

沼肥施用方式对红枣光合特性与水分利用效率的影响研究

柴仲平¹, 王雪梅², 孙霞¹, 蒋平安¹, 何倩¹

(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: 研究不同沼肥施用方式(沼液根施、喷施、涂干、随水滴灌)下的红枣光合特性及其水分利用效率变化。结果表明:不同沼肥施用方式下枣树叶片的叶绿素含量、叶面积指数以及净光合速率的变化趋势较为一致,均为沼液喷施>涂干>对照>滴施>根施;蒸腾速率和气孔导度日均值为沼液滴灌>喷施>对照>根施>涂干;胞间CO₂浓度日均值为沼液根施>滴施>对照>涂干>喷施,而气孔限制值日均值则表现与其相反;水分利用效率日均值为沼液涂干>喷施>对照>滴施>根施。沼肥应用效果以沼液喷施为最佳。

关键词: 沼肥; 红枣; 光合特性; 水分利用效率

中图分类号: S665.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)03-0119-04

随着人类健康意识增强,人们对有机食品需求不断增加,因而对有机肥需求量大增^[1]。沼肥就是一种优质高效有机肥,尤其施用于果树。它不仅显著地改良土壤,确保果树生长所需的良好微生态环境,还有利于增强其抗冻、抗旱能力,减少病虫害^[2]。沼肥的全氮、全磷、全钾含量均高于人粪尿和猪粪,有机质含量比人粪尿高5~6倍,比猪粪高2~3倍,所以沼肥增产效果显著^[3]。果树施用沼肥后土壤理化性状明显改善,通透性明显增强,土壤中有机质、全氮、全磷增加,容重下降2%,孔隙度增加2%,自然团粒总数增加1.5~3倍,水稳性团粒增加8.5%~20.5%。土壤保水保肥能力增加,肥力逐步上升^[4]。另外果树喷施沼液对蚜虫除治率可达95%以上^[5]。近几年,新疆特色林果业生产快速发展,已成为中国水果生产大区之一。特别是新疆南部5地(州)现有果树面积20万hm²,在今后的5a内,还将发展到60万hm²。而同时,作为再生能源的基本措施,沼气化工程在新疆已逐步展开尝试。截至目前新疆农村已完成“一池三改”沼气项目户建设41991户,有80%的沼气池已投入使用。4万多沼气户中有2.5万户在南疆环塔里木盆地生态脆弱区,这必然会为南疆林果业生产提供大量的沼肥资源。因此,研究沼肥对红枣生长、品质及土壤肥效的影响,探索果树施用沼肥节本增效技术,将会为新疆合理开发利用沼肥这一丰富资源,改善果品品质,促

进无公害农产品生产提供科技支撑。本研究通过田间施用沼肥法分析比较不同的沼肥施用方式下红枣光合特性及水分利用的生理变化特点,旨在探讨沼肥在红枣生产中的应用效果并基于此来确立沼肥在红枣生产中的最佳施用方式。

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1012.62m,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42.4mm左右,年蒸发量2110.5mm,相对空气湿度50%,年均总辐射9733MJ/m²,年均气温10.7℃,≥10℃活动积温约为4113.1℃,极端最低气温-28.4℃,无霜期约为197d,土壤类型主要为风沙土。

1.2 研究材料与试验设计

本研究选择红枣树为研究对象,在统一秋施基肥5kg/棵(沼渣4.5kg和尿素0.5kg)的基础上,对红枣树采用不同的沼肥施用方式(沼液根施、喷施、涂干、随水滴灌),并将其与施用化肥的样区进行对比。整个生育期,根施、喷施、涂干和随水滴灌的沼液用量均为21kg/棵。化肥对照滴灌施N量(20kg/667m²),滴灌施P₂O₅量(15kg/667m²),滴灌施

收稿日期:2009-12-06

基金项目: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;新疆自治区科技攻关(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);土壤学新疆自治区重点学科资助

作者简介:柴仲平(1974-),男,甘肃永昌人,在读硕士,讲师,研究方向为土壤质量、植物营养。E-mail:zhongpingchai@yahoo.com.cn。

*通讯作者: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

K₂O 量(2.5 kg/667m²)。施肥共分 7 次,每次施肥量相同,萌芽及新梢生长期施肥 4 次(萌芽前、萌芽后、新梢生长、开花前),果实生长期施肥 3 次(坐果期、果实膨大期、果实成熟期)。氮肥选用尿素(N 含量 46%),磷肥选用磷酸一铵(P₂O₅ 含量 64%),钾肥选用硫酸钾(K₂O 含量 50%)。供试树种为 5 a 树龄的灰枣(*JuJuba*),5 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。

1.3 测定方法

试验于 2009 年 7 月中旬灰枣生长旺盛果实膨大时期进行,选择晴朗天气,分别测定叶片叶绿素含量、叶面积指数以及光合特性。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;利用自然光照,用 TPS-2 型光合仪对叶片进行不离体测定,从 9:00 开始测定至 19:00,每隔 2 h 测定 1 次,3 个重复。测定项目包括光合有效辐射[PAR, μmol/(m²·s)],气温(*T_a*, °C)、空气 CO₂ 浓度(*C_a*, μmol/mol)等环境因子指标,以及净光合速率[*P_n*, μmol/(m²·s)]、蒸腾速率[*T_r*, mmol/(m²·s)]、胞间 CO₂ 浓度(*C_i*, μmol/mol)、气孔导度[*G_s*, mol/(m²·s)]等光合生理特性指标。

根据记录参数计算气孔限制值 *L_s*^[6] 和水分利用效率 *WUE*^[7],其公式分别为: $L_s = 1 - (C_i/C_a)$ 、 $WUE = P_n/T_r$ 。

1.4 数据处理

利用 Microsoft EXCEL 软件计算环境因子指标和光合生理特性指标的平均值,并完成制图。

2 结果与分析

2.1 环境因子日变化

在所有测定的环境因子指标中,光合有效辐射(光强)是变化幅度最大的环境因子,由 9:00 开始[约 2 149.70 μmol/(m²·s)]随时间变化逐渐升高,13:00 左右达到最大值[约 2 282.50 μmol/(m²·s)],之后逐渐降低,19:00 时降到最低值[约 645.50 μmol/(m²·s)];气温由 9:00 时 25.64℃ 逐渐升高,至 17:00 时达到最高温度 31.25℃,随后气温逐渐下降;空气 CO₂ 浓度在 9:00 时值最大(约 381.77 μmol/mol),由于植物光合作用的消耗使空气 CO₂ 浓度下降,至 17:00 时达到最低值(约 371.58 μmol/mol),随后逐渐上升;但变化幅度较小,平均值约为 376.31 μmol/mol。

表 1 环境因子日变化

Table 1 The diurnal variations of environment factors

环境因子 Environment factor	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
光强 PAR[μmol/(m ² ·s)]	2149.70	2279.20	2282.50	1923	940.30	645.50
大气温度 <i>T_a</i> (°C)	25.64	28.25	29.82	31.21	31.25	28.80
大气 CO ₂ 浓度 <i>C_i</i> (μmol/mol)	381.77	378.67	377.65	374.09	371.58	374.09

2.2 不同沼肥施用方式对叶绿素含量和叶面积指数的影响

不同沼肥施用方式下枣树叶片的叶绿素含量及叶面积指数测定结果如图 1 所示。叶绿素含量和叶面积指数均随着沼肥施用方式的变化呈现较大幅度的波动,且变化趋势较为相似,表现为沼液喷施 > 涂干 > 对照 > 滴施 > 根施,表明在沼肥不同施用方式中喷施最有益于枣树叶片的净光合速率。

2.2 不同沼肥施用方式对蒸腾速率(*T_r*)及其日变化的影响

从图 3 可见,不同沼肥施用方式下枣树叶片的蒸腾速率日变化均呈单峰曲线。蒸腾速率在 15:00 时达到最高,大约为 5.98 mmol/(m²·s),出现在沼液滴施处理,而在 19:00 时达到最低值 1.92 mmol/(m²·s),出现在沼液涂干处理。对照、滴施和喷施处理的蒸腾速率峰值均出现在 15:00 时,而根施、涂干的蒸腾速率峰值则比前三者提前 4 h。蒸腾速率日平均值表现为沼液滴施 > 喷施 > 对照 > 根施 > 涂干。

2.3 不同沼肥施用方式对净光合速率(*P_n*)日变化的影响

不同沼肥施用方式下枣树叶片的净光合速率变化曲线均呈单峰型(图 2),净光合速率均在 11:00 时

达到最高,随后逐渐减小,在 19:00 时达到最低值。最大值约为 22.8 μmol/(m²·s),出现在沼液喷施处理,最小值为 3.95 μmol/(m²·s),出现在沼液根施处理。在日变化的各个时间点上净光合速率均表现为沼液喷施 > 涂干 > 对照 > 滴施 > 根施,表明在沼肥不同施用方式中喷施最有益于枣树叶片的净光合速率。

2.4 不同沼肥施用方式对蒸腾速率(*T_r*)及其日变化的影响

从图 3 可见,不同沼肥施用方式下枣树叶片的蒸腾速率日变化均呈单峰曲线。蒸腾速率在 15:00 时达到最高,大约为 5.98 mmol/(m²·s),出现在沼液滴施处理,而在 19:00 时达到最低值 1.92 mmol/(m²·s),出现在沼液涂干处理。对照、滴施和喷施处理的蒸腾速率峰值均出现在 15:00 时,而根施、涂干的蒸腾速率峰值则比前三者提前 4 h。蒸腾速率日平均值表现为沼液滴施 > 喷施 > 对照 > 根施 > 涂干。

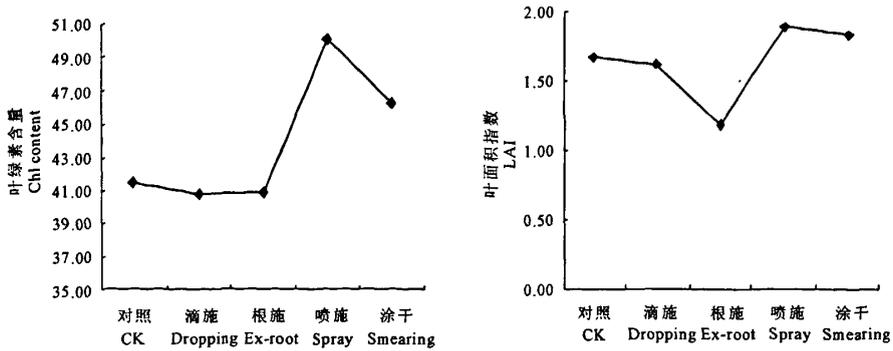


图 1 不同沼肥施用方式的叶绿素含量和叶面积指数

Fig.1 Chl content and LAI of *Zizyphus Jujube* leaves under different application ways of biogas waste fertilizer

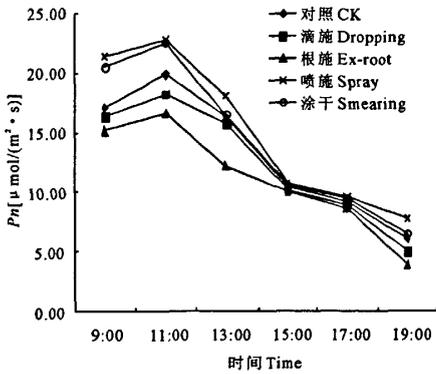


图 2 不同沼肥施用方式的枣树叶片净光合速率日变化

Fig.2 Diurnal variations of Pn of *Zizyphus Jujube* leaves under different application ways of biogas waste fertilizer

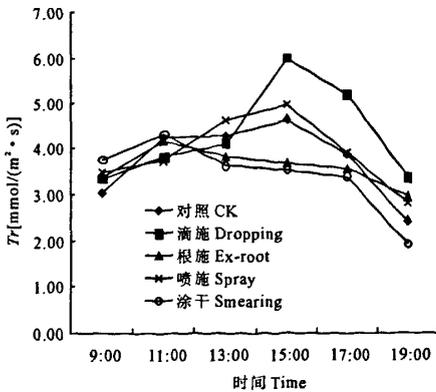


图 3 不同沼肥施用方式的枣树叶片蒸腾速率日变化

Fig.3 Diurnal variations of Tr of *Zizyphus Jujube* leaves under different application ways of biogas waste fertilizer

2.5 不同沼肥施用方式对气孔导度 (Gs) 及其日变化的影响

气孔导度是反映气孔运动的一种重要生理指标。不同沼肥施用方式下枣树叶片的气孔导度日变

化曲线呈单峰型,气孔导度在中午高、早晨和傍晚相对低(图 4);气孔导度在 13:00 时达到最高,大约为 305.5 mol/(m²·s),出现在沼液滴施处理,而在 19:00 时达到最低值 138 mmol/(m²·s),出现在沼液涂干处理。对照、滴施和喷施处理的气孔导度峰值均出现在 13:00 时,而根施、涂干的蒸腾速率峰值则比三者提前 2 h。气孔导度日平均值表现为沼液滴施 > 喷施 > 对照 > 根施 > 涂干,与不同沼肥施用方式下枣树叶片的蒸腾速率日平均变化趋势较为相似。

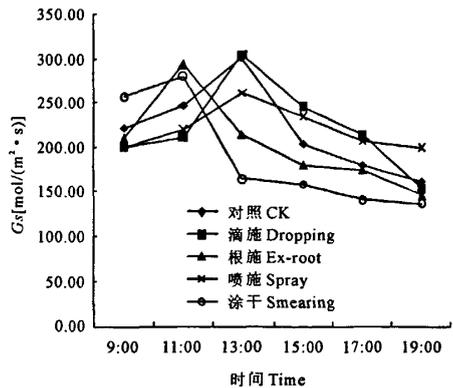


图 4 不同沼肥施用方式的枣树叶片气孔导度日变化

Fig.4 Diurnal variations of Gs of *Zizyphus Jujube* leaves under different application ways of biogas waste fertilizer

2.6 不同沼肥施用方式对胞间 CO₂ 浓度 (Ci) 和气孔限制值 (Ls) 及其日变化的影响

胞间 CO₂ 是光合作用的主要原料之一,叶片 Ci 反映了叶片进行光合作用的过程^[8]。由图 5 可知 Ci 的日变化曲线基本上与 Pn(图 2)相反,9:00 开始降低,11:00 左右达到最低,因为在该时间段净光合速率升高、CO₂ 同化加快。最低值(185.5 μmol/mol)出现在喷施处理;在 11:00 ~ 15:00,净光合速率下降,Ci 却升高;在 15:00 ~ 17:00,Ci 较为平稳,但在

17:00后净光合速率再次降低,植物对 CO₂ 利用能力下降,同时呼吸作用所释放 CO₂ 积聚在细胞间隙中,使 C_i 上升。C_i 日平均值表现为沼液根施 > 滴施 > 对照 > 涂干 > 喷施; L_s 的日变化曲线基本上与 P_n 相同,当 C_i 升高时 L_s 降低。L_s 日平均值表现为沼液喷施 > 涂干 > 对照 > 滴施 > 根施;当 P_n 和 C_i 变

化方向相反, C_i 升高时 L_s 降低,表明 P_n 降低的原因主要是非气孔因素;当 P_n 和 C_i 变化方向相同, C_i 降低的同时 L_s 升高,说明 P_n 降低的原因主要是由于气孔关闭引起的气孔因素^[9]。那么结果表明枣树日间净光合速率开始下降是由非气孔因素引起的。

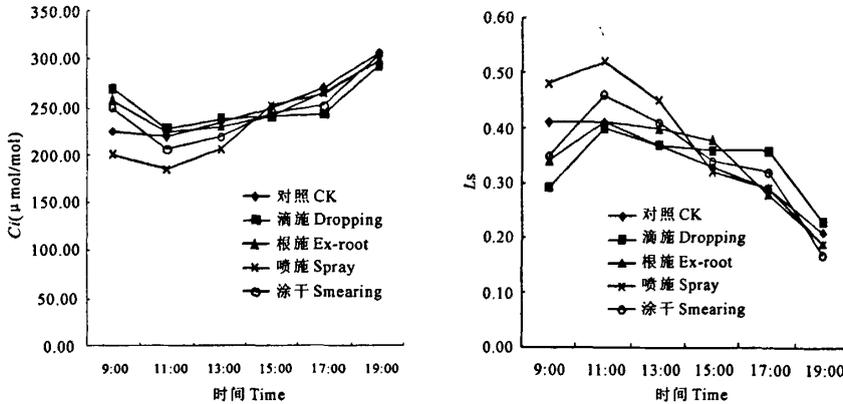


图 5 不同沼肥施用方式的枣树叶片胞间 CO₂ 浓度和气孔限制值日变化

Fig.5 Diurnal variations of C_i and L_s of *Zizyphus Jujube* leaves under different application ways of biogas waste fertilizer

2.7 不同沼肥施用方式对水分利用效率 (WUE) 及其日变化的影响

从图 6 可以看出,不同沼肥施用方式对枣树叶片的水分利用效率有显著影响。枣树叶片的水分利用效率在 9:00 达最大值,最大值(6.09 μmol/mmol)出现在喷施处理;在 9:00 ~ 11:00 间,枣树叶片的水分利用效率较高且变化幅度较小,11:00 以后水分利用效率急剧下降;与光合速率日变化相比,枣树叶片的水分利用效率峰值出现更早,9:00 左右出现高峰,11:00 后随着蒸腾速率的持续上升,水分利用效率开始迅速下降,到 15:00 时达到“低谷”;15:00 以后,随着光合有效辐射和蒸腾速率的缓慢下降,水分利用效率也随之发生变化,有波动但变化幅度不大。不同沼肥施用方式下枣树叶片的水分利用效率日平均值表现为沼液涂干 > 喷施 > 对照 > 滴施 > 根施。

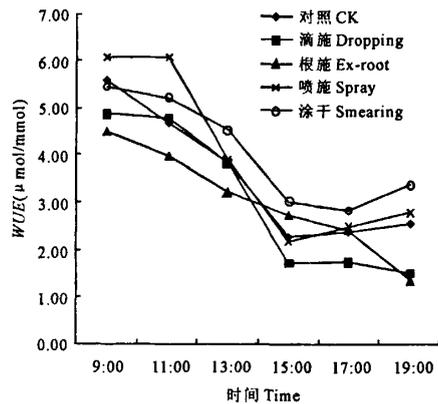


图 6 不同沼肥施用方式的枣树叶片水分利用效率日变化
Fig.6 Diurnal variations of WUE of *Zizyphus Jujube* leaves under different application ways of biogas waste fertilizer

3 结论

植物叶片的净光合速率受到光合有效辐射、CO₂ 浓度、气温、相对湿度等多个环境因子的影响,同时光、温、水、气等生态因子变化又可引起植物生理因子变化,外在生态环境条件和内在生理因子共同影响植物光合作用特性。在本研究中,不同沼肥施用方式对枣树叶片叶绿素含量、叶面积指数以及光合特性和水分利用效率都产生了不同程度的影响。不同沼肥施用方式下枣树叶片的叶绿素含量和叶面

积指数变化趋势较为相似,表现为沼液喷施 > 涂干 > 对照 > 滴施 > 根施;净光合速率在日变化的各个时间点上表现为沼液喷施 > 涂干 > 对照 > 滴施 > 根施;蒸腾速率和气孔导度日平均值表现为沼液滴施 > 喷施 > 对照 > 根施 > 涂干;胞间 CO₂ 浓度日平均值表现为沼液根施 > 滴施 > 对照 > 涂干 > 喷施,而气孔限制值日平均值则表现与其相反;水分利用效率日平均值表现为沼液涂干 > 喷施 > 对照 > 滴施 > 根施。不同沼肥施用方式中以沼液喷施效果为最佳。

(下转第 168 页)

table discrepancy of the change tendency in 72 hours compared to CK. (2) The NAA can not completely replace IAA, but can change remarkably the tendency of the content of IAA, CTK and GA 3 to keep the stability of ABA content. (3) It is suggested that there is restrictive relationship among different hormones in cotton inverse fourth leaf; NAA can lower the ratio of hormone of premature senility and growth. After decapitation, the balance relation of hormones in cotton inverse fourth leaf is broken, and the ratios of ABA/IAA and ABA/CTK are greatly increased in inverse fourth leaf, and all these become the physiological reason of cotton premature senility.

Keywords: decapitation; cotton; inverse fourth leaf; endogenous hormone; premature senility

(上接第 122 页)

参考文献:

- [1] 刘海龙, 高艳丽. 红枣施用沼液试验报告[J]. 中国沼气, 2007, 25(3):34—35.
- [2] 刘勇, 胡俊林, 刘善军, 等. 施用沼液对柑桔生长与结果的影响[J]. 中国沼气, 1999, 17(3):33—34.
- [3] 史作亮, 赵体顺, 赵天榜, 等. 林业技术手册[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1988:82—83.
- [4] 李建军, 袁向前, 马丽, 等. 沼肥在果树生产中的综合应用[J]. 河南林业科技, 2009, 29(1):61—63.
- [5] 虞方伯, 何健, 管晓进, 等. 沼气发酵残余物的综合利用及其在现代农业生产中的意义[A]. 王锡吾. 沼气产业化发展研讨会论文集选编[C]. 2005:58—62.
- [6] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982, 33:317—345.
- [7] Nijs I, Ferris R, Blum H, et al. Stomatal regulation in a changing climate: A field study using free air temperature increase (FATI) and free air CO₂ enrichment (FACE)[J]. Plant, Cell and Environment, 1997, 20:1041—1050.
- [8] 毛培利, 曹帮华, 宋绪忠, 等. 干旱胁迫下刺槐无性系光合生理适应性研究[J]. 浙江林业科技, 2007, 27(4):34—37.
- [9] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982, 33:317—345.

Influence of different application ways of biogas waste fertilizer on photosynthetic characteristics and water use efficiency of *Zizyphus Jujube*

CHAI Zhong-ping¹, WANG Xue-mei², SUN Xia¹, JIANG Ping-an¹, HE Qian¹

(1. College of Pratacultural and Environmental Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

Abstract: Study is made on photosynthetic characteristics and water use efficiency of *Zizyphus Jujube* under different application ways of biogas waste fertilizer(ex-root, spray, smearing, dropping). The results show that Chl content, LAI and Pn have similar variation tendency under different application ways of biogas waste fertilizer, and they show an order of spray application of liquid manure > smearing trunk > contrast with chemical fertilizer > dropping fertilization > ex-root fertilization. The daily average values of Tr and Gs show dropping fertilization of liquid manure > spray application > contrast with chemical fertilizer > ex-root fertilization > smearing trunk. The daily average value of Ci shows ex-root fertilization of liquid manure > dropping fertilization > contrast with chemical fertilizer > smearing trunk > spray application, but the daily average value of Ls shows spray application of liquid manure > smearing trunk > contrast with chemical fertilizer > dropping fertilization > ex-root fertilization. The daily average value of WUE shows smearing trunk of liquid manure > spray application > contrast with chemical fertilizer > dropping fertilization > ex-root fertilization. The effect of spray application is the best.

Keywords: biogas waste fertilizer; *Zizyphus Jujube*; photosynthetic characteristics; water use efficiency