞生理与气象

枸杞的生理特性与外环境气象因子的日变化规律研究	刘静 王连喜 马力文 李凤霞 张晓煜 苏占胜 周慧琴 李剑萍(1)
枸杞叶片净光合速率与其它生理参数及环境微气象因子的关系	刘静 王连喜 戴小笠 苏占胜 李凤霞(12)
枸杞叶片蒸腾与生理及微气象环境因子的关系	刘静 王连喜 李凤霞 戴小笠 苏占胜(18)
枸杞叶片气孔导度与生理及微气象因子的关系	刘静 王连喜 李凤霞 戴小笠 苏占胜(23)

枸杞生长发育与气象

枸杞结果动态规律及生育期气象条件分析	周慧琴 刘静(29)
枸杞园田间小气候特征研究	马力文 叶殿秀 王连喜 刘静(36)
遮阳网覆盖逆境条件下对枸杞产质量的影响	李凤霞 刘静 王连喜 苏占胜 张晓煜 张学艺(43)

枸杞产量与气象

光照对枸杞生长与产量、品质形成的影响	刘静 李凤霞 叶殿秀 王连喜 张晓煜 张学艺(49)
枸杞产量与气象条件的关系研究	刘静 张晓煜 杨有林 马力文 张学艺 叶殿秀(59)

枸杞品质与气象

枸杞外观品质与气象条件关系研究	李剑萍 刘静 张学艺(70)
枸杞多糖与土壤养分、气象条件的量化关系研究	张晓煜 刘静 袁海燕 张学艺(78)
枸杞总糖含量与环境因子的量化关系研究	张晓煜 刘静 袁海燕(85)
不同地域枸杞蛋白质和药用氨基酸的聚类分析	张晓煜 刘静 李凤霞 袁海燕 张映琪(91)
土壤、气象条件对宁夏枸杞灰分的影响	张晓煜 刘静 袁海燕(98)
宁夏枸杞品质综合指标体系的构建	张晓煜 刘静 王连喜(104)

枸杞气候适宜性区划

宁夏枸杞气候适宜性区划	马力文 叶殿秀 卫建国 刘静(111)
中国北方地区枸杞气候适宜性区划	刘静 杨有林 叶殿秀 马力文 张晓煜 李剑萍(119)
基于ArcGis支持下的宁夏枸杞产量细网格气候区划	苏占胜 刘静 李建萍 袁海燕(130)

Contents

The Lycium barbarum L. physiological character and its meteorological conditions

- An experimental study for daily changes of environment factors and physiological parameter of
Lycium barbarum L. Liu Jing Wang
Lianxi Ma Liwen Li Fengxia Zhang Xiaoyu Su Zhansheng Zhou Huiqin Li Jianping (1)
- Relationship between leaf net photosynthesis rate of Lycium barbarum L. and its environmental
micrometeorological factors
..... Liu Jing Wang Lanxi Dai Xiaoli Su Zhansheng Li Fengxia (12)
- Relationship between leaf transpiration rate of Lycium barbarum L. and its physiological factor as
well as environmental micrometeorological factors.
..... Liu Jing Wang Lanxi Li Fengxia Dai Xiaoli Su Zhansheng (18)
- Relationship of stoma conductance of Lycium barbarum L. with its physiological and environmental
micrometeorological factors.
..... Liu Jing Wang Lanxi Li Fengxia Dai Xiaoli Su Zhansheng (23)

The Lycium barbarum L. growth and its meteorological conditions

- Analyse for trends of Lycium barbarum L. growth and its meteorological conditions.
..... Zhou Huiqin Liu Jing (29)
- Character of microclimate on Lycium barbarum L. field
..... Ma Liwen Ye Dianxiu Wang Lianxi Liu Jing (36)
- Effect on medlar production and quality on the condition of inversion habitat with shading net
..... Li Fengxia Liu Jing Wang Lianxi Su Zhansheng Zhang Xiaoyu Zhang Xueyi (43)

The Lycium barbarum L. yield and its meteorological conditions

- Influence on growing of Lycium barbarum L. and its yield and quality form under the different
radiation
..... Liu Jing Li Fengxia Ye Dianxiu Wang Lianxi Zhang Xiaoyu Zhang Xueyi (49)
- Research in relationship of yield and its meteorological conditions of Lycium barbarum L.
..... Liu Jing Zhang Xiaoyu Yang Youlin Ma Liwen Zhang Xueyi (59)

The Lycium barbarum L. quality and its meteorological conditions

- Research for relationship of apparent quality of Lycium barbarum L. and its meteorological condi-
tions Li Jianping Liu Jing Zhang Xueyi (70)
- Study on quantified relationship among the polysaccharides content of Lycium barbarum L. , soil
nutrient and meteorological conditions
..... Zhang Xiaoyu Liu Jing Yuan Haiyan Zhang Xueyi (78)
- A quantificational study on the relationship between saccharide content of Lycium barbarum L.
and surrounding conditions Zhang Xiaoyu Liu Jing Yuan Haiyan (85)
- A cluster analysis on protein and amino acid used for medicine of medlar in different area
..... Zhang Xiaoyu Liu Jing Li Fengxia Yuan Haiyan Zhang Yingqi (91)

Soil and weather condition effect on the content of medlar ashes	
..... Zhang Xiaoyu Liu Jing Yuan Haiyan (98)	
A synthetic index system established for assessing the quality of Lycium barbarum L.	
..... Zhang Xiaoyu Liu Jing Li Fengxia Wang Lianxi (104)	
The Lycium barbarum L. climatic suitable regionalization	
A climatic suitable regionalization of Lycium barbarum L. in Ningxia	
..... Ma Liwen Ye Dianxiu Wei Jianguo Liu jing (111)	
A climatic suitable regionalization of Lycium barbarum L. in northern in China	
..... Liu Jing Yang Youlin Ye Dianxiu Ma Liwen Zhang Xiaoyu Li Jianping (119)	
A refined net yield regionalization of Lycium barbarum L. based on ArcGis in Ningxia	
..... Su Zhansheng Liu Jing Li Jianping Yuan Haiyan (130)	

枸杞生理与气象

枸杞的生理特性与外环境气象因子的 日变化规律研究*

刘 静 王连喜 马力文 李凤霞 张晓煜 苏占胜 周慧琴 李剑萍

(宁夏气象防灾减灾重点实验室, 银川, 750002)

摘要:采用英国 PPS 国际有限公司生产的 CIRAS-1 型光合作用综合测定仪同时测定了 3 年生枸杞和灌溉春小麦蒸腾速率、净光合速率、气孔导度等植物生理因子的逐时变化,并同时测定了总辐射、照度、光合有效辐射、叶温、气温、湿度和田间微风。通过枸杞诸因子的日变化和同期春小麦的比较,我们研究了枸杞叶片光合作用、蒸腾作用、气孔导度和环境光、温、水、气和风的变化,结果表明,枸杞净光合速率大于春小麦,比小麦更喜光,存在光合午休现象;叶片蒸腾速率全天略高于春小麦。光合午休时段蒸腾速率没有继续加大,维持在相对较高但较平稳的水平上。枸杞气孔导度较低。辐射、气温是影响光合午休的主要因子。相对湿度下层大于上层,风速分布规律则相反。枸杞田间没有明显的 CO_2 吸收低谷。

关键词:枸杞 植物生理因子 微气象因子 日变化规律

An experimental study for daily changes of environment factors and physiological parameter of *Lycium barbarum* L.

Liu Jing Wang Lianxi Ma Liwen Li Fengxia Zhang Xiaoyu

Su Zhansheng Zhou Huiqin Li Jianping

(Ningxia key laboratory for meteorological disaster prevention and reduction, Yinchuan, 750002)

Abstract: Using CIRAS-1 photosynthesis measure system made in PPS International Ltd. of England, we measured the hour-to-hour change of transpiration rate, net photosynthesis rate, stoma resistance and so on for *Lycium barbarum* L. and spring wheat. We also tested illumination, effective radiation of photosynthesis, leaf and air temperature, humidity, breeze in the field in the same times. Compare with difference of every factor of spring wheat, we studied the leaf net photosynthesis rate, transpiration rate, conductivity of stoma, solar radiation, leaf and air temperature, humidity, concentration of CO_2 , wind speed etc of *Lycium barbarum* L. The result showed that leaf PNR of *Lycium barbarum* L. is higher than spring wheat. PNR is dropped at noon. Leaf transpiration rate is a bit higher than spring wheat in whole day. And it keeps in a high and steady level relatively, but not increase when PNR is dropped at noon. Stoma conductivity is lower than spring wheat. Radiation and air temperature is main factor that affect PNR dropped at noon. The relative humidity in lower level is higher than upper; however, the law of wind speed is on the contrary. There is not valley of CO_2 absorbed on the field of *Lycium barbarum* L.

* 第一作者简介:刘静,男,1964年生,回族,籍贯北京市,应用气象高级工程师,现从事农业气候资源、农业气象、遥感应用等方面的研究。

Key words: *Lycium barbarum* L. Physiological factor Micrometeorological phenomena Hour-to-hour change

宁夏枸杞(*Lycium barbarum* L.)是茄科枸杞属多年生落叶灌木,在植物分类中是一个独立的分种,自古就是知名的药用植物,果实是名贵的中药材和保健品^[1]。长期以来,宁夏枸杞的研究集中在植物形态、栽培、育种、病虫害和药用成分、药理作用、临床应用、产品开发等方面,集中反映在《宁夏枸杞研究》^[2]文集中。在枸杞气象条件研究方面,20世纪80年代初,周仲显根据中宁枸杞产量与气象资料做过初步分析,得到了经验区划^[3]。作为枸杞植物学基础研究部分,没有检索到枸杞光合、蒸腾等方面的研究,也没有枸杞产量、品质形成与枸杞生理、生态、环境因子的关系研究,而这些是进一步开展其它研究工作的基础。为此,本文从枸杞光合作用、蒸腾作用等基础观测入手,通过与人们熟悉的春小麦的同期对比观测,研究了枸杞叶片光合作用、蒸腾作用、气孔导度与外界光、温、水、气的变化规律。

1. 材料和方法

试验设在宁夏惠农县,属引黄灌区低洼盐碱地,平均地下水位0.9m,0~50cm平均pH值为8.4,土壤全盐为 $1.12\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,有机质含量为 $13.6\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,经土壤养分测定,土壤全氮 $0.69\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其中水解氮 $85.9\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,全磷 $0.71\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全钾 $19.7\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其中速效磷、速效钾含量分别为 $35.6\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $143.5\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。枸杞田为 0.13hm^2 ,品种为宁杞1号,春小麦试验田为 0.27hm^2 ,品种为永良4号。观测期间枸杞为夏果成熟期,春小麦处于灌浆始期,灌溉后第3天,灌溉量为 $900\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

采用英国PPS国际有限公司生产的CIRAS—1型便携式光合作用测定系统,2001年6月22日测定了3年生枸杞试验田与毗邻的正常灌溉春小麦试验田间光合速率、蒸腾速率、气孔导度、光合有效辐射、细胞间隙和环境 CO_2 浓度的逐时变化和同时刻不同高度温度、湿度、辐射、风速。每次选择树体中部生长正常且无病虫害危害的活体叶片进行定叶测量,每个时次分别进行4次重复,以平均值作为该时次的测量结果。

2. 结果分析

2.1 枸杞植物生理因子的日变化规律

2.1.1 枸杞光合速率

图1是枸杞光合速率日变化及其春小麦同时次对比观测结果。枸杞任何时次光合速率均大于春小麦,中午差异比早晚大,表明气温越高,辐射越强,光合速率差异越大,即枸杞比小麦更喜光。二者日变化有很大区别,春小麦为单峰型,最大光合速率出现在11:00前后,下午光合速率下降,光合午休明显,且下午没有恢复。而枸杞为双峰型,11:00左右光合速率维持在较高水平上,13:00左右光合速率出现低谷,证明枸杞也存在光合午休现象;第2个峰值出现在15:00左右。光合午休是植物较普遍的现象,除小麦外,大豆、油菜、花生、甜菜等也都存在光合午休现象^[4~7]。从13:00~16:00气温和叶温均维持在高值上来看,枸杞光合午休与辐射有关。值得注意的是,华北地区小麦和其它作物最大光合速率一般出现在10:00,12:00出现光合午休^[8],宁夏观测的枸杞、小麦最大光合速率和光合午休均比华北滞后40min~1h,而宁夏处于

105°E附近,地方时与北京时(华北,120E°)有40min~1h的时差,说明植物光合与辐射强度的直接关系,也说明许多植物光合作用在生理上有一定的共性。

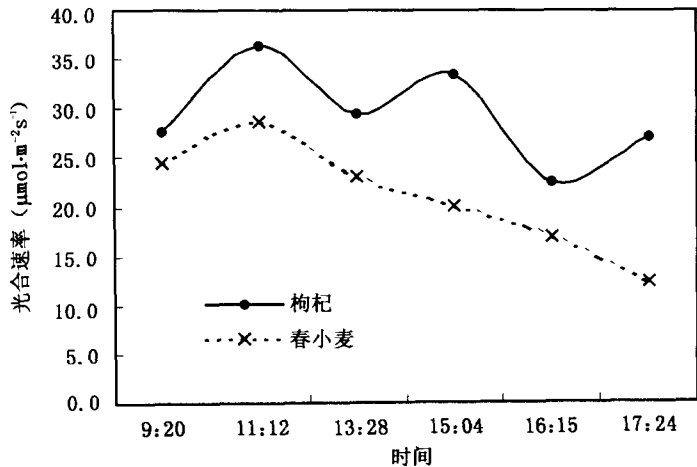


图1 枸杞光合速率日变化

枸杞光合午休的机理,国内外有许多观点,韩鹰等^[9]认为 Rubisco 酶的初始活性和气孔导度下降可能是造成中午光合速率下降的原因,邓仲簋^[10]指出,水稻光合午休是环境条件与内生节奏相互作用的结果,即长期适应环境的结果。Cumming 等^[11]认为光合、呼吸和水分传输都有自身的内在规律。这些研究都从不同侧面反映光合午休的原因。从影响光合速率的外部环境因素和内部因素综合来看,本研究认为枸杞是旱生植物,长期自然驯化使其在水分控制上有自身的特点。高温下,午后强辐射造成蒸腾失水加剧和叶温的升高,刺激了气孔,气孔导度降低,避免了过量失水,但同时使 CO₂ 吸收量减少和体内营养物质的传输减慢,导致光合速率降低。另外,午后强光、高温的条件提高了叶片光呼吸消耗,使净光合速率下降。

2.1.2 枸杞蒸腾速率

图2是枸杞蒸腾速率日变化。枸杞叶片蒸腾速率的日变化呈双峰型,但下降不明显;春小

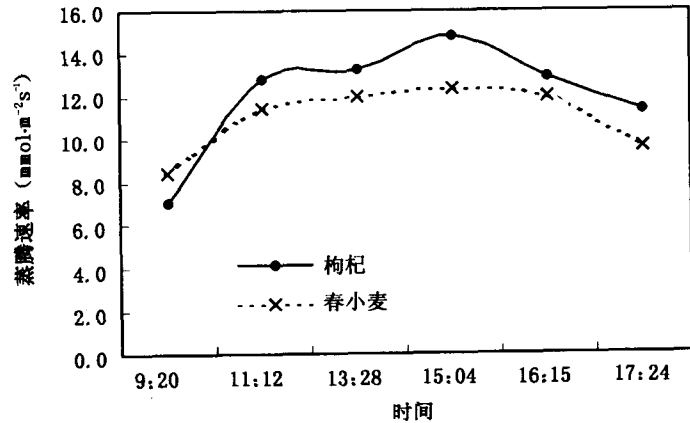


图2 枸杞蒸腾速率日变化

麦呈单峰型。上午随着气温升高,二者蒸腾速率均很快增大,但气温继续升高,二者均出现光合午休,叶片气孔开张度减小,气孔阻力加大,蒸腾速率维持在相对较高但较平稳的水平上,枸杞15:00左右蒸腾速率再度上升,达到全天的最高值,下午随着气温下降,蒸腾速率也相应降低。枸杞是耐旱作物,但叶片蒸腾速率全天略高于春小麦,是以前从没有认识到的现象,冯显逵等^[12]观察到枸杞气孔较大,约 $413\mu\text{m}^2$,叶面两侧均有分布,密度达 $136\text{个}\cdot\text{mm}^{-2}$,虽然枸杞气孔导度远低于春小麦(见图3),但叶片蒸腾速率比小麦高。小麦自11:00开始,逐渐进入光合午休状态,气孔开张度变小,此后一直没有恢复,也是叶片蒸腾速率低于枸杞的主要原因。

2.1.3 枸杞气孔导度

图3是枸杞气孔导度日变化,反映了气孔阻力。枸杞气孔导度普遍较低,仅是春小麦的1/3,反映出枸杞的耐旱性。从日变化来看,枸杞呈双峰型,与光合速率曲线相位相同,但最高值出现在15:00,此时光合速率出现次大值;13:00左右,枸杞光合午休时段,气孔导度出现低谷;16:00以后,随着辐射降低,气孔导度降低。春小麦与枸杞不同,11:00出现高峰后,随着光合午休的出现,气孔导度迅速下降,16:00以后,气孔导度又回升,但因辐射减弱,光合速率和蒸腾速率并没有回升。

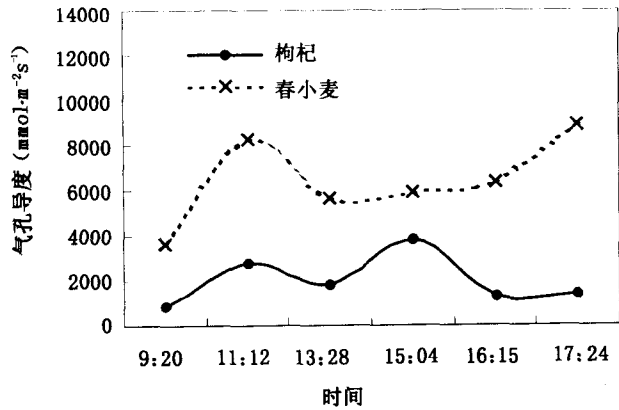


图3 枸杞气孔导度日变化

枸杞叶片有发达的角质膜,有栅栏组织,无海绵组织,起良好的保水作用,维管束、维管束鞘发达,保证了深层水分传输^[12],气孔大,分布密集,光合速率高,气孔导度小,蒸腾速率低,是枸杞适合干旱地区生长的生理基础。

2.2 枸杞外界环境因子的日变化特征

2.2.1 辐射

2.2.1.1 照度

照度日变化反映了总辐射的大小。图4是枸杞田2.0m高度处的照度日变化,呈抛物线型,13:00前后达到最大,与测定的总辐射变化相同(图略)。对比图1,可得出枸杞的光饱和点为80klux。

2.2.1.2 光合有效辐射

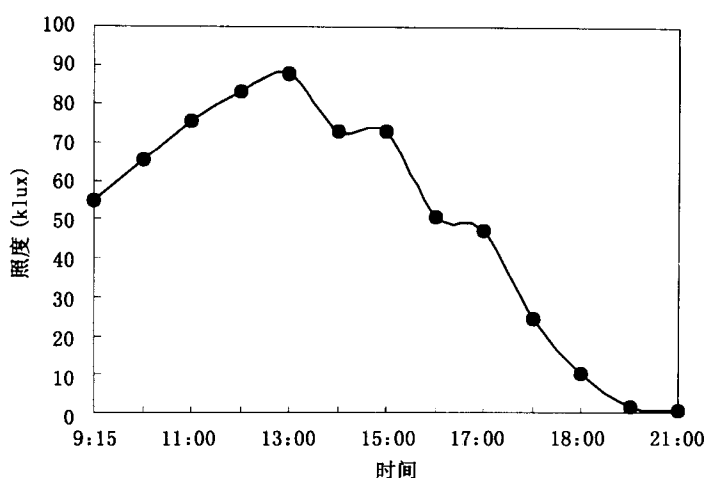


图4 枸杞田照度日变化

图5是枸杞光合有效辐射日变化曲线,小麦与枸杞的光合有效辐射日变化差异不大。小麦光合有效辐射与光合速率变化相似,枸杞有一定差异,但存在线性相关关系,相关系数达0.91。枸杞的光合有效辐射最大值出现在11:00前后,比总辐射最大值提前2小时左右,在水分充分满足情况下,光合有效辐射、温度和气孔导度决定了光合速率的大小。

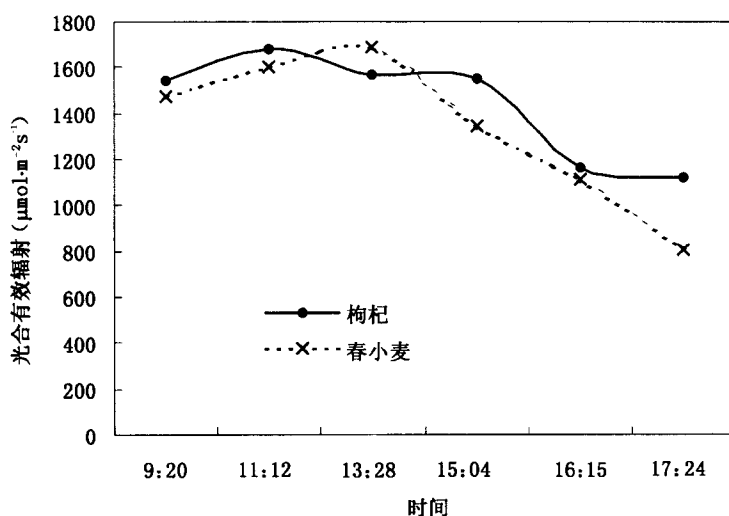


图5 枸杞光合有效辐射日变化

2.2.2 温度

2.2.2.1 气温

气温既影响光合速率,又制约着蒸腾速率和气孔阻力。图6a是枸杞与小麦田气温和叶片生理测定处空气温度日变化,表明叶片周围的环境温度普遍比气温高,枸杞平均高出2℃,小麦平均高出3~4℃;从枸杞与小麦气温差异来看,同样天气条件下,枸杞田气温比小麦田高出2℃左右,是由于小麦是密植作物,田间蒸散量比稀植的枸杞大,近地层热量散失快;与图3联系起来,可得出当枸杞叶片周围环境空气温度超过30℃,相应的气温超过27℃,枸杞气孔开始

关闭,气孔导度迅速下降,抑制了蒸腾速率的继续增大,引起光合速率下降,是枸杞光合和蒸腾受抑制的温度临界指标。

图 6b 是枸杞行间 50cm、100cm 和 150cm 处空气温度日变化,表现出 3 个特点:一是枸杞田下部温度低于上部,白天与辐射削弱有关,夜间与行间裸露地表干燥、空旷,长波辐射强,土壤热容量小有关;二是温度垂直差异白天小,夜间大,白天差异一般在 1~2℃ 内,夜晚可达 2~4℃;三是枸杞叶片集中的冠层上部(100cm 处)温度与气温的差异始终较小,而与下层温度的差异较大。

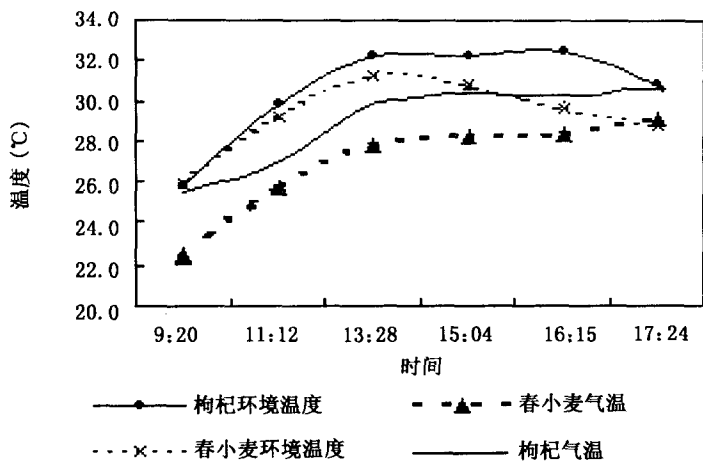


图 6a 枸杞温度日变化

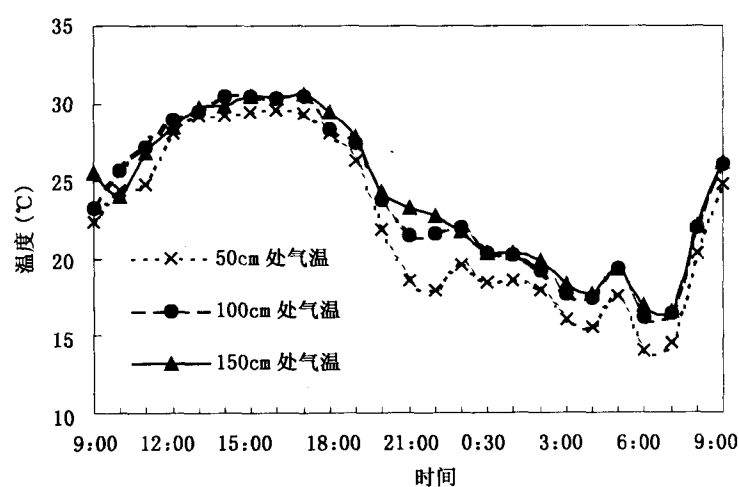


图 6b 枸杞不同高度温度日变化

2.2.2.2 叶温

从白天枸杞叶温变化图上可以看出(见图 7),其曲线形式与叶片周围环境温度类似,但均低于环境温度和气温,枸杞叶温一般比气温低 0.5~1.0℃,小麦一般低 1~2℃,系叶片蒸腾所致。枸杞叶温在 13:00 以前虽然比小麦略高,但同比升高,13:00~16:00 枸杞叶温均维持在较高值,而小麦则下降,与小麦叶面积指数高,蒸腾强度大有关,小麦田间气温也有类似变化

趋势。

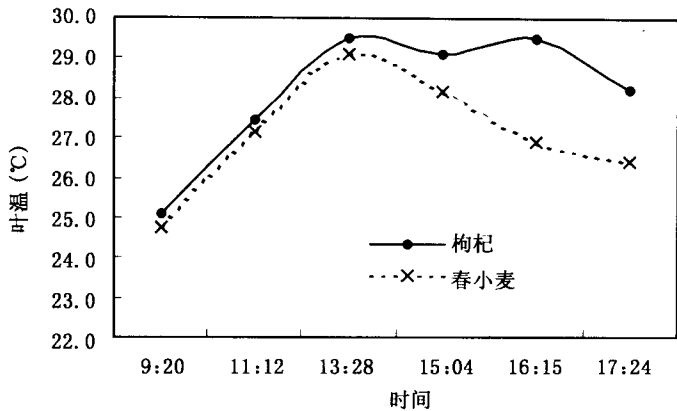


图 7 枸杞叶温日变化

2.2.3 湿度

2.2.3.1 枸杞田间环境绝对湿度和相对湿度

图 8a 和 8b 分别是枸杞田间不同高度水汽压和相对湿度日变化。图 8a 中,白天水汽压呈降低趋势,傍晚升高,夜里又降低,上午又再度升高,表现为早晚高,午后和深夜低的变化。表现为枸杞上层水汽压大于中下层,低层又高于叶片集中的中层的现象。而图 8b 中,表现出白天相对湿度较低,夜晚高的正常分布状况,白天上下层相对湿度差异较小,夜晚差异很大,越接近地表,相对湿度越大,傍晚、凌晨可达到90%以上。6月底是夏果成熟期,下层过大的相对湿度是造成下部发生炭疽病的环境因素,是下部常常发生黑果、烂果的原因。

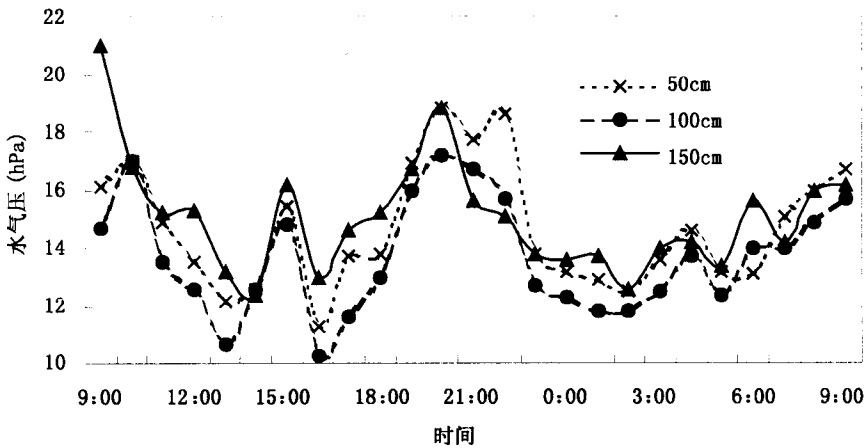


图 8a 枸杞水汽压日变化

2.2.3.2 饱和水汽压差

水汽压差是指细胞内外水汽之间的蒸汽压差,它制约着蒸腾速度。蒸腾速率与水汽压差存在如下关系:

$$E = \frac{C_l - C_a}{R_s + R_e} \tag{1}$$

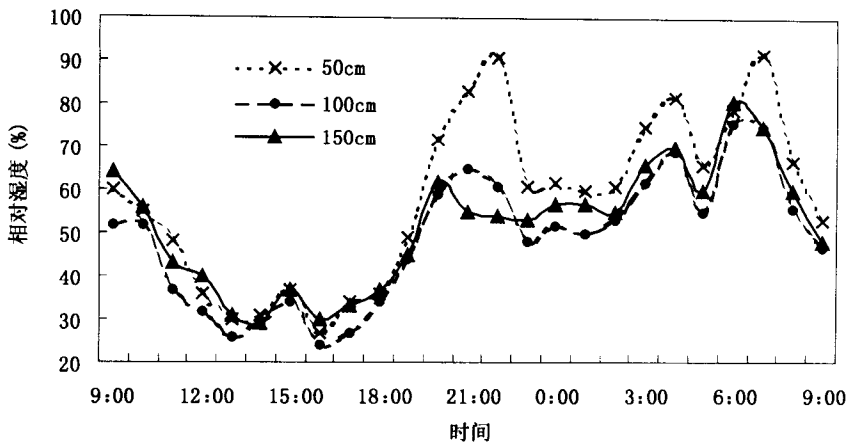


图 8b 枸杞不同高度相对湿度日变化

式中, E 为叶片蒸腾速率, Cl 是叶片气孔下腔的水汽压, Ca 是叶片外空气的水汽压, R_s 是气孔阻力, 受气孔开张度的影响, Re 是叶片外水汽扩散阻力。由于蒸腾速率与水汽压差存在线性关系, 二者的日变化非常相似, 只是量纲不同(见图 9)。晴空下, 随着太阳辐射和气温的升高, 气孔渐渐张大, 叶温上升, 空气水汽压和相对湿度下降, 叶内外蒸汽压差变大, 蒸腾渐快, 水汽压差在 11:00 ~ 16:00 达到相对高值, 随后, 气温下降, 空气相对湿度升高, 水汽压差也下降。

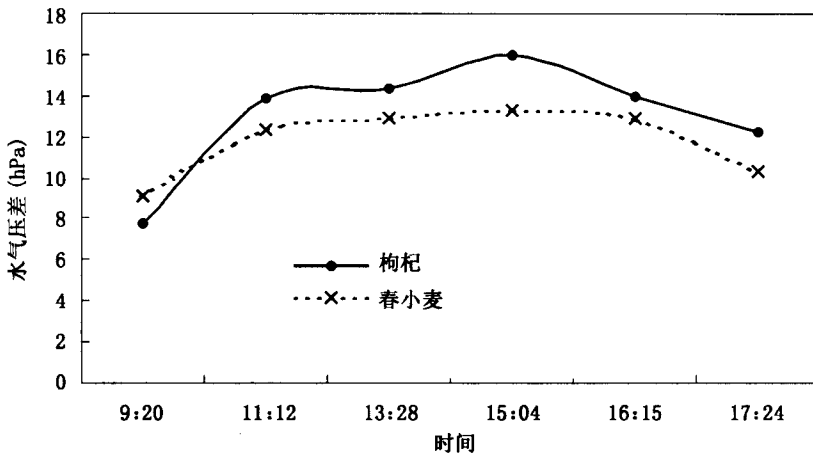


图 9 枸杞叶片内外水汽压差日变化

2.2.4 田间 CO_2 浓度

枸杞是稀植灌木, 通风良好, 晴空微风条件下, 田间(100cm 处) CO_2 浓度日变化接近于近地层自由大气, 没有明显的吸收低谷, 而小麦田则在 13:00 ~ 14:00 有明显的吸收低谷, 且全天 CO_2 浓度低于枸杞(见图 10)。

叶片 CO_2 浓度差决定着光合速率的大小, 浓度差与光合速率正相关, 因此二者图形相似, 位相相反(见图 11 和图 1)。枸杞叶片 CO_2 浓度差大于小麦, 因此光合速率高于后者。气孔导度降低, 则叶片 CO_2 浓度差减小。

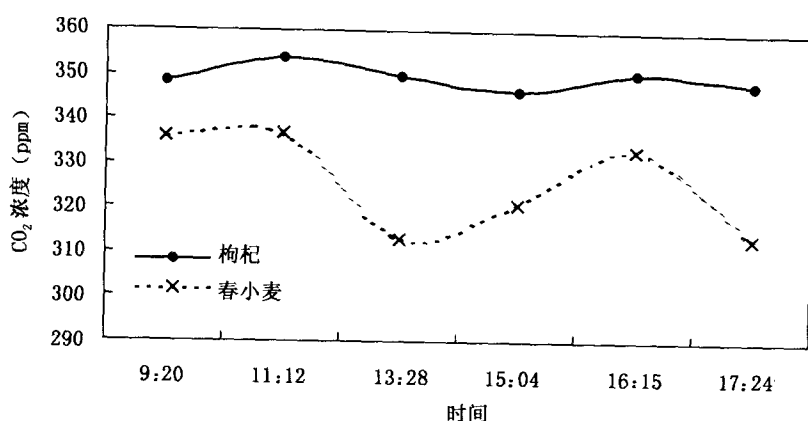


图 10 枸杞田间 CO₂ 浓度变化

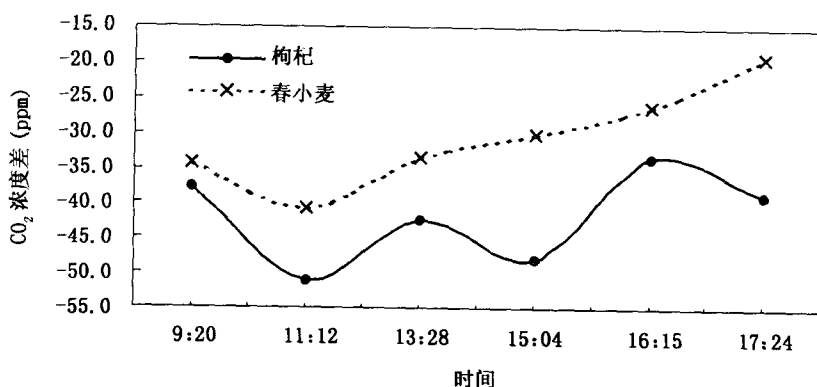


图 11 枸杞叶片细胞内外 CO₂ 浓度差日变化

2.2.5 田间风速

枸杞田间风速波动情况(见图 12)。从日变化来看,白天风速相对较大,傍晚和早晨静风,夜间有风速波动;比较不同高度风速,有随高度增加,风速加大的正常分布特征。由于枸杞高度为 1.2m, 1.5m 和 2.0m 处的风速均是冠层上方的风速,差异不大。

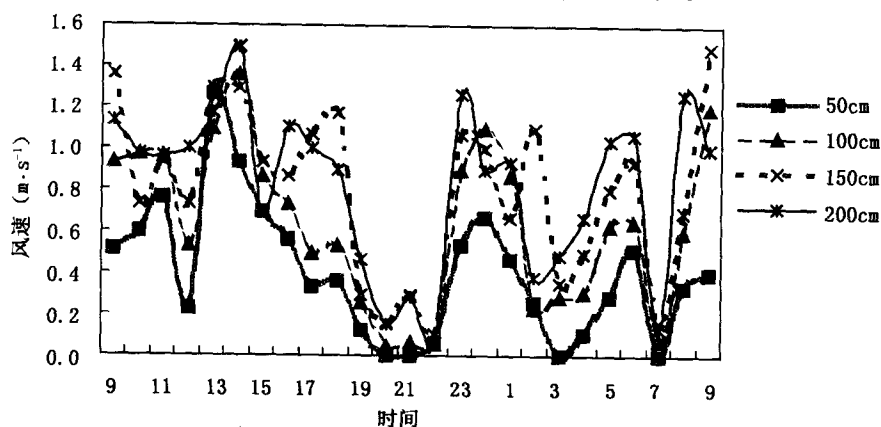


图 12 枸杞田间不同高度微风日变化