

水氮耦合对枣树生长与产量的影响

柴仲平¹, 王雪梅², 孙霞¹, 蒋平安¹, 白如霄¹

(1. 新疆农业大学 草业与环境科学学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054)

摘要:以滴灌为条件设置不同水肥处理,研究水氮耦合对枣树生长与产量的影响。结果表明:在年生长周期内枣树枝干生理生长在夏季最快,叶片生理生长在春季最快;在设计水平范围内,土壤中增施氮肥和增加灌水量均能促进枣树基径、树高和梢条的生长发育,提高叶面积指数,但会一定程度上降低叶片厚度和叶绿素含量;另外,增加土壤含水量还会降低枣树果实的单果重和果形指数;通过模型建立与分析,二因素对枣树产量的作用顺序为:施氮量 > 灌水量,水氮对产量具有协同效应,以枣树产量为目标,推荐灌水量和施氮量分别为:5 250~6 000 m³/hm² 和 300~375 kg/hm²。

关键词:滴灌; 水氮耦合; 枣树; 长势; 产量

中图分类号:S665.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)02-0201-04

Influence on Growth and Yield of *Zizyphus Jujube* under Coupling of Water and Nitrogen

CHAI Zhong-ping¹, WANG Xue-mei², SUN Xia¹, JIANG Ping-an¹, BAI Ru-xiao¹

(1. College of Pratacultural and Environmental Science, Xinjiang Agriculture University, Urumqi 830052, China; 2. College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

Abstract: Different treatments of water and fertilizer were designed under drip irrigation to study growth and yield of *Zizyphus Jujube* under coupling of water and nitrogen. The results show that the physiology growth of branches is the fastest in summer in the annual growth cycle of jujube tree, but the physiological growth of leaves is the fastest in spring. It can promote growth and development of base diameter, tree height and shoot of jujube tree to irrigate more water and apply more N to soil in the range of designed level; and it can also increase LAI, but can reduce the leaf thickness and chlorophyll content; in addition, it can reduce the single fruit weight and fruit shape index to irrigate more water to soil. Through the establishment and analysis of model, the role of water and N in yield of jujube tree is in order of N>water. The interaction effect of water and N is coordination for yield. The quantity of watering is 5 250~6 000 m³/hm², and the application quantity of N is 300~375 kg/hm² by considering the yield as optimal composite scheme.

Key words: drip irrigation; coupling of water and N; *Zizyphus Jujube*; growth; yield

枣树原产于我国^[1-2],是我国特有的经济树种之一^[3],也是主要的木本粮食树种,素有“铁杆庄稼”之称^[4]。枣果营养丰富,是滋补佳品。目前红枣已被加工为各种系列产品,受到国内外消费者的普遍欢迎。枣树具有防风、固沙、降低风速、调节气温、防止和减轻干热风的作用^[5],又以胁地作用小、经济效益高等特点成为理想的农田林网树种,也是林粮间作发展立体农业的优良树种。新疆地区枣树的栽培历史

悠久,环境昼夜温差大,有效积温高,年日照时数和无霜期长,光热资源丰富,气候干燥,病虫害少,又有天山和昆仑山融化的雪水灌溉,这种得天独厚的气候条件非常适宜枣树的生长和制干加工^[6-8]。新疆产出的大枣营养积累充分,果实着色好,含糖量高,品质优良。目前推广种植的枣树品种营养价值和口感均比其他省份的好^[9]。因此,新疆是生产绿色、有机枣产品的理想基地,枣树产业近些年在新疆也得到迅速发展。

收稿日期:2011-08-11

修回日期:2011-09-23

资助项目:自治区科技攻关(含重大专项)和重点项目计划课题“果树营养特性与水肥耦合技术研究”(200731136-5);新疆农业大学草业与环境科学学院青年教师科研启动基金资助;土壤学自治区重点学科资助

作者简介:柴仲平(1974—),男,甘肃永昌人,博士研究生,副教授,研究方向为土壤质量、植物营养。E-mail:zhongpingchai@yahoo.com.cn

通信作者:蒋平安(1965—),男,四川乐至人,教授,博士,博士生导师,研究方向为土壤、土壤信息系统、植物营养。E-mail:jiang863863@sina.com

但由于区域气候干燥,降水量少,有限降水在时空分布使枣树生长期不可避免出现水分亏缺。水分不足必然影响土壤养分的运移和向植物的供应。因此,如何充分利用和发挥有限的灌溉条件来提高肥料的利用效率和枣树果实产量及品质,探讨水肥耦合效应,研究以肥促水,以水调肥的水肥管理措施,就成为提高新疆枣树生产效益和持续发展的必然途径。本研究利用滴灌方式科学调控枣树生育期内养分的摄入,探索滴灌条件下不同水氮处理对枣树长势与产量的影响,以期较好协调枣树和土壤水肥条件的关系,促进枣树协同利用土壤中有效水肥资源,获得稳定的生产效应。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

新疆枣树种植面积超过 26 万 hm^2 ,主要分布于南疆环塔里木盆地。本研究区选在新疆兵团农一师九团二营十三连($40^{\circ}34'00''\text{N}$, $81^{\circ}17'15''\text{E}$),海拔 1 012.62 m,地处亚欧大陆腹地的塔里木河畔,受塔克拉玛干沙漠的影响,属典型的大陆性极端干旱荒漠气候类型,平均年降水量 42.4 mm 左右,年蒸发量 2 110.5 mm,相对空气湿度 50%,年均总辐射 9 733 MJ/m^2 ,年均气温 10.7°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温约为 4 113.1 $^{\circ}\text{C}$,极端最低气温 -28.4°C ,无霜期约为 197 d,土壤类型主要为风沙土,土壤有机质、碱解氮、速效磷、速效钾、全氮、全磷、全钾含量分别为 5.85 g/kg, 17.44 mg/kg, 11.48 mg/kg, 72.57 mg/kg, 0.27 g/kg, 0.61 g/kg, 0.38 g/kg。

1.2 研究材料与试验设计

本研究选择枣树为研究对象,进行生育期滴水和 N 、 P_2O_5 、 K_2O 肥试验。滴灌施 P_2O_5 ($225 \text{ kg}/\text{hm}^2$) 与 K_2O ($37.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$) 为固定值,而以滴灌水量与施 N 量为决策变量采用二因子五水平正交组合设计, $m=2$ 的场合下,共设 9 个小区,每小区 9 株树(表 1)。氮肥选用尿素(N 含量 46%),磷肥选用磷酸一铵(P_2O_5 含量 64%),钾肥选用硫酸钾(K_2O 含量 50%)。萌芽—开花期滴灌施入 70% 的氮肥、40% 的磷肥、30% 的钾肥,果实生长期滴灌施入 30% 的氮肥、60% 的磷肥、70% 的钾肥。全生育期共滴水 7 次,每次灌水量相同,萌芽及新梢生长期滴水 4 次(萌芽前、萌芽后、新梢生长、开花前),果实生长期滴水 3 次(座果、果实膨大、果实成熟期)。供试树种为 5 a 树龄的灰枣(*Zizyphus Jujube*),9 个试验小区的立地条件相同,土壤水分、肥力等条件相近,均生长良好。

表 1 水氮耦合试验方案

处理	结构矩阵		总量实施方案	
	X_1	X_2	灌水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	$\text{N}/$ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
1	1	1	7905	510
2	1	-1	7905	90
3	-1	1	2595	510
4	-1	-1	2595	90
5	1.414	0	9000	300
6	-1.414	0	1500	300
7	0	1.414	5250	600
8	0	-1.414	5250	0
9	0	0	5250	300

1.3 测定方法

试验于 2009 年 3—10 月进行,在枣树整个年生长周期内定期监测枣树的生长变化,于 3 月 28 日(枣树萌芽前)测定枣树的基径、树高;分别于 5 月 5 日、8 月 7 日、10 月 15 日测定枣树的基径、树高、梢粗、梢长、叶片厚度、叶面积指数及叶片中的叶绿素含量,并于采收前测产。

长势测定:每处理随机抽查 3 株枣树,测枣树基径、树高,分别从每株树中各选方位相当的新梢(二次枝)测量梢粗、梢长、离基枝第 3~4 片叶的叶片厚度(10 片叶叠测的平均数);用 SPAD—502 型手持叶绿素仪测定叶片的叶绿素含量;用 LAT2000 型冠层分析仪测定叶面积指数。枣树产量测定:于果实成熟采收前进行,每处理随机测 3 株单产,折算产量;每个处理随机取鲜果 10 个,分别称重,取平均值即为单果重;用游标卡尺测果实纵、横径并计算果形指数。

1.4 数据处理

利用 Microsoft Excel、DPS 数据处理系统进行数据处理与分析并完成制图。

2 结果与分析

2.1 枣树生长发育规律

经监测发现在试验地内栽培的枣树 4 月上旬至中旬开始萌芽;4 月下旬至 5 月上旬开始展叶,同时伴有花芽分化;5 月中旬至下旬枣树开花为初花期;6 月至 7 月上旬 80% 的花朵已开放为盛花期;7 月上旬至中旬枣树开始座果;7 月下旬至 8 月上旬果实开始膨大;9 月下旬至 10 月上旬果实开始成熟;10 月下旬至 11 月上旬果实进入采收期;11 月中旬至下旬枣叶开始凋落。

2.2 水氮耦合对枣树基径和树高的影响

不同水氮处理下枣树基径与树高的年生长变化如图 1 所示。基径和树高在年生长周期内不同时期

的增长量因水氮量的不同而呈现一定的差异,但总体变化趋势较为相似,在年生长周期内基径和树高均表现为夏季增长量>秋季增长量>春季增长量。基径和树高的年增长量均在水分和氮素都相对丰富的第1组处理中最大,值分别为2.80 cm和126 cm。且均在水分亏缺而氮素适度的第6组处理中最小,值分别为1.63 cm和68 cm。对5—9组处理中枣树基径和

树高的变化进行分析,在灌水量适度的条件下,随氮素施入量的增加基径和树高的年增长量都逐渐增大,说明在土壤水分适度条件下增加氮素施入量能促进枣树基径和树高的生长发育。在氮素施入量适度的条件下,随灌水量的增加基径和树高的年增长量也逐渐增大,说明在氮素适度条件下增加土壤水分同样能促进枣树基径和树高的生长发育。

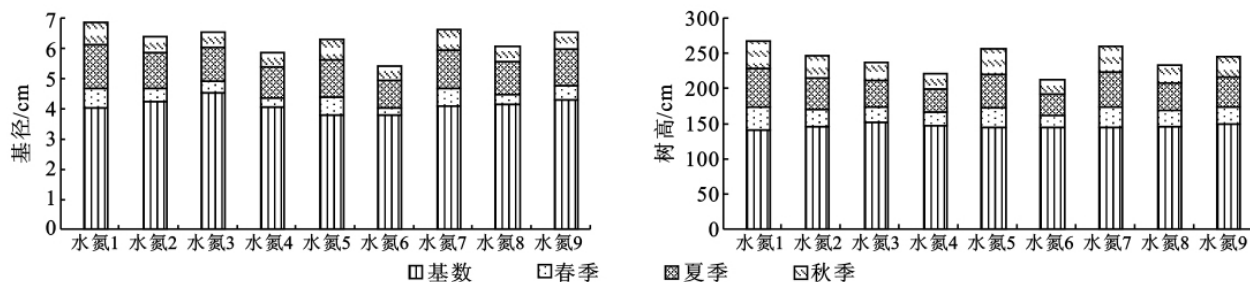


图1 不同水氮处理的枣树基径和树高增长量变化

2.3 水氮耦合对枣树梢粗和梢长的影响

从图2看出,梢粗和梢长在年生长周期内不同时期的增长量因水氮量的不同而呈现一定的差异,在年生长周期内梢粗表现为夏季增长量>春季增长量>秋季增长量,而梢长表现为夏季增长量>秋季增长量>春季增长量。梢粗和梢长的年增长量均在水分和氮素都相对丰富的第1组处理中最大,值分别为1.75 cm和153 cm。梢粗的年增长量在水分适度而氮素极度缺乏的第8组处理中最小,值为1.11 cm。梢长

年增长量在水分亏缺而氮素适度的第6组处理中最小,值为107 cm。对5—9组处理中枣树梢粗和梢长的变化进行分析,在灌水量适度的条件下,随氮素施入量的增加梢粗和梢长的年增长量都逐渐增大,说明在土壤水分适度条件下增加氮素施入量能促进枣树梢粗和梢长的生长发育。在氮素施入量适度的条件下,随灌水量的增加梢粗和梢长的年增长量也逐渐增大,说明在氮素适度条件下增加土壤水分也同样能促进枣树梢粗和梢长的生长发育。

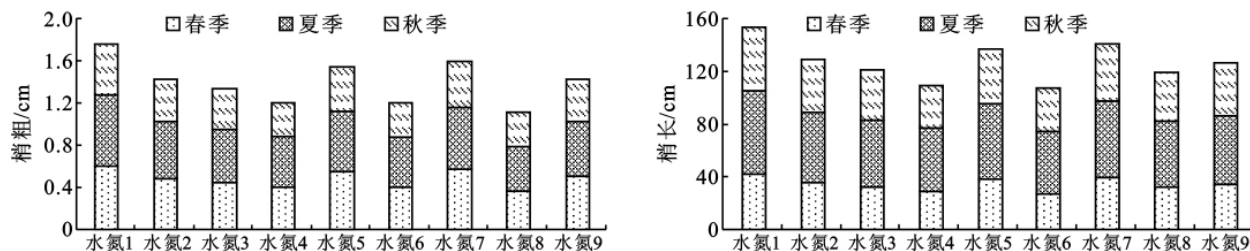


图2 不同水氮处理的枣树梢粗和梢长增长量变化

2.4 水氮耦合对枣树叶片厚度、叶绿素含量和叶面积指数的影响

从图3可以看出,叶片厚度、叶绿素含量及叶面积指数在年生长周期内不同时期的增长量因水氮量的不同而呈现一定的差异,在年生长周期内叶片厚度、叶绿素含量和叶面积指数均表现为春季增长量>夏季增长量>秋季增长量。叶片厚度和叶绿素含量的年增长量均在水分亏缺而氮素适度的第6组处理中最大,值分别为0.85 cm和49.26。且在水分适度而氮素极度缺乏的第8组处理中最小,值分别为0.61 cm和39.85。叶面积指数年增长量的最大值为1.51,出现在水分和氮素都相对丰富的第1组处理。最小值为1.21,也出现在水分适度而氮素极度缺乏

的第8组处理。

对5—9组处理中枣树叶片厚度、叶绿素含量及叶面积指数的变化进行分析,在灌水量适度的条件下,随氮素施入量的增加叶片厚度和叶绿素含量的年增长量都呈先增大后减小的趋势,而叶面积指数则表现为逐渐增大的趋势,说明在土壤水分适度条件下增加氮素施入量能促进枣树叶片的生长发育,但过多则会导致叶片厚度和叶绿素含量的降低。在氮素施入量适度的条件下,随灌水量的增加叶片厚度和叶绿素含量的年增长量都呈逐渐减小的趋势,而叶面积指数则表现为逐渐增大的趋势,说明在氮素适度条件下增加土壤水分能有效提高枣树叶面积指数,但会降低叶片厚度和叶绿素含量。

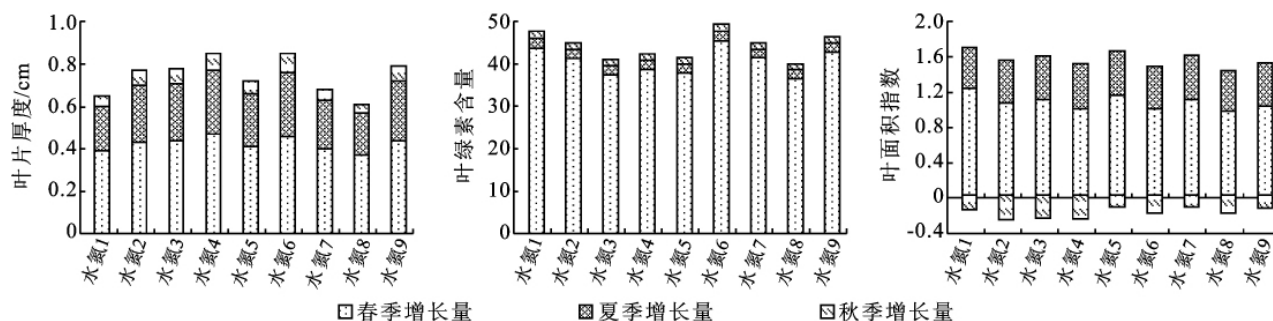


图 3 不同水氮处理的枣树叶片厚度、叶绿素含量和叶面积指数增长量变化

2.5 水氮耦合对枣树鲜果形状和产量的影响

由表 3 可以看出,不同水氮处理对枣树果实单果重、果形指数以及产量均产生了一定影响。单果重最大值 10.70 g,出现在灌水和氮肥都相对亏缺的第 4 组处理,最小值 9.24 g,出现在灌水极丰而氮肥适中的第 5 组处理;最佳果形指数 1.51,出现在灌水适中而氮肥极丰的第 7 组处理,最差果形指数 1.62,出现在灌水极丰而氮肥适中的第 5 组处理;产量最高值 9 048 kg/hm²,出现在灌水和氮肥都适中的第 9 组处理,最小值 6 127 kg/hm²,出现在灌水适中而氮肥极度缺乏的第 8 组处理。单果重最小值和最差果形指数均出现在灌水极丰而氮肥适中的第 5 组处理,说明土壤水分过高不利于红枣果实单果重的提高和果形指数的改善。

表 2 不同水氮处理的枣树果实形状与产量

施肥处理	单果重/g	果形指数	产量/(kg·hm ⁻²)
水氮 1	9.58ab	1.58a	7988b
水氮 2	9.56ab	1.60a	6978c
水氮 3	9.40b	1.58a	7320bc
水氮 4	10.70a	1.57a	7143c
水氮 5	9.24b	1.62a	7691b
水氮 6	9.96ab	1.61a	7235bc
水氮 7	10.19ab	1.51a	8476a
水氮 8	9.32b	1.55a	6127d
水氮 9	9.74ab	1.61a	9048a

注:同列数值不同字母表示差异达 5% 显著水平。

最大单果重和产量并未出现在同一处理,主要是由于不同处理枣树单株座果数的不同而引起的。以灌溉水量(X_1)和氮肥施入量(X_2)为自变量,以枣树产量(Y)为因变量,进行二次多项式逐步回归分析,建立水氮回归模型,得关系式:

$$Y = 241.9307 + 1.1470X_1 + 12.3605X_2 - 0.0017X_1^2 - 0.2896X_2^2 + 0.0056X_1X_2$$

($R=0.9477$, $F=5.2872$, 显著水平 $p=0.1005$, 剩余标准差 $S=30.4173$, 调整后的相关系数 $R_a=0.8534$); 通过模型分析得出以枣树产量为经济目标时,各个因素

的最佳组合为:产量(Y)9 159 kg/hm²,灌溉水量(X_1)5 607 m³/hm²,氮肥施入量(X_2)374.40 kg/hm²。二因素对枣树产量的作用顺序为:施氮量>灌水量,水氮之间具有协同效应。

3 结论

果树产量的高低与品种遗传特性、环境因素、栽培管理技术等有关。水肥是果树生产中投入的两大主要因素,也是可以调控的两大重要技术措施。俗话说“有收无收在于水,收多收少在于肥”。充分说明水分和养分对果树生长的作用不是孤立的,而是相互作用相互影响的^[10-13]。水肥耦合对果树产量的影响主要反映在水肥供应水平上,不同水肥条件下,果树的产量表现不同。水肥耦合存在阈值反应,低于阈值,增加水肥投入增产效果明显;高于阈值,增产作用不大^[14-17]。在本研究中,不同水氮处理对枣树长势和产量都产生了较大的影响。(1)在年生长周期内枣树枝干生理生长在夏季最快,基径、树高、梢粗和梢长的增长量最大;枣树叶片的生理生长在春季最快,叶片厚度、叶绿素含量及叶面积指数增长量也最大。(2)在土壤水分适度条件下增加氮素施入量能促进枣树基径、树高、梢条和叶片的生长发育,提高叶面积指数,但过多则会导致叶片厚度和叶绿素含量的降低;在氮素适度条件下增加土壤水分能促进枣树基径、树高和梢条的生长发育,提高叶面积指数,但会降低叶片厚度和叶绿素含量。(3)在设计水平范围内,增加土壤含水量会降低枣树果实的单果重和果形指数;通过模型建立与分析得出以枣树产量为经济目标时,各个因素的最佳组合为:产量(Y)9 159 kg/hm²,灌溉水量(X_1)5 607 m³/hm²,氮肥施入量(X_2)374.40 kg/hm²。二因素对红枣产量的作用顺序为:施氮量>灌水量,水氮之间具有协同效应。以枣树产量为目标,推荐灌水量和施氮量分别为:5 250~6 000 m³/hm²和 300~375 kg/hm²。

(下转第 209 页)

都市区的生态环境;建设用地面积大量扩张,合理正确规划利用土地,对于不合理的发展趋势,应该采取有效的措施,从而实现土地资源的可持续利用。

参考文献:

- [1] Turner II B L, skole D. Land Use and Land Cover Change (LUCC): Science/Research Planning[R]. IG-BP Reports No. 35, Stockholm: IGBR 1995.
- [2] 史培军,李晓兵,江源,等. 土地利用/覆盖变化与生态安全响应机制[M]. 北京:科学出版社,2004:1-10.
- [3] 于修兴,杨桂山. 中国土地利用/覆被变化研究的现状和问题[J]. 地理科学进展,2002,21(1):51-57.
- [4] 陈百明,刘新卫,杨红. LUCC研究的最新进展评述[J]. 地理科学进展,2003,22(1):22-29.
- [5] 张世文,唐南奇. 土地利用/覆被变化(LUCC)研究现状与展望[J]. 亚热带农业研究,2006,2(3):221-225.
- [6] 郭旭东,刘国华,陈利顶,等. 欧洲景观生态学研究展望[J]. 地球科学进展,1999,14(4):40-44.
- [7] 孙丹峰,李红,张凤荣. 基于动态统计规则和景观格局特征的土地利用覆被空间模拟预测[J]. 农业工程学报,2005,21(3):121-125.
- [8] 张钰,刘桂民,马海燕,等. 黑河流域土地利用与覆被变化特征[J]. 冰川冻土,2005,26(6):740-746.
- [9] 陆石阁,许月卿,蔡云龙. 基于遥感技术和GIS的小流域土地利用/覆被变化分析[J]. 地理科学进展,2005,24(1):79-86.
- [10] Hulst R. On the dynamice of vegetation; Markov chain as of succession[J]. Vegetation, 1979, 40: 3-4.
- [11] Pan Daiyuan, Gerald Domon, Sylvie de Blois, et al.

Temporal (1958—1993) and spatial patterns of land use changes in Haut-Saint-Laurent (Quebec, Canada) and their relation to landscape physical attributes[J]. Landscape Ecology, 1999, 14(1): 35-52.

- [12] 王学雷,吴宜进. 马尔柯夫模型在四湖地区湿地景观变化研究中的应用[J]. 华中农业大学学报,2002,21(3): 288-291.
- [13] 宁龙梅,王学雷,胡望斌. 利用马尔科夫过程模拟和预测武汉市湿地景观的动态演变[J]. 华中师范大学学报:自然科学版,2004,38(2):255-258.
- [14] 吴晓旭,邹学勇,钱江. 基于马尔柯夫模型的乌审旗景观格局模拟与预测[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(2):158-162.
- [15] 李志,刘文兆,杨勤科,等. 黄土高原沟壑区小流域土地利用变化及其生态效应分析[J]. 应用生态学报,2007,18(6):1299-1304.
- [16] 除多,张镜锒,郑度. 拉萨地区土地利用变化情景分析[J]. 地理研究,2005,24(6):869-877.
- [17] 龚乐春,韦新良,胡秉民. 区域景观结构动态变化的趋势分析及其应用研究[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2005,31(2):211-214.
- [18] 宁龙梅,王学雷,胡望斌. 利用马尔科夫过程模拟和预测武汉市湿地景观的动态演变[J]. 华中师范大学自然科学版,2004,38(2):255-258.
- [19] 付春雷,宋国利,鄂勇. 马尔科夫模型下的乐清湾湿地景观变化分析[J]. 东北林业大学学报,2009,37(9): 117-119.
- [20] 郭笃发. 利用马尔科夫过程预测黄河三角洲新生湿地土地利用/覆被格局的变化[J]. 土壤,2006,38(1):42-47.

(上接第204页)

参考文献:

- [1] 曲泽洲,王永蕙. 中国枣树志·枣卷[M]. 北京:中国林业出版社,1993:2-6.
- [2] 郭裕新. 枣[M]. 北京:中国林业出版社,1982:3-5.
- [3] 解进宝,解秉旭. 枣树丰产栽培管理技术[M]. 北京:中国林业出版社,1998:2-3.
- [4] 龙兴桂. 现代中国果树栽培[M]. 北京:中国林业出版社,2001:5-6.
- [5] 陈贻金. 中国枣树学概论[M]. 北京:中国科学出版社,1991:32-35.
- [6] 李占林,王新河,肖小威. 新疆栽培枣树有利的气候条件[J]. 落叶果树,2006(1):18-19.
- [7] 周莉蓉,翟慧玲. 加强新疆红枣流通的合理化建议[J]. 果树花卉,2007(11):40-42.
- [8] 李占林,刘晓红,王新河. 新疆枣树害虫的发生与无公害防治技术[J]. 新疆林业,2008(2):41-42.
- [9] 史彦江,宋峰惠. 新疆红枣高效栽培技术讲座(一)[J].

农村科技,2007(1):34-35.

- [10] 于亚军,李军,贾志宽,等. 旱作农田水肥耦合研究进展[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(3):220-224.
- [11] 谢伟,黄璜,沈建凯,等. 植物水肥耦合研究进展[J]. 作物研究,2007,21(5):541-545.
- [12] 肖自添,蒋卫杰,余宏军. 作物水肥耦合效应研究进展[J]. 作物杂志,2007(6):18-22.
- [13] 文宏达,刘玉柱,李晓丽,等. 水肥耦合与旱地农业持续发展[J]. 土壤与环境,2002,11(3):315-318.
- [14] 安华明. 肥水耦合对柑橘产量和品质的影响[J]. 耕作与栽培,2007(5):18-19.
- [15] 朱德兰,王文娥,楚杰. 黄土高原丘陵区红富士苹果水肥耦合效应研究[J]. 干旱地区农业研究,2004,22(1): 152-155.
- [16] 王斌,李怀有,王志雄. 黄土高原沟壑区苹果园的水肥耦合试验研究[J]. 土壤肥料,2000(2):49-51.
- [17] 邱继水,魏岳荣,杨护,等. 水肥耦合微喷灌溉对香蕉生长和产量的影响[J]. 灌溉排水学报,2007,26(2):99-101.