

# 基于灰枣产量和品质的水氮耦合效应研究

柴仲平<sup>1</sup>, 王雪梅<sup>2</sup>, 孙霞<sup>1</sup>, 蒋平安<sup>1</sup>, 芦修文<sup>1</sup>

(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的水氮处理,通过水氮耦合模型建立与分析,研究了水、氮二因素对灰枣产量与品质的影响。结果表明:在设计水平范围内,增加土壤含水量会降低灰枣果实的单果重,而适量增施氮肥能提高灰枣产量;土壤中水分和氮素含量过高会降低灰枣果实还原糖与 Vc 含量,蛋白质的含量却随着土壤中氮肥量的增加而增加;水、氮二因素对灰枣产量、糖度、Vc、蛋白质含量的作用顺序均为:施氮量>灌水量,水氮对产量具有协同效应,对灰枣还原糖、Vc 和蛋白质含量交互作用不明显;以产量和品质为目标,推荐灌水量和施氮量分别为:4 500~5 250 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>和 225~375 kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词:**滴灌;水氮耦合;灰枣;产量;品质

中图分类号:S665.106<sup>+</sup>.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)05-0263-04

## Study on Coupling Effect of Water and N Based on Yield and Quality of Huizao Jujube

CHAI Zhong-ping<sup>1</sup>, WANG Xue-mei<sup>2</sup>, SUN Xia<sup>1</sup>, JIANG Ping-an<sup>1</sup>, LU Xiu-wen<sup>1</sup>

(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:** By designing different treatments of water(W) and N under drip irrigation, the coupling influence of water and N on yield and quality of Huizao jujube was studied through the establishment and analysis of model. The results show that it can reduce the single fruit weight to irrigate more water to soil in range of designed level, but it can increase the yield to apply more fertilizer N. If the contents of water and N are all much higher in soil, they can reduce the contents of revertose and vitamin C in fruit of Huizao jujube. But the content of protein is increased with fertilizer N increasing. The role of water and N to yield, contents of revertose, vitamin C and protein in fruit of Huizao jujube is in order of N>W, the interaction effect of water and N is coordination for yield, but there is no interaction effect of water and N for contents of revertose, vitamin C and protein. Taking the yield and quality as optimal composite scheme, the quantity of watering is 4 500~5 250 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, the quantity of N is 225~375 kg/hm<sup>2</sup>.

**Key words:** drip irrigation; coupling of water and N; Huizao jujube; yield; quality

枣树原产于我国<sup>[1-2]</sup>,是我国特有的经济树种之一<sup>[3]</sup>,主要的木本粮食树种,素有“铁杆庄稼”之称<sup>[4]</sup>。枣果营养十分丰富,是滋补佳品。目前枣果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<sup>[5]</sup>,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。西北干旱荒漠地区,光热资源充

足,昼夜温差大,适宜枣树栽培的小气候较好。但由于北方地区气候干燥,降水量少,有限降水使枣树生长期中不可避免地出现水分亏缺。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的产量及品质,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,就成为提高农业生产经济效益和干旱区农业可持续发展的必然途

收稿日期:2011-03-03

修回日期:2011-03-18

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;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

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灰枣产量和品质的影响,通过水肥模型的建立与分析,确定以产量和品质为经济目标的最佳灌水量和施肥量,以期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

研究区选在新疆兵团农一师九团二营十三连(40°34'00"N,81°17'15"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,年平均降水量 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<sup>2</sup>,年均气温 10.7℃,≥10℃活动积温约为 4 113.1℃,极端最低气温-28.4℃,无霜期约为 197 d。试验地枣园土壤类型为风沙土,土壤表层有机质含量 5.85 g/kg,碱解氮 17.44 mg/kg,速效磷 11.48 mg/kg,速效钾 72.57 mg/kg,全氮 0.27 g/kg,全磷 0.61 g/kg,全钾 3.08 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,进行生育期滴灌灌水和施 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 肥试验。滴灌施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(225 kg/hm<sup>2</sup>)与 K<sub>2</sub>O(37.5 kg/hm<sup>2</sup>)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 的情况下,共设 9 个小区(表 1),每小区 9 株树。氮肥选用“昆仑”尿素(N 含量 46%),磷肥选用云南“三环”磷酸一铵(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含量 64%),钾肥选用新疆“罗布泊”硫酸钾(K<sub>2</sub>O 含量 50%)。萌芽一开花期滴灌施入 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。全生育期共灌水 7 次,每次灌水量相同,萌芽及新梢生长期灌水 4 次(萌芽前、萌芽后、新梢生长、开花前),果实生长期灌水 3 次(坐果期、果实膨大期、果实成熟期)。供试树种为 5 a 树龄的灰枣(Huizao jujube),枣树株行距 1.5 m×3 m,树高 1.8 m,地径 6.2 cm。9 个试验小区的立地条件相同,土壤水分、肥力等条件相近,树势均生长良好。

### 1.3 测定方法

于果实成熟期(10 月上旬)进行测产并采收果实样品备室内实验分析。(1)产量测定: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;(2)品质测定:于枣树

树冠东南方向外缘、中上部果形与色泽都相对较好的果实中取样,鲜果采回后在室内通风处自然晾干,还原糖采用直接滴定法测定<sup>[6]</sup>;Vc 含量采用 2,6-二氯酚酚反滴定法测定<sup>[7]</sup>;蛋白质含量采用凯氏定氮法测定<sup>[8]</sup>。

表 1 水氮耦合试验方案

处理	结构矩阵		实施方案	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	灌水量/ (m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	N/ (kg·hm <sup>-2</sup> )
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

### 1.4 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 水氮耦合对灰枣产量与品质的影响

由表 2 可以看出,不同水氮处理对灰枣单果重、产量及品质均产生影响。单果重最大值 10.70g,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。说明土壤水分过高不利于灰枣果实单果重的提高;产量最高值 9 048 kg/hm<sup>2</sup>,出现在灌水和氮肥都适中的第 9 组处理,最小值 6 127 kg/hm<sup>2</sup>,出现在灌水适中而氮肥极度缺乏的第 8 组处理。说明土壤中氮素亏缺会影响灰枣的产量,引起枣树减产;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。还原糖、Vc 和蛋白质是衡量枣果营养品质的三个重要指标,其含量高低决定枣果的营养价值和口感,进而影响枣果的商品价值。还原糖最大含量为 405.6 g/kg,出现在灌水量和氮肥都相对亏缺的第 4 组处理,最小含量为 377.9 g/kg,出现在灌水量和氮肥都相对丰富的第 1 组处理。说明土壤水分和氮素含量过高会降低枣果含糖量;Vc 最大含量 3 772.4 mg/kg,出现在灌水量和氮肥都相对适中的第 9 组处理,最小含量 3 598.6 mg/kg,出现在灌水量和氮肥都相对丰富的第 1 组处理。说明土壤水分和氮素含量过高也会降低枣果 Vc 含量;蛋

白质最大含量 3.10%,出现在灌水适中而氮肥极丰的第 7 组处理,最小含量 2.25%,出现在灌水适中而

氮肥极度缺乏的第 8 组处理。说明随着施入氮肥量的增多枣果中蛋白质的含量也会相应增加。

表 2 不同水氮处理的灰枣产量与品质

施肥处理	单果重/g	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	还原糖/(g·kg <sup>-1</sup> )	Vc/(mg·kg <sup>-1</sup> )	蛋白质/%
水氮 1	9.58ab	7988b	377.9e	3598.6e	2.80c
水氮 2	9.56ab	6978c	390.9cd	3601.0de	2.46de
水氮 3	9.40b	7320bc	392.8cd	368.6bc	2.66cd
水氮 4	10.70a	7143c	405.6a	3691.0bc	2.30ef
水氮 5	9.24b	7691b	388.2d	3647.4cd	3.03ab
水氮 6	9.96ab	7235bc	398.9b	3684.2bc	2.85bc
水氮 7	10.19ab	8476a	385.0d	3691.9ab	3.10a
水氮 8	9.32b	6127d	390.1cd	3643.3cd	2.25f
水氮 9	9.74ab	9048a	399.2b	3772.4a	3.06a

注:不同小写字母表示差异显著  $p < 0.05$ 。

## 2.2 水氮耦合模型建立

当前,旱作农田水肥耦合效应模型大多采用多元回归方程,即以水分和不同的营养物质或肥料为自变量,以产量和品质为因变量建立水肥回归模型,并通过计算机模拟,提出不同产量水平下各因素的最佳组合。

2.2.1 产量效应模型 将灰枣产量( $Y_1$ )与灌溉水量( $X_1$ )、氮肥施入量( $X_2$ )进行二次多项式逐步回归分析,得关系式:

$$Y_1 = 241.9307 + 1.1470X_1 + 12.3605X_2 - 0.0017X_1^2 - 0.2896X_2^2 + 0.0056X_1X_2$$

( $R=0.9477, F=5.2872$ , 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灰枣产量为经济目标时,各个因素的最佳组合为:灰枣产量( $Y_1$ )9 159 kg/hm<sup>2</sup>,灌溉水量( $X_1$ )5 607 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,氮肥施入量( $X_2$ )374.40 kg/hm<sup>2</sup>。水、氮二因素对灰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。

2.2.2 糖度效应模型 将灰枣还原糖含量( $Y_2$ )与灌溉水量( $X_1$ )、氮肥施入量( $X_2$ )进行二次多项式逐步回归分析,得关系式:

$$Y_2 = 39.5045 - 0.0025X_1 - 0.0818X_2 - 0.0000082X_1^2 - 0.0028X_2^2$$

( $R=0.9319, F=6.5980$ , 显著水平  $p=0.0474$ , 剩余标准差  $S=0.4262$ , 调整后的相关系数  $R_a=0.8584$ );通过模型分析得出以灰枣糖度为经济目标时,各个因素的最佳组合为:灰枣还原糖含量( $Y_2$ )403.1 g/kg,灌溉水量( $X_1$ )2 340 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,氮肥施入量( $X_2$ )220.95 kg/hm<sup>2</sup>。水、氮二因素对灰枣糖度的作用顺序为:施氮量 > 灌水量,水氮之间交互作用不明显。

2.2.3 Vc 效应模型 将灰枣 Vc 含量( $Y_3$ )与灌溉水

量( $X_1$ )、氮肥施入量( $X_2$ )进行二次多项式逐步回归分析,得关系式:

$$Y_3 = 346.8960 + 0.1167X_1 + 1.2157X_2 - 0.0002X_1^2 - 0.0291X_2^2$$

( $R=0.9119, F=4.9398$ , 显著水平  $p=0.0755$ , 剩余标准差  $S=3.0988$ , 调整后的相关系数  $R_a=0.8144$ );通过模型分析得出以灰枣 Vc 含量为经济目标时,各个因素的最佳组合为:灰枣 Vc 含量( $Y_3$ )3 775.6 mg/kg,灌溉水量( $X_1$ )4 618 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,氮肥施入量( $X_2$ )313.35 kg/hm<sup>2</sup>。水、氮二因素对灰枣 Vc 含量的作用顺序为:施氮量 > 灌水量,水氮之间交互作用不明显。

2.2.4 蛋白质效应模型 将灰枣蛋白质含量( $Y_4$ )与灌溉水量( $X_1$ )、氮肥施入量( $X_2$ )进行二次多项式逐步回归分析,得关系式:

$$Y_4 = 1.5926 + 0.0031X_1 + 0.0676X_2 - 0.000004X_1^2 - 0.0013X_2^2$$

( $R=0.8987, F=4.1991$ , 显著水平  $p=0.0968$ , 剩余标准差  $S=0.2019$ , 调整后的相关系数  $R_a=0.7844$ );通过模型分析得出以灰枣蛋白质含量为经济目标时,各个因素的最佳组合为:灰枣蛋白质含量( $Y_4$ )3.12%,灌溉水量( $X_1$ )6 000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,氮肥施入量( $X_2$ )400.05 kg/hm<sup>2</sup>。水、氮二因素对灰枣蛋白质含量的作用顺序为:施氮量 > 灌水量,水氮之间交互作用不明显。

## 3 讨论

水肥是农业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作物生长的作用不是孤立的,而是相互影响的。本研究针对滴灌条件下基于产量和品质的灰枣水氮耦合模型

建立与分析,结果表明不同水氮处理对灰枣果实产量及品质均产生了一定影响。在设计水平范围内,增加土壤含水量会降低灰枣果实的单果重,适量增施氮肥能提高灰枣果实产量;水和氮的产量效应趋势均呈抛物线形,水的正效应和负效应都相对明显,而氮肥的正效应明显,负效应平缓,这与蒋万峰<sup>[9]</sup>等人的研究结果相吻合。土壤中水分和氮素含量过高会降低灰枣果实还原糖与 Vc 含量,而蛋白质的含量却随着土壤中氮肥量的增加而增加,这与曹毅<sup>[10]</sup>等人的研究结果相似。新疆地处干旱区,枣树生长期气温高、降水少,特别是沙质土壤中有效营养成分普遍缺乏,因此凡是增加土壤水分和肥料投入的技术措施均会对枣树产量和品质产生影响,所以选择正确的灌溉方式、定额及肥料种类和用量进行灌水施肥意义尤为重要。本研究仅设计水、氮二因素在灰枣生产上进行初步研究,至于其它不同的肥料搭配对灰枣还会产生怎样的影响?尚有待进一步的研究与探讨。

## 4 结论

在新疆南部环塔里木盆地沙质土壤灰枣生产区,滴灌条件下合理灌水和施肥对提高灰枣果实产量与改善品质有较大作用。在设计水平范围内,增加土壤含水量会降低灰枣果实的单果重,适量增施氮肥能提高灰枣果实产量;土壤水分和氮素含量过高会降低灰枣果实还原糖与 Vc 含量,蛋白质的含量却随着土壤中氮肥量的增加而增加;水、氮二因素对灰枣产量、糖度、Vc、蛋白质含量的作用顺序均为:施氮量 > 灌水

量,水氮对产量具有协同效应,对灰枣还原糖、Vc 和蛋白质含量交互作用不明显;在滴灌施  $P_2O_5$  ( $225 \text{ kg/hm}^2$ ) 与  $K_2O$  ( $37.5 \text{ kg/hm}^2$ ) 为前提的条件下,以灰枣产量和品质为经济目标,推荐滴灌灌水量和施氮量分别为:  $4\ 500 \sim 5\ 250 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  和  $225 \sim 375 \text{ kg/hm}^2$ 。

### 参考文献:

- [1] 曲泽洲,王永蕙. 中国果树志·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] 中华人民共和国卫生部、中国国家标准化管理委员会. 食品卫生检验方法理化部分(一)中华人民共和国国家标准 GB/T5009.1-5009.100-2003[S]. 2003.
- [7] 张丙春,聂燕,孟立灰. 水果、蔬菜有色浸提液中 Vc 的测定:反滴定法[J]. 食品研究与开发,2001,22(3):54-55.
- [8] Waters 色谱通讯-Accq. Tag 专集[C]. Waters 中国有限公司,1997.
- [9] 蒋万峰,周建斌. 氮磷钾化肥配合施用对无核白葡萄品质与产量的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2009,10(3):4-8.
- [10] 曹毅,李春梅,罗鑫. 不同肥料搭配对京水菜生长、产量及品质的影响[J]. 西南大学学报:自然科学版,2009,31(2):48-51.
- [10] 姜琦刚,高村弘毅,后藤真太郎. 中国新疆且末绿洲土地利用变化及驱动力分析[J]. 吉林大学学报,2003,33(1):83-86.
- [11] 魏光辉,王勇,曹伟. 车尔臣河流域水面蒸发折算系数分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2008,2(1):35-37.
- [12] 瓦哈甫·哈力克,穆艾塔尔·赛地,杨玲. 绿洲规模与绿洲经济发展关系定量研究[J]. 农业系统科学与综合研究,2008,24(2):243-248.
- [13] 瓦哈甫·哈力克,塔西甫拉提·特依拜海,米提·依米提,等. 克里雅河流域水资源利用及其生态环境响应研究[J]. 农业科学与综合研究,2006,22(4):283-287.
- [14] 新疆巴州水利水电勘测设计院. 新疆农业大学水利水电设计研究院. 新疆且末县车尔臣河灌区续建配套与节水改造总体规划[R]. 2000.
- [15] 李文贺. 水资源利用与保护[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [16] 周维博,施炯林,杨路华. 地下水利用[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.

(上接第 262 页)

- [3] 阿布都拉·麦合木提,阿地力·肉孜,阿不都克依木·阿布力孜,等. GIS 支撑下的且末县水资源及其利用的空间分异研究[J]. 现代农业科技,2008(15):318-321.
- [4] 王让会. 且末绿洲的现状与发展[J]. 新疆环境保护,1996,18(4):19-23.
- [5] 王让会. 且末绿洲的自然灾害及减灾对策[J]. 干旱区研究,1997,14(4):69-72.
- [6] 阿布都热合曼·哈力克,瓦哈甫·哈力克,卞正富. 且末绿洲生态安全及其生态补偿长效机制研究[J]. 新疆农业科学,2009,46(4):900-906.
- [7] 唐新军,马英杰,车尔臣河灌区节水改造对周边及下游生态环境的影响[J]. 节水灌溉,2002(1):18-19.
- [8] 杜晓梅,瓦哈甫·哈力克,于茜,等. 且末绿洲系统稳定性影响因子初探[J]. 农业系统科学与综合研究,2007,23(4):452-458.
- [9] 王让会,孙洪波,赵振勇. 新疆且末绿洲土地利用变化机制与驱动力分析[J]. 干旱区地理,2005,28(6):849-855.