

## 水氮互作对红枣光合特性与产量的影响

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

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

**摘 要:**以滴灌为条件、设置不同水肥处理,研究水氮互作对红枣光合、产量与品质的影响。结果表明:土壤中增施氮素有利于枣树叶片的净光合速率,而增加土壤水分则会导致枣树叶片的蒸腾速率增大;在设计水平范围内,增加土壤含水量会降低红枣果实的单果重和果形指数;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;土壤水分和氮素含量过高会降低红枣果实还原糖与 VC 含量,蛋白质的含量却随着土壤中氮肥量的增加而增加。

关键词: 滴灌; 水氮互作; 红枣; 光合特性; 产量

中图分类号: S 665.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-009(2010)19-0001-04

枣树原产于我国<sup>[1-3]</sup>, 是我国特有的经济树种之一<sup>[3]</sup>。枣果营养十分丰富, 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<sup>[3]</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, 有适宜枣树栽培的小气候。但由于北方地区气候干燥, 降水量少, 有限降水在时空分布使红枣生长期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红枣产量及品质, 探讨水肥互作效应, 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径。该研究利用滴灌方式科

学调控红枣生育期内养分的摄入,探索滴灌条件下不同水氮处理对红枣光合、产量与品质的影响,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

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, 平均年降水量在 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  $9\,733\text{ MJ/m}^2$ , 年均气温  $10.7^{\circ}\text{C} \geq 10^{\circ}\text{C}$  活动积温约为  $4\,113.1^{\circ}\text{C}$ , 极端最低气温  $-28.4^{\circ}\text{C}$ , 无霜期约为 197 d, 土壤类型主要为风沙土。

表 1 试验地土壤理化状况

Table 1 The physicochemical characters of the soil at experiment field

试验地点	土壤质地	有机质	碱解氮	速效磷	速效钾	全氮	全磷	全钾
Experiment field	Soil texture	Organic matter	Available N	Available P	Available K	Total N	Total P	Total K
		/g · kg <sup>-1</sup>	/mg · kg <sup>-1</sup>	/mg · kg <sup>-1</sup>	/mg · kg <sup>-1</sup>	/g · kg <sup>-1</sup>	/g · kg <sup>-1</sup>	/g · kg <sup>-1</sup>
9团 13连	沙土	5.85	17.44	11.48	72.57	0.27	0.61	3.08

**第一作者简介:** 柴仲平(1974), 男, 甘肃永昌人, 在读博士, 讲师, 研究方向为土壤质量和植物营养。E-mail: zhongpingchai@yahoo.com.cn

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

**基金项目:**新疆维吾尔自治区科技攻关(含重大专项)和重点项目计划资助项目(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项目;土壤学自治区重点学科资助项目。

收稿日期: 2010-05-25

### 1.2 试验材料与试验设计

该研究选择红枣为研究对象, 进行生育期滴水和  $N$ 、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$  肥试验。滴灌施  $P_2O_5$  ( $15 \text{ kg}/667\text{m}^2$ ) 与  $K_2O$  ( $2.5 \text{ kg}/667\text{m}^2$ ) 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,  $m=2$  的情况下, 共设 9 个小区, 每小区 9 株树。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%)。萌芽至开花期滴灌施入 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%的磷肥和 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(坐果、果实膨大、果实成熟期)。供试树种为 5 a 树龄的灰枣(*Jujuba*), 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 2 水氮耦合试验方案

Table 2 The experiment scheme under coupling of water and nitrogen

处理 Treatments	结构矩阵 Construction matrix		总量实施方案 Application scheme	
	$X_1$	$X_2$	667 m <sup>2</sup> 灌水量 Irrigation of 667 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	667 m <sup>2</sup> 施 N 量 Nitrogen fertilizer of 667 m <sup>2</sup> /kg
1	1	1	527	34
2	1	-1	527	6
3	-1	1	173	34
4	-1	-1	173	6
5	1.414	0	600	20
6	-1.414	0	100	20
7	0	1.414	350	40
8	0	-1.414	350	0
9	0	0	350	20

1.3 试验方法

于果实成熟期(10 月上旬)进行测产并采收果实样品备室内试验分析。每处理随机测 3 株单产, 折算 667 m<sup>2</sup> 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。鲜果采回后在室内通风处自然晾干, 还原糖和总糖采用直接滴定法测定<sup>[6]</sup>; VC 含量采用 2,6-二氯酚反滴定法测定<sup>[7]</sup>; 蛋白质含量采用凯氏定氮法测定<sup>[8]</sup>; 矿物质元素采用原子吸收法测定<sup>[6]</sup>。

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 水氮互作对净光合速率(Pn)和蒸腾速率(Tr)及其日变化的影响

不同水氮处理下枣树叶片的净光合速率和蒸腾速率日变化曲线均呈单峰型(图 1), 净光合速率在 11:00 时达到最高, 大约为 21.2  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 出现在水量极丰氮素适度的第 5 组处理, 而在 19:00 时达到最低值 2.8  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 出现在灌水相对丰富氮素却相对缺乏的第 2 组处理。蒸腾速率在 15:00 时达到最高, 大约为 6.73  $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 出现在水量适度氮素极丰的第 7 组处理, 而在 9:00 时达到最低值 1.35  $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 出现在灌水量和氮素都相对丰富的第 1 组处理。

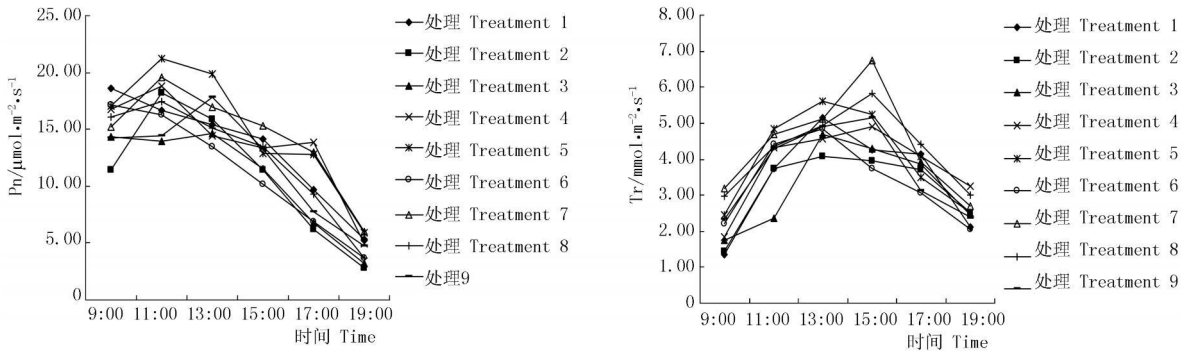


图 1 不同水氮处理的枣树叶片净光合速率和蒸腾速率日变化

Fig. 1 Diurnal variations of Pn and Tr of *Zizyphus Jujube* leaves under coupling of water and nitrogen

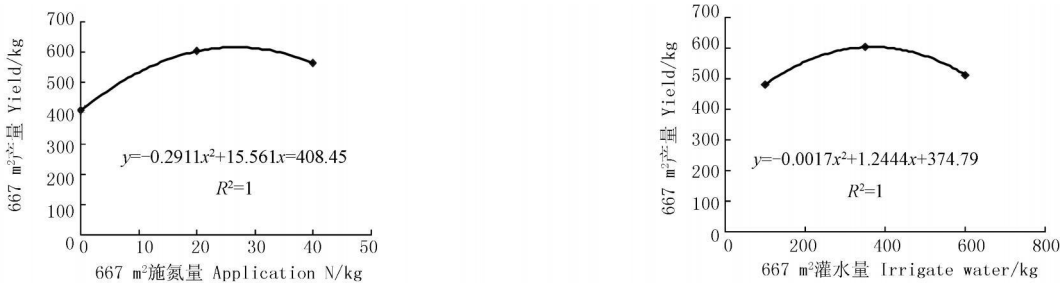


图 2 水、氮量与产量效应

Fig. 2 The effect of yield under different quantity of water and nitrogen

2.2 水氮互作对红枣果实形状与产量的影响

由表 3 可知, 不同水氮处理对红枣单果重、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 603. 21 kg/ 667m<sup>2</sup>, 出现在灌水和氮肥都适中的第 9 组处理, 最小值 408. 45 kg/ 667m<sup>2</sup>, 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。在设计水平范围内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。

表 3 不同水氮处理的红枣果实形状与产量

Table 3 The yield and fruit shape index of *Zizyphus jujube* under coupling of water and nitrogen

水、氮处理 Water and nitrogen treatments	单果重 Single fruit weight/ g	果形指数 Fruit shape index	667m <sup>2</sup> 产量 Yield/ kg
1	9. 58 ab	1. 58 a	532. 54 b
2	9. 56 ab	1. 60 a	465. 19 c
3	9. 40 b	1. 58 a	487. 98 bc
4	10. 70 a	1. 57 a	476. 19 c
5	9. 24 b	1. 62 a	512. 75 b
6	9. 96 ab	1. 61 a	482. 32 bc
7	10. 19 ab	1. 51 a	565. 07 a
8	9. 32 b	1. 55 a	408. 45 d
9	9. 74 ab	1. 61 a	603. 21 a

注: 同列数值不同字母表示差异达 5% 显著水平。以下同。  
Note: Different letter in the same precedence represent a significant level of 5%. The same below.

2.3 水氮互作对红枣果实品质的影响

由表 4 可知, 不同水氮处理对红枣果实内在品质产生了一定影响。总糖、还原糖最大含量分别为 73. 13 g/ 100g 和 40. 56 g/ 100g, 出现在灌水量和氮肥都相对亏缺的第 4 组处理。说明土壤水分和氮素含量过高会降低红枣果实糖分; VC 最小含量 359. 86 mg/ 100g, 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红枣果实 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。说明随着施入土壤中氮肥量的增多红枣果实中蛋白质的含量也会相应增加。

2.4 水氮互作模型建立

当前, 旱作农田水肥互作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。该研究分别将红枣产量(Y)与灌溉水量(X<sub>1</sub>)、氮肥施入量(X<sub>2</sub>)进行二次多项式逐步回归分析, 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 Ra=0. 8534); 通过模型分析得出以红枣产量为经济目标时, 各个因素的最佳组合为: 红枣产量(Y) 610. 58 kg/ 667m<sup>2</sup>, 灌溉水量(X<sub>1</sub>) 373. 80 m<sup>3</sup>/ 667m<sup>2</sup>, 氮肥施入量(X<sub>2</sub>) 24. 96 kg/ 667m<sup>2</sup>。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。

表 4 不同水氮处理的红枣果实品质

Table 4 The fruit quality of *Zizyphus jujube* under coupling of water and nitrogen

水、氮处理 Water and nitrogen treatments	总糖 Total sugar / g ° (100g) <sup>-1</sup>	还原糖 Revertose / g ° (100g) <sup>-1</sup>	VC Vitamin C / mg ° (100g) <sup>-1</sup>	蛋白质 Protein/ %
1	68. 72 f	37. 79 e	359. 86 e	2. 80 c
2	70. 65 e	39. 09 cd	360. 10 de	2. 46 de
3	71. 61 cd	39. 28 cd	368. 26 bc	2. 66 cd
4	73. 13 a	40. 56 a	369. 10 bc	2. 30 ef
5	70. 31 e	38. 82 d	364. 74 cd	3. 03 ab
6	72. 68 ab	39. 89 b	368. 42 bc	2. 85 bc
7	72. 24 bc	38. 50 d	369. 19 ab	3. 10 a
8	71. 44 d	39. 01 cd	364. 33 cd	2. 25 f
9	72. 52 ab	39. 92 b	377. 24 a	3. 06 a

3 讨论与小结

水、肥是农业生产的二大主要因素, 也是可以调控的二大重要技术措施。水分和养分对作物生长的作用不是孤立的, 而是相互作用相互影响的。该研究针对水氮互作对红枣光合、产量与品质的影响分析, 结果表明不同水氮处理对红枣光合、产量及果实品质均产生了一定影响。对于红枣的光合特性, 土壤中增施氮素有利于枣树叶片的净光合速率, 而增加土壤水分则会导致枣树叶片的蒸腾速率增大。在设计水平范围内, 增加土壤含水量会降低红枣果实的单果重和果形指数; 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。土壤水分和氮素含量过高会降低红枣果实还原糖与 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。通过模型建立与分析得出以红枣产量为经济目标时, 各个因素的最佳组合为: 红枣产量(Y) 610. 58 kg/ 667m<sup>2</sup>, 灌溉水量(X<sub>1</sub>) 373. 80 m<sup>3</sup>/ 667m<sup>2</sup>, 氮肥施入量(X<sub>2</sub>) 24. 96 kg/ 667m<sup>2</sup>。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。

## 参考文献

- [1] 曲泽洲,王永蕙. 中国枣树志[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] 中华人民共和国国家标准 GB/T 5009.1-5009.100-2003. 食品卫生检

- 验方法理化部分(一)[S]. 中华人民共和国卫生部. 中国国家标准化管理委员会发布, 2003.
- [7] 张丙春, 聂燕, 孟立红, 等. 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] 郑建仙. 功能性食品[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000: 788-790.
- [10] 毛远. 原子吸收测定红枣矿质元素的预处理[J]. 果树科学, 1992, 9(4): 246-248.

# Influence on Yield and Fruit Quality of *Zizyphus jujube* under Interactions of Water and Nitrogen

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

(1. College of pratacultural and environmental Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052; 2. College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054)

**Abstract:** Designed different treatments of water and fertilizer under drip irrigation, and studied photosynthetic characteristics, yield and fruit quality of *Zizyphus jujube* under interactions of water and nitrogen. The results showed that it was advantage for Pn of *Zizyphus jujube* leaves to apply more fertilizer nitrogen in soil. And it can increase Tr of *Zizyphus jujube* leaves by dropping more water in soil. It could reduce the single fruit weight and fruit shape index to irrigate more water to soil in range of designed level. The effects of yield under different quantity of water and nitrogen take on throwing lines. The positive effect and negative effect of water were all obvious. The positive effect of nitrogen was obvious, but negative effect was not. If the contents of water and nitrogen were all much higher in soil, they could reduce the contents of revertose and vitamin C in fruit of *Zizyphus jujube*. But the content of protein was increased with fertilizer nitrogen increasing.

**Key words:** drip irrigation; interactions of water and nitrogen; *Zizyphus jujube*; photosynthetic characteristics; yield

立足辽宁 面向全国 科技园地 生产指南 双月刊 大16开 快节奏 应农时

## 欢 迎 订 阅 《 北 方 果 树 》

主管单位: 辽宁省农业科学院

欢迎在本刊刊登广告

主办单位: 辽宁省果树科学研究所 沈阳农业大学园艺学院 辽宁省果树学会

主要栏目: 专题论述、试验研究、生产经验、调查(考察)报告、科普讲座、生产建议、果业产业化、典型介绍、绿色果品、百果园、工作论坛、国外见闻、来稿摘登、市场信息、报刊摘引与会议等。

技术范围: 落叶果树(含经济林)、西甜瓜和草莓等新品种的选育、引进、品种特性与配套栽培技术; 土壤管理与肥料的科学施用; 病虫害的发生规律与防治技术; 植物生长调节剂及其应用; 组织培养与脱毒技术; 果品贮藏与加工; 产业化经营与集约化栽培; 果园机械与果园管理机械化等。

读者对象: 果树科技人员、农林院校师生、各级果业主管部门与技术行政部门领导与业务干部、广大果树生产者和产品经销者等。

刊期与开本: 双月刊, 单月10日出版, 大16开本, 64页, 彩色四封。

定价与发行: 每期定价5.00元 全年6期30.00元。邮发代号: 8-213 全国各地邮局(所)办理订阅 编辑部随时可订, 款到发刊 免费邮寄, 需挂号邮寄 每册另加3.00元 年加18.00元 欢迎以乡(镇)、村统一订阅(20册以上免收挂号费)。

编辑部地址: 辽宁省营口市熊岳镇铁东街《北方果树》编辑部 邮编: 115009

联系电话: 0417-7848206(兼传真), 7033159, 7032701 电子信箱: lgqbs.cn@yahoo.com.cn