

不同类型地下滴灌对苜蓿生产性能的影响研究

郎凤红^{1,2*}, 陈国栋¹, 李艳艳^{1,2}, 马晓霞¹, 黄友栓¹

¹宁夏农垦茂盛草业科技有限公司, 宁夏 银川

²宁夏苜蓿栽培(农垦)技术创新中心, 宁夏 银川

收稿日期: 2025年1月15日; 录用日期: 2025年2月17日; 发布日期: 2025年2月24日

摘要

本文通过开展不同滴灌带类型、不同滴头流量在苜蓿地下滴灌的应用试验, 探究不同滴灌带类型、不同滴头流量对苜蓿生长、产量的影响。结果表明, 滴头流量为中流量处理(2.0 L/H)的增产作用和节水效果明显高于低流量处理(1.38 L/H)和高流量处理(3.0 L/H); 滴灌带类型不同时, 内镶贴片(蛇形孔)滴灌带比内镶贴片(圆孔型)滴灌带和贴条式滴灌带表现效果要好。建议选择内镶贴片(蛇形孔)滴灌带更为适宜, 滴头流量选择中流量处理(2.0 L/H), 增产作用和节水效果明显。

关键词

地下滴灌, 产量, 灌溉水量, 灌溉水分生产率

Study on the Influence of Different Types of Underground Drip Irrigation on the Production Performance of Alfalfa

Fenghong Lang^{1,2*}, Guodong Chen¹, Yanyan Li^{1,2}, Xiaoxia Ma¹, Youshuan Huang¹

¹Ningxia Nongken Maosheng Grass Industry Technology Co., Ltd., Yinchuan Ningxia

²Ningxia Alfalfa Cultivation (Nongken) Technology Innovation Center, Yinchuan Ningxia

Received: Jan. 15th, 2025; accepted: Feb. 17th, 2025; published: Feb. 24th, 2025

Abstract

This article explores the effects of different drip irrigation belt types and drip head flow rates on the growth and yield of alfalfa through the application experiments of underground drip irrigation

*第一作者。

文章引用: 郎凤红, 陈国栋, 李艳艳, 马晓霞, 黄友栓. 不同类型地下滴灌对苜蓿生产性能的影响研究[J]. 农业科学, 2025, 15(2): 181-187. DOI: 10.12677/hjas.2025.152022

with different drip irrigation belt types and drip head flow rates. The results showed that the yield increasing and water-saving effects of the medium flow rate treatment (2.0 L/H) were significantly higher than those of the low flow rate treatment (1.38 L/H) and high flow rate treatment (3.0 L/H); When the type of drip irrigation tape is different, the performance of the internal patch (serpentine hole) drip irrigation tape is better than that of the internal patch (circular hole) drip irrigation tape and the strip type drip irrigation tape. It is recommended to choose an embedded patch (serpentine hole) drip irrigation tape for better suitability, and to choose a medium flow rate treatment (2.0 L/H) for drip head flow rate, which has a significant increase in yield and water-saving effect.

Keywords

Subsurface Drip, Yield, Irrigation Water Volume, Irrigation Water Productivity

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着时间的推移,人口增加、气候变化等因素的影响,水资源匮乏已经十分凸显。宁夏从2014年起就已经出台了农业、工业、城乡生活及服务业用水定额的相关规定,2018年、2020年两次进行了补充修订。新版用水定额中,增补了农村生活用水定额、畜禽水产养殖用水定额、服务业、加工业,还新增了农业类优质高产苜蓿等4种作物灌溉用水定额。因此,发展高效节水灌溉措施对于缓解我区水资源短缺问题十分必要,地下滴灌作为最高效的节水灌溉技术之一,其通过少量多次灌溉的技术特点,在实现节水增产的基础上,能够有效提升灌溉水利用率[1]。我区农垦紫花苜蓿、青贮玉米等种植面积近30万亩,因此开展不同类型地下滴灌对紫花苜蓿生产性能的影响研究十分必要,地下滴灌可提高作物根区土壤持水性和水肥利用效率[2],优化作物根冠比、提高根系活力[3],促进作物对土壤养分的吸收[4],进一步有效提升产量[5]。根据已有的研究,国内外学者针对紫花苜蓿地下滴灌的研究主要集中在灌水量、肥料类型等因素对于作物的生长影响上,对于不同类型地下滴灌方式对苜蓿生产性能的影响还鲜见报道。本研究主要通过研究地下滴灌不同流量滴头的滴灌带、不同工艺的滴灌带对苜蓿出苗率、株高、产量、品质等性状的影响,以及随着时间的推移,滴灌效果变化,旨在为紫花苜蓿地下滴灌技术在宁夏地区的进一步推广应用提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 试验地概况

试验地点位于宁夏农垦茂盛草业核心试验区,地处贺兰山东麓引黄灌区,东经106°03',北纬38°33',海拔1135米,年平均气温8.5°C,年平均降雨量在180~200 mm,大于10°C的有效年积温3765°C,土壤为熟化的淡灰钙土,土壤(0~20 cm) pH 8.21,全盐含量0.76 g,有机质14.6 g,速效N为80 mg,速效P为8.2 mg,速效钾K为135 mg。

2.2. 试验材料

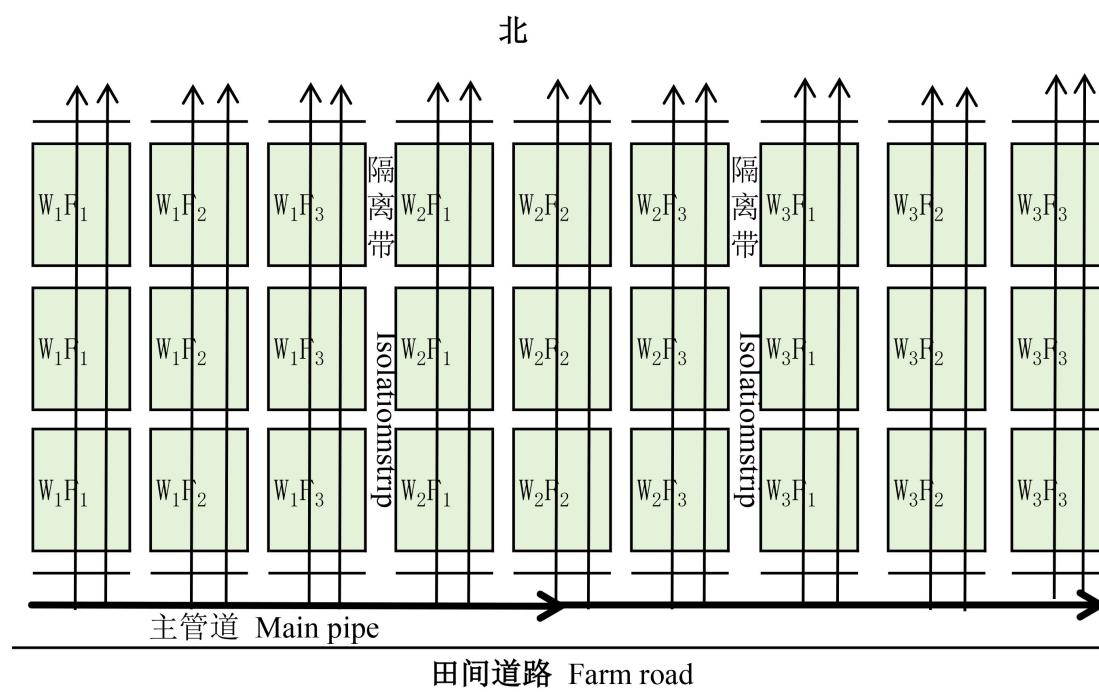
试验区苜蓿种植品种:试验为多年生人工条播紫花苜蓿,选择垦区稳产性好、耐刈割的苜蓿品种WL298HQ,2022年4月份进行试验种植,种植行距15 cm,播种量为30 kg/hm,每条滴灌带的滴水控制

4 行苜蓿。

使用滴灌材料: (1) 贴条式滴灌带; (2) 内镶贴片式(圆孔)滴灌带; (3) 内镶贴片式(蛇形)滴灌带。滴头间距均为 30 cm, 滴头流量分别是 1.38 L/H、2.0 L/H、3.0 L/H, 滴灌带壁厚均为 0.2 mm, 滴灌带间距均为 60 cm, 滴灌带埋深 15 cm。

2.3. 试验设计

试验采用 2 因子 3 水平正交组合设计, 设滴头流量(W)和滴灌材料类型(F) 2 个因子; 按滴头流量设置 3 个不同灌水水平, 分别为低流量处理(W1: 1.38 L/H), 中流量处理(W2: 2.0 L/H)和高流量处理(W3: 3.0 L/H), 每个滴头流量水平均设 3 种滴灌带材料, 分别为内镶贴片式(圆孔型)滴灌带(F1)、内镶贴片式(蛇形孔)滴灌带(F2); 贴条式滴灌带(F3)试验共 9 个处理, 每个处理 3 次重复, 共计 27 个试验小区, 每个试验小区的长度为 6 m, 宽度为 5 m, 面积 30 m², 为避免处理之间相互影响, 两个处理间设置 1.5 m 宽的隔离带, 相同处理不同重复之间设置 1 m 过道。试验总面积 1080 m²。试验小区布置见图 1。



注: →代表滴灌带铺设方向; →代表主管道铺设方向。

Figure 1. Experimental plot layout

图 1. 试验小区布置

2.4. 测定项目与方法

紫花苜蓿种植后第二年, 测量采集数据。

株高: 在苜蓿初花期, 每小区随机量取 10 株, 测量自地面到顶端生长点高度, 取其平均值为株高值。

干草产量: 在苜蓿初花期, 每个小区随机取 1 m × 1 m 样方, 割割留茬高度 6 cm, 立即称重即得鲜草产量, 再换算出每亩鲜草产量; 同时称取 400 g 鲜草装入布袋带回实验室阴干, 至恒重后称重即为干物质, 通过计算鲜干比折算每亩干草产量, 每年刈割四茬。

灌溉水苜蓿滴灌灌水量: W 为相应时段内相应处理滴灌灌水量, 每个处理每次的灌水量采用水表计

量, 灌水时长以 W2F1 处理滴灌带湿润体合拢为宜。灌水日期和灌水次数相同, 灌水日期从每茬刈割收获后第 5 天开始滴水, 刈割收获前 5 天停止滴水, 第一茬滴水时间在苜蓿开始返青时, 灌水周期为 5~10 天, 遇降雨天气顺延。滴灌苜蓿各试验处理灌水定额设定与灌水次数见表 1。

灌溉水分生产率: 灌溉水分生产率指消耗单位灌溉水量产出的农产品数量, 能合理地评判农业高效发展水平、农业用水科学性和农业生产水平[6]。灌溉水分生产率表达式为[7]:

$$WP_i = \frac{Y}{W_i} \quad (1)$$

式中: WP_i 为灌溉水分生产率, kg/m^3 ; Y 为产量, kg ; W_i 为滴灌灌水量, m^3 。

Table 1. Irrigation quota setting and watering frequency for alfalfa

表 1. 紫花苜蓿灌水定额设定及灌水次数

试验处理	灌水定额设定 (m^3/hm^2)	灌水周期(d)	灌水次数				总灌溉定额 (m^3/hm^2)
			第一茬	第二茬	第三茬	第四茬	
W1F1	600	5~7 天	4	3	3	2	7200
W1F2	600	5~7 天	4	3	3	2	7200
W1F3	600	5~7 天	4	3	3	2	7200
W2F1	825	5~7 天	4	3	3	2	9900
W2F2	825	5~7 天	4	3	3	2	9900
W2F3	825	5~7 天	4	3	3	2	9900
W3F1	1275	5~7 天	4	3	3	2	15,300
W3F2	1275	5~7 天	4	3	3	2	15,300
W3F3	1275	5~7 天	4	3	3	2	15,300

2.5. 数据处理

数据用 Microsoft Excel 2019 进行整理和统计分析, 获得各项目性状参数后, 用 IBM SPSS Statistics 26 进行方差分析、显著性检验及采用 LSD 和 Duncan 法进行方差分析多重比较表示。

3. 结果与分析

3.1. 不同滴头流量对苜蓿株高、产量的影响

滴头流量不同, 相同时间内水分的供应量不同, 水分供应量是决定紫花苜蓿产量的主要因素。不同处理条件下, 滴灌苜蓿干草产量见图 2。由图 2 可知, 四茬紫花苜蓿干草总产量趋势随滴头流量的增加而增加, 干草总产量最高的是处理 W3F2, 总产量为 $16701.37 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 最低的处理是 W1F3, 总产量为 $10907.44 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 两者相比, 产量提高了 53.11%。滴头流量由 W1F1 处理到 W2F1 处理, 又由 W2F1 处理到 W3F1 处理, 苜蓿干草总产量分别增加 27.92% 和 11.72%; 滴头流量由 W1F2 处理到 W2F2 处理, 再到 W3F2 处理, 苜蓿干草总产量分别增加 28.29% 和 12%; 滴头流量由 W1F3 处理到 W2F3 处理, 再到 W3F3 处理, 苜蓿干草总产量分别增加 31.33% 和 9.4%; 由三组干草总产量增长率可以看出相同滴灌带类型, 滴头流量由 1.38 L (低流量处理 W1) 增加到 2.0 L (中流量处理 W2) 的增产效果明显高于滴头流量由 2.0 L (中流量处理 W2) 增加到 3.0 L (高流量处理 W3) 的增产效果。不同滴头流量对苜蓿株高、

产量的影响(见表2), 从表1中数据分析可知, 不同滴头流量处理下, 苜蓿的株高、干草产量、灌溉水量及灌溉水分生产率均存在极显著差异($P < 0.05$), 随着滴头流量的增大, 苜蓿株高、产量及灌溉水量呈正比增加, 灌溉水分生产率则呈反比减少, 滴头流量越小, 相同时间内灌溉水量越小, 灌溉水分生产率越高, 越节水; 滴头流量越大, 相同时间内灌溉水量越多, 灌溉水分生产率越低, 但紫花苜蓿的株高越高, 干草产量越多。因此, 从节水的角度看, 低水分流量(1.38 L/H)最节水, 从增产的角度看, 高水分流量(3.0 L/H)干草产量最高。

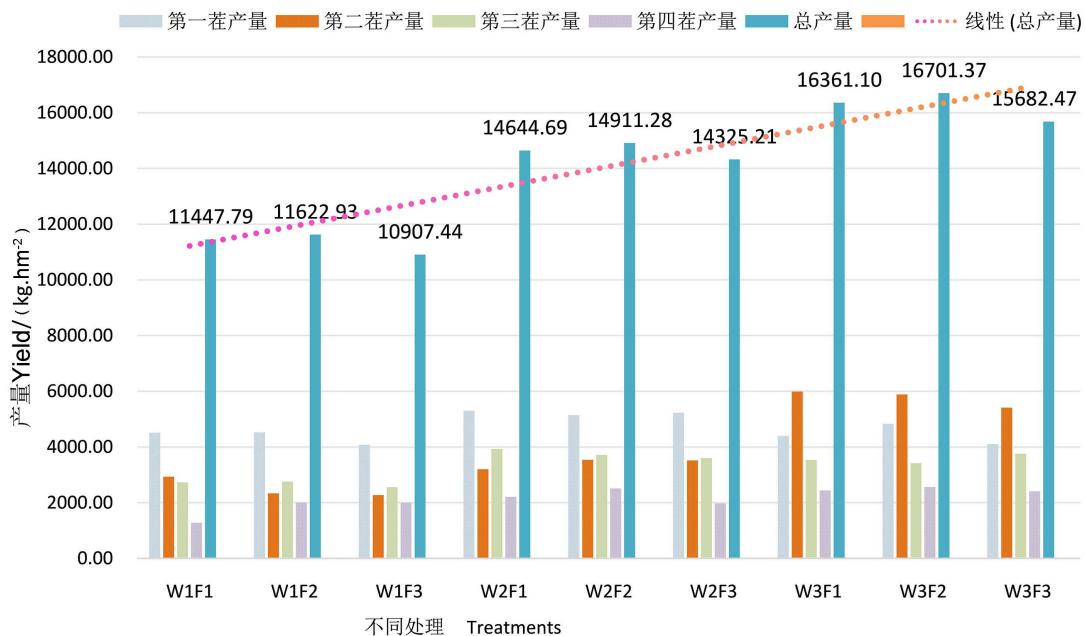


Figure 2. Yield of alfalfa hay under different processing treatments

图2. 不同处理条件下滴灌苜蓿干草产量

Table 2. Effects of different flow rates on alfalfa plant height, yield, irrigation water quantity, and water productivity
表2. 不同流量对苜蓿株高、产量、灌溉水量及灌溉水分生产率的影响

处理	株高(cm)	干草产量(kg·hm⁻²)	灌溉水量(m³·hm⁻²)	灌溉水分生产率(kg·m⁻³)
低水分 1.38 L	76.73 c	11326.05 c	7277.42 c	1.55 a
中水分 2.0 L	88.03 b	14627.06 b	9907.57 b	1.48 a
高水分 3.0 L	92.80 a	16248.31 a	15324.82 a	1.06 b

3.2. 不同类型滴灌带对苜蓿株高、产量等影响

由图2同时可以看出, 相同滴头流量、不同滴灌带类型时, 内镶贴片(蛇形孔型)滴灌带(F2)比内镶贴片(圆孔型)滴灌带(F1)平均增产 1.84%, 比贴条式滴灌带(F3)平均增产 5.67%, 四茬的干草总产量随着滴灌带类型的变化呈现出先轻微增大后明显减小的趋势。

不同类型滴灌带对苜蓿株高、产量的影响见表3, 从表中数据分析可见, 不同类型滴灌带对苜蓿产量、灌溉水量、灌溉水分生产率的影响在 $P < 0.05$ 水平下存在显著差异, 其中内镶贴片(蛇形孔型)滴灌带表现最好, 其次是内镶贴片(圆孔型)滴灌带。因此选择内镶贴片(蛇形孔型)滴灌带比内镶贴片(圆孔型)滴灌带、贴条式滴灌带效果都好。

Table 3. Effects of different drip irrigation belts on alfalfa plant height, yield, irrigation water quantity and water productivity
表 3. 不同滴灌带对苜蓿株高、产量、灌溉水量及灌溉水分生产率的影响

处理	株高(cm)	干草产量(kg·hm ⁻²)	灌溉水量(m ³ ·hm ⁻²)	灌溉水分生产率(kg·m ⁻³)
内镶贴片(孔型)	82.1 b	14151.36 b	10858.15 ab	1.30 b
内镶贴片(蛇形孔)	84.6 a	14433.64 a	10865.13 a	1.33 a
贴条式	79.5 c	13634.07 c	10851.06 b	1.26 c

3.3. 不同处理条件下紫花苜蓿的灌溉水量及灌溉水分生产率

在紫花苜蓿全年生长季, 滴灌苜蓿不同处理条件下总灌溉水量和灌溉水分生产率计算结果见图3。由图3可知, 滴头流量为1.38 L/H, 不同滴灌带灌溉水量在7265.49~7287.58 m³·hm⁻²之间, 灌溉水分生产率在1.50~1.59之间; 滴头流量为2.0 L/H, 不同滴灌带灌溉水量在9903.45~9911.52 m³·hm⁻²之间, 灌溉水分生产率在1.45~1.51之间; 滴头流量为3.0 L/H, 不同滴灌带灌溉水量在15318.82~15334.36 m³·hm⁻²之间, 灌溉水分生产率在1.02~1.09之间。由此可见, 滴头流量相同、滴灌带类型不同时, 苜蓿全年的灌溉水量相差不大, 灌溉水分生产率也十分接近。当滴灌带类型相同时, 以内镶贴片(圆孔型)滴灌带为例分析: 滴头流量由1.38 L/H增加到2.0 L/H, 灌溉水量增加, 增幅为38.27%, 灌溉水分生产率下降, 降幅为12.11%; 滴头流量由2.0 L/H增加到3.0 L/H, 灌溉水量增幅为54.55%, 灌溉水分生产率下降幅度为30.14%, 两次灌溉水量的增加幅度前者小于后者, 水分生产率下降的幅度也是前者小于后者; 分析其他两种滴灌带类型, 变化幅度类似。由此可看出, 当滴头流量为1.38 L/H和2.0 L/H时, 灌溉水量增加, 但灌溉水分生产率相持平; 当滴头流量由2.0 L/H增加到3.0 L/H, 灌溉水量增加的同时, 灌溉水分生产率明显下降。这说明三种滴灌带类型, 都可以通过增加滴头流量来增加灌溉水量, 达到增加产量、提高灌溉水分生产率的目的, 但滴头流量过大、灌溉水量超过一定的限度, 反而造成水分浪费, 降低灌溉水分生产率。

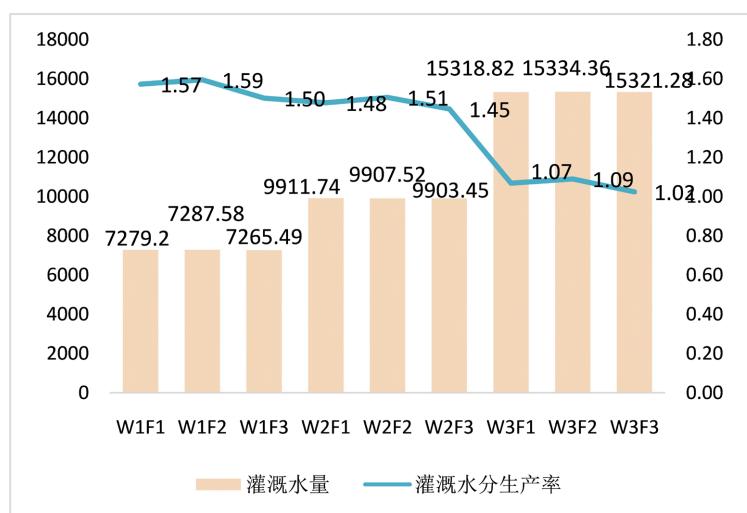


Figure 3. Alfalfa irrigation water quantity and irrigation water productivity of drip irrigated under different treatment conditions

图 3. 不同处理条件下滴灌苜蓿的灌溉水量和灌溉水分生产率

4. 讨论与结论

本试验采用三种滴灌带类型, 三种滴头流量水平2个因子, 研究不同滴灌带类型、不同滴头流量水

平下紫花苜蓿生长和产量的变化情况。结果表明,滴灌苜蓿产量、灌溉水量及灌溉水分生产率变化,受滴头流量、滴灌带类型等多种因素影响:

1) 相同滴灌带条件下,滴灌苜蓿的产量、灌溉水量随滴头流量的增加而显著增加,而灌溉水分生产率却随着滴头流量的增加而减少($P < 0.05$);滴头流量由低流量处理(1.38 L/H)增加到中流量处理(2.0 L/H)的增产作用明显高于滴头流量由中流量处理(2.0 L/H)增加到高流量处理(3.0 L/H)的增产作用。考虑节水和增产两方面因素,建议采用中流量处理(2.0 L/H)。

2) 相同滴头流量水平下,滴灌带类型不同,滴灌苜蓿的产量、灌溉水量、灌溉水分生产率也不同,试验结果证明内镶贴片(蛇形孔)滴灌带比内镶贴片(圆孔型)滴灌带、贴条式滴灌带表现效果要好。建议选择内镶贴片(蛇形孔)滴灌带更为适宜。

基金项目

宁夏农垦科技创新项目 Nxnk2022-15。

参考文献

- [1] 郑和祥,曹雪松,畅利毛,等.紫花苜蓿地下滴灌灌水均匀性与适宜灌溉定额研究[J].中国农村水利水电,2024(2): 91-95+102.
- [2] Wang, H., Wang, N., Quan, H., Zhang, F., Fan, J., Feng, H., *et al.* (2022) Yield and Water Productivity of Crops, Vegetables and Fruits under Subsurface Drip Irrigation: A Global Meta-analysis. *Agricultural Water Management*, **269**, 107645. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107645>
- [3] Zhuge, Y.-P., Zhang, X.-D., Zhang, Y.-L., *et al.* (2004) Tomato Root Response to Subsurface Drip Irrigation. *Pedosphere*, **14**, 205-212.
- [4] Rogers, E.D. and Benfey, P.N. (2015) Regulation of Plant Root System Architecture: Implications for Crop Advancement. *Current Opinion in Biotechnology*, **32**, 93-98. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2014.11.015>
- [5] Bidondo, D., Andreau, R., Martinez, S., Garbi, M., Chale, W. and Cremaschi, G. (2012) Comparison of the Effect of Surface and Subsurface Drip Irrigation on Water Use, Growth and Production of a Greenhouse Tomato Crop. *Acta Horticulturae*, 309-313. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2012.927.36>
- [6] Geerts, S. and Raes, D. (2009) Deficit Irrigation as an On-Farm Strategy to Maximize Crop Water Productivity in Dry Areas. *Agricultural Water Management*, **96**, 1275-1284. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.04.009>
- [7] 陈毅.甘肃灌溉水分生产率及农业用水效率分析[J].水利建设与管理,2023,43(6): 40-47.