

分类号:  
学号: 20222110050

密级: 公开  
单位代码: 10759

# 石河子大学 硕士学位论文



学位申请人

李彦杰

指导教师

龚萍 高级实验师

于旭永 高级工程师

申请学位类别

专业硕士

专业名称

土木水利

研究领域

农田水土工程

所在学院

水利建筑工程学院

中国·新疆·石河子

2025年5月

分类号:  
学号: 20222110050

密级: 公开  
单位代码: 10759

# 石河子大学

## 硕士学位论文



### 香梨全周期水盐调控灌溉模式研究

学位申请人	李彦杰
指导教师	龚萍 高级实验师 于旭永 高级工程师
申请学位类别	专业硕士
专业名称	土木水利
研究领域	农田水土工程
所在学院	水利建筑工程学院

中国·新疆·石河子

2025年05月

**Research on the irrigation model for full-cycle water and salt  
regulation of fragrant pear (*Pyrus sinkiangensis* yu)**

A Dissertation Submitted to

**Shihezi University**

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

**Master of Engineering**

**By**

**Li Yanjie**

**Agricultural water and soil engineering**

Dissertation Supervisor: Assoc. Prof. Gong Ping

**May, 2025**



# 石河子大学学位论文独创性声明及使用授权声明

## 学位论文独创性声明

本人所呈交的学位论文是在我导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明并表示谢意。

研究生签名：李彦杰

时间：2025年5月17日

## 使用授权声明

本人完全了解石河子大学有关保留、使用学位论文的规定，学校有权保留学位论文并向国家主管部门或指定机构送交论文的电子版和纸质版。有权将学位论文在学校图书馆保存并允许被查阅。有权自行或许可他人将学位论文编入有关数据库提供检索服务。有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

研究生签名：李彦杰

时间：2025年5月17日

导师签名：龚萍

时间：2025年5月17日



## 摘要

**目的:** 库尔勒香梨(*Pyrus sinkiangensis* yu)是新疆发展地方经济的优势产业, 针对矮化密植型香梨种植结构的灌溉定额与滴头流量的选择尚不明晰, 以及经验指导为主的非生育期冬/春灌灌溉制度容易造成水资源浪费等问题, 有必要探究灌溉定额和滴头流量对香梨根区土壤生境的影响, 并通过土壤水热盐的变化特征筛选出适宜的非生育期冬/春灌淋洗定额, 为构建南疆盐碱香梨园全周期水盐调控灌溉模式提供理论依据。

**方法:** 本研究于 2022 年 4 月~2023 年 9 月及 2023 年 9 月~2024 年 4 月于新疆库尔勒市典型盐碱香梨园分别开展了 2 年的地表滴灌试验和 1 年的非生育期冬/春灌试验研究。研究对象为 7a 生幼龄香梨, 生育期设置三个滴头流量(2、3 和 4 L/h)和三个灌溉定额(3750、5250 和 6750  $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ )的完全随机试验; 非生育期设置三个冬灌定额(2100、2850 和 3600  $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ )和三个春灌定额(0、750 和 1500  $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ )的完全随机试验。根据试验结果, 基于土壤理化性质、养分、酶活性以及香梨生长指标, 借助随机森林和偏最小二乘法路径模型, 解析外源灌溉介导的土壤环境因子变化对香梨根系生长的关键影响要素, 以果实产量品质为目标筛选最优生育期灌溉定额和滴头流量。此外, 明晰冬/春灌对土壤水温盐及盐分离子的变化规律, 优选冬/春灌淋洗定额, 以期构建全周期水盐调控灌溉模式。

**结果:** (1) 根据全根挖掘的结果, 香梨致密根层分布于 0~80 cm 深度范围; 相同滴头流量时, 增加灌溉定额分别提高 0~40 cm 浅层根区和 40~80 cm 深层根区土壤含水率 3.14%~8.48%和 2.69%~6.84%, 并分别平均降低 0~40 cm 土壤深度电导率和 pH 12.32%和 1.61%, 40~80 cm 深度电导率和 pH 7.96%和 2.80%。适度增加灌溉定额显著提高土壤养分和酶活性, 随机森林和偏最小二乘法路径模型结果表明, 外源灌溉措施介导土壤环境因子变化进而驱动根系性状变化。

(2) 灌溉定额是生育期内对生长指标产生影响的主效应, 增加灌溉定额显著促进生长变化, 香梨新梢、叶面积、果实横径及果实纵径平均增加 8.43%、6.25%、7.14 %、5.90%。增加灌溉定额有效增加果形指数、单果重、可溶性固形物、可溶性糖、糖酸比、固酸比和维生素 C, 降低果皮硬度、果核直径和可滴定酸。收入、净利润及产出投入比的极值出现在 W3E3 处理, 有效增产 40.14%, 平均利润增加 3.99 万元 $\cdot\text{hm}^{-2}$ , 平均投入产出比增加 37.87%, 但水分生产力平均降低 22.82%。

(3) 非生育期冬/春灌对盐碱香梨园土壤剖面盐分淋洗和 pH 降低的效果随淋洗定额增加而提升, 冬灌对土壤盐碱的影响具有持效性。此外, 受灌溉处理影响最大的是  $\text{Cl}^-$  和  $\text{Na}^+$ , 冬/春灌降低土壤 CROSS 指数, 缓解  $\text{Na}^+$  分散土壤颗粒并降低土壤结构稳定性的风险。0~20 cm 土壤温度变化最为剧烈, 土壤冻结指数 FI 随冬灌定额增加而降低, 土壤融化指数 TI 随灌溉定额增加而增加。

**结论:** 基于试验和熵权-TOPSIS 综合评估模型结果, 由生育期内灌溉定额 6750  $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$  和 4L/h 和非生育期冬灌定额 3600  $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$  和春灌定额 1500  $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$  组合构建的全周期水盐调控灌溉模式综合表现最佳。非生育期冬/春灌在香梨完整生长阶段中发挥主要作用, 生育期地表滴灌在香梨完整生长阶段中起到维持生育期果实生长基本水分供应, 并保持根区土壤范围适宜生境的作用。

**关键词:** 全周期灌溉; 灌溉定额; 滴头流量; 环境因子; 库尔勒香梨

## Abstract

**Object:** Korla fragrant pear (*Pyrus sinkiangensis* yu) is a key industry for developing the local economy in Xinjiang. However, there remains ambiguity regarding the selection of irrigation quotas and emitter discharge rates for dwarf close-planting cultivation systems, while winter/spring irrigation practices during the non-growth period, primarily guided by empirical experience, often lead to water resource wastage. This study aims to investigate the effects of irrigation quotas and emitter discharge on soil habitat characteristics in the root zone of fragrant pear trees. Additionally, by analyzing the variation patterns of soil water, heat, and salt, we seek to identify appropriate leaching quotas for non-growth period winter/spring irrigation. The findings will provide a theoretical basis for establishing a full-cycle water-salt regulation irrigation model in saline-alkali fragrant pear orchards in Southern Xinjiang.

**Methods:** This study was conducted from April 2022 to September 2023 and September 2023 to April 2024 in a typical saline-alkali fragrant pear orchard in Korla City, Xinjiang, encompassing two years of surface drip irrigation experiments and one year of winter/spring irrigation experiments during the non-growth period. The subjects were 7-year-old young fragrant pear trees. During the growth period, a completely randomized trial was designed with three emitter discharge rates (2, 3, and 4 L/h) and three irrigation quotas (3750, 5250, and 6750 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>). For the non-growth period, a completely randomized trial was implemented with three winter irrigation quotas (2100, 2850, and 3600 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>) and three spring irrigation quotas (0, 750, and 1500 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>). Based on experimental results, the study analyzed changes in soil environmental factors mediated by exogenous irrigation and their critical impacts on fragrant pear root growth using random forest and partial least squares path modeling (PLS-PM), incorporating soil physicochemical properties, nutrient levels, enzyme activity, and pear growth indicators. Optimal irrigation quotas and emitter discharge rates during the growth period were selected with fruit yield and quality as evaluation criteria. Furthermore, the study elucidated the dynamics of soil water, temperature, salinity, and ion distribution under winter/spring irrigation to determine preferred leaching quotas, ultimately aiming to establish a full-cycle water-salt regulation irrigation model.

**Results:** (1) Root excavation revealed that the dense root layer of fragrant pear trees was distributed within the 0–80 cm soil depth. Under the same emitter discharge rate, increasing the irrigation quota elevated soil moisture content in the 0–40 cm shallow root zone and 40–80 cm deep root zone by 3.14%–8.48% and 2.69%–6.84%, respectively. Concurrently, electrical conductivity (EC) and pH in the 0–40 cm layer decreased by an average of 12.32% and 1.61%, while reductions of 7.96% and 2.80% were observed in the 40–80 cm layer. Moderate increases in irrigation quotas significantly enhanced soil nutrient content and enzyme activity. Random forest and partial least squares path modeling (PLS-PM) demonstrated that exogenous irrigation practices mediated changes in soil environmental factors, thereby driving root trait

modifications.

(2) Irrigation quota was the dominant factor affecting growth indicators during the growth period. Increased irrigation quotas significantly promoted growth parameters: new shoots, leaf area, fruit transverse diameter, and fruit longitudinal diameter increased by averages of 8.43%, 6.25%, 7.14%, and 5.90%, respectively. Higher irrigation quotas improved fruit shape index, single-fruit weight, soluble solids, soluble sugars, sugar-acid ratio, solid-acid ratio, and vitamin C, while reducing peel hardness, core diameter, and titratable acidity. Maximum values for income, net profit, and output-input ratio occurred under the W3E3 treatment, achieving a 40.14% yield increase, an average profit increase of 39,900 yuan·hm<sup>-2</sup>, and a 37.87% rise in output-input ratio, though water productivity decreased by 22.82% on average.

(3) Winter/spring irrigation during the non-growth period enhanced salt leaching and pH reduction in saline-alkali pear orchard soil profiles as leaching quotas increased, with winter irrigation exhibiting sustained effects on soil salinity and alkalinity. Cl<sup>-</sup> and Na<sup>+</sup> were the ions most affected by irrigation treatments. Winter/spring irrigation reduced the soil CROSS index, mitigating risks of Na<sup>+</sup>-induced soil particle dispersion and structural destabilization. Soil temperature fluctuations were most pronounced in the 0–20 cm layer. The soil freezing index (FI) decreased with higher winter irrigation quotas, while the thawing index (TI) increased with larger irrigation volumes.

**Conclusion:** Based on experimental results and the Entropy Weight-TOPSIS comprehensive evaluation model, the full-cycle water-salt regulation irrigation model combining a growth-period irrigation quota of 6750 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup> with a 4 L/h emitter discharge rate, along with non-growth period winter and spring irrigation quotas of 3600 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup> and 1500 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>, respectively, demonstrated optimal comprehensive performance. Winter/spring irrigation during the non-growth period played a dominant role throughout the complete growth cycle of fragrant pear trees, while surface drip irrigation during the growth period ensured basic water supply for fruit development and maintained suitable soil habitat conditions in the root zone.

**Key words:** Full-cycle irrigation; Irrigation quotas; emitter discharge rates; environmental factors; Korla fragrant pear



# 目录

摘要.....	I
<b>Abstract</b> .....	II
目录.....	VI
第1章 绪论.....	1
1.1 研究背景及意义.....	1
1.2 国内外研究现状.....	3
1.2.1 滴灌技术参数对根区土壤水盐环境的影响.....	3
1.2.2 灌溉定额及灌溉制度对土壤水盐运移的影响.....	3
1.2.3 灌溉对根区土壤环境因子的影响.....	4
1.2.4 灌溉对果树生长的影响.....	5
1.2.5 非生育期灌溉对土壤的影响.....	6
1.3 研究内容与技术路线.....	7
1.3.1 研究内容.....	7
1.3.2 技术路线.....	8
第2章 研究方案与试验方法.....	10
2.1 研究区概况.....	10
2.2 试验设计与处理.....	12
2.2.1 生育期地表滴灌试验设计.....	12
2.2.2 非生育期冬/春灌试验设计.....	13
2.2.3 生育期灌水施肥制度.....	15
2.3 监测指标与方法.....	17
2.3.1 土壤指标监测.....	17
2.3.2 生育期香梨生长指标.....	19
2.3.3 香梨果实产量品质及经济效益.....	21
2.3.4 水分生产力.....	23
2.4 数据统计与分析.....	23
第3章 香梨生育期地表滴灌对土壤生境因子及生长影响.....	24
3.1 不同灌溉定额和滴头流量对土壤理化性质的影响.....	24
3.1.1 对土壤水分空间分布特征的影响.....	24
3.1.2 对土壤电导率和 pH 的影响.....	27

3.2 不同灌溉定额对土壤养分和酶活性的影响 .....	31
3.2.1 不同灌溉定额对土壤养分和微量元素的影响 .....	31
3.2.2 不同灌溉定额对土壤酶活性的影响 .....	32
3.3 不同灌溉定额和滴头流量对香梨生长的影响 .....	35
3.3.1 对香梨新梢的影响 .....	35
3.3.2 对香梨叶面积的影响 .....	36
3.3.3 对香梨果实横径和纵径变化的影响 .....	37
3.3.4 对香梨根系性状的影响 .....	40
3.4 土壤生境因子对香梨根系性状的影响 .....	41
3.5 讨论 .....	44
3.5.1 灌溉定额及滴头流量对根区土壤水盐的影响 .....	44
3.5.2 灌溉定额对根区土壤生境因子的差异化影响 .....	44
3.5.3 根区土壤环境因素对根系性状的驱动机制 .....	46
3.6 小结 .....	47
第4章 香梨非生育期冬/春灌对土壤水温盐影响研究 .....	48
4.1 非生育期冬/春灌灌溉定额对土壤水分的影响 .....	48
4.1.1 非生育期冬灌对土壤水分的影响 .....	48
4.1.2 非生育期春灌对土壤水分的影响 .....	50
4.2 冬/春灌灌溉定额对盐分 pH 和离子含量的影响 .....	52
4.2.1 冬/春灌灌溉定额对根区土壤盐分的影响 .....	52
4.2.2 冬/春灌灌溉定额对 pH 的影响 .....	60
4.2.3 冬/春灌灌溉定额对盐分离子分布的影响 .....	66
4.3 非生育期冬/春灌不同灌溉定额下土壤温度的时空分布特征 .....	70
4.4 讨论 .....	73
4.4.1 不同冬/春灌淋洗定额下土壤水温盐的变化 .....	73
4.4.2 不同冬/春灌下离子指数变化 .....	74
4.4.3 冬/春灌土壤环境改变对次年植株生长的持续影响效应 .....	74
4.5 小结 .....	75
第5章 香梨全周期水盐调控影响分析及灌溉模式 .....	76
5.1 生育期灌溉定额和滴头流量对香梨果实产量和品质的综合效益分析 .....	76
5.1.1 灌溉定额和滴头流量对香梨果实品质的影响 .....	76
5.1.2 灌溉定额和滴头流量对香梨产量和经济效益的影响 .....	84
5.1.3 土壤环境因子与产量品质的相关性分析 .....	87
5.2 非生育期冬/春灌对土壤的影响及淋洗定额优选 .....	88

5.3 香梨全周期水盐调控灌溉模式技术集成.....	90
5.4 小结.....	93
第 6 章 结论与展望.....	94
6.1 结论.....	94
6.2 展望.....	95
参考文献.....	96
致谢.....	107
作者简介.....	108
石河子大学硕士研究生学位论文导师评阅表.....	109

## 第1章 绪论

### 1.1 研究背景及意义

土壤盐碱化是限制区域生态环境稳态及制约农业生产发展的障碍因子，因其特殊的物理化学性质，大多数作物的生长与之不相适应，产量品质也受到极大影响<sup>[1,2]</sup>。新疆地处中纬度欧亚大陆腹地，多地区成土母质含盐量高，蒸发量与降雨量严重不匹配，是中国盐碱土分布面积最广、种类最多样及积盐最严重的典型盐碱土壤<sup>[3]</sup>，盐碱面积约 $2.81 \times 10^7 \text{ hm}^2$ ，占中国盐碱土总面积的三分之一<sup>[4]</sup>。土壤盐碱化与水资源利用结构的不合理性共同限制了新疆农业可持续发展及水资源高效利用<sup>[5]</sup>，因此减缓耕地土壤盐碱化程度及改善作物根区水-盐环境对提高作物产量和生产效率具有重要意义。

特色林果业是新疆支柱性产业之一，占农民人均收入的30%以上，库尔勒香梨(*Pyrus sinkiangensis* yu)作为新疆发展地方经济的优势产业，同时也是中国国家地理标志产品<sup>[6]</sup>，库尔勒市作为香梨主产区种植面积 $2.75 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，是农民增产致富的支柱产业<sup>[7]</sup>。2000年以后，新疆将成熟的棉花滴灌技术推广应用至果树<sup>[8]</sup>，但研究表明，传统滴灌因其水肥供应的局限性，降低了果树根系的资源竞争力和抗逆性，导致果园生产效益降低，滴灌果树面积大幅下降<sup>[9]</sup>。传统地面灌转变为滴灌的过程中，适应于棉花的滴灌系统技术参数无法与果树的需水维度的要求相匹配。由于滴灌滴头流量小，灌溉水湿润范围无法满足香梨主要根系分布区域的水分需求<sup>[10]</sup>，并且对盐分淋洗的效果不显著，无法在生长期为香梨主要根系分布区域提供适宜的水-盐环境<sup>[11,12]</sup>，导致根系的资源竞争能力和抗逆性降低，严重影响果树的产量及品质，降低香梨的种植效益<sup>[13]</sup>。此外，由于种植效益不符合种植户预期，许多采用地表滴灌技术的果园逐步恢复为地面灌，灌溉定额也恢复到 $12000 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 以上<sup>[14]</sup>，过大的灌溉水量不但远超香梨实际生理生长需求，严重的水资源浪费也有悖于新疆水资源管理制度。因此，迫切需要探究与香梨匹配的灌溉定额及滴灌技术参数以平衡水资源高效利用和盐分淋洗效果之间的矛盾，并支撑林果种植业的持续与高效发展。

根区土壤中的根-土相互作用是果树在农业系统中实现资源获取的核心。然而，在实际的农田原位土壤中，尤其是长期以来一直受干旱和盐碱化制约的新疆南部土壤，根区土壤环境与作物生长的影响关系显得更为复杂<sup>[15]</sup>。根系作为链接土壤和果树地上部的枢纽，随着根区土壤环境的变化做出适应性改变，这能够帮助其最大程度地获取资源。探究根系性状对异质性土壤环境的响应是理解根系变化过程的关键<sup>[16]</sup>。灌溉作

为改善根区土壤生境的重要外源人为措施，一方面为植物提供基本水分供应以激活其生理生长活动，另一方面，通过水动力学变化驱动根区土壤多个关键要素改变<sup>[17]</sup>。尽管学者对根区土壤环境中的影响因素进行了广泛的研究，但是对于干旱区盐碱土壤条件下根区影响因素的筛选及影响程度的量化尚未得到充分评价，这种理论的不足可能会限制根系性状对于周围土壤环境变化的反馈系统的理解。因此，了解外源灌溉措施与根区土壤交互关系的潜在机理，将有助于为今后农业生产中调整灌溉制度、降低环境风险提供了理论依据。

目前，在国内部分灌区的土壤盐分淋洗通常是大田等定额统一地面灌，较少考虑盐分的空间变异性，盐分淋洗定额的制定也较为随意且粗放，南疆地区主要采用在非生育期通过大定额地面灌进行大水压盐，形成了生育期节水灌溉-非生育期大水洗盐特有的水盐调控模式<sup>[18]</sup>。非生育期淋洗分为冬灌和春灌，其中冬灌在应对土壤盐碱化，缓解生育期结束后的盐分上移方面具有良好表现，具有蓄水保墒、平抑地温等优势<sup>[19-21]</sup>，适宜的冬灌灌溉定额能有效淋洗土壤盐分，减少冻结过程中深层土壤水分和地下水向地表运移，能有效抑制冻融期间土壤盐分表层累积<sup>[22,23]</sup>。与冬灌相比，春灌在提高土壤表层含水量、补给越冬期土壤水分、淋洗越冬期结束后土壤盐分等方面效果显著<sup>[24]</sup>。但是，有时会导致盐分淋洗过度或淋洗不足，过量的冬/春灌定额不仅造成水资源浪费、加剧水资源供需矛盾，甚至会抬高地下水水位，造成春季土壤二次返盐<sup>[25]</sup>。此外，针对新疆南部香梨园的非生育期冬/春灌淋洗定额制度仍旧以经验指导为主，粗放的灌溉制度引起水资源浪费等问题层出不穷。由此，以盐分淋洗及对香梨越冬期增温保墒效果为主要目标的最优盐碱香梨园冬/春灌灌溉定额的研究仍需要进一步补充。

综上所述，本研究以南疆香梨主产区第二师29团10连作为研究区域，依托生育期地表滴灌和非生育期冬季春季地面灌试验，对盐碱香梨园土壤水热盐、香梨根系和生长指标进行监测。分析不同滴头流量和灌溉定额对7a生香梨根区土壤环境的变化、地上部生长指标的响应，以确定合理灌溉定额和滴头流量组合对减轻香梨根区盐碱胁迫、地上部生长效果及综合经济效益之间的交互耦合效应；同时，以非生育期土壤水分、盐分、温度变化特征，探讨适宜香梨的非生育期冬/春灌淋洗定额。综合生育期地表滴灌和非生育期冬春灌，构建香梨全周期水盐调控灌溉模式，以期为进一步优化南疆盐碱香梨园灌溉制度提供理论支持。

## 1.2 国内外研究现状

### 1.2.1 滴灌技术参数对根区土壤水盐环境的影响

对于盐碱果园的盐分累积问题，常采用地面灌的方式进行洗盐压盐，导致了灌溉水分利用效率降低<sup>[26]</sup>。因此，在盐碱香梨园，实施合理的灌溉技术参数来调控土壤水盐运移，对于提高灌溉水分利用率、实现盐碱香梨园节水控盐、生产提质增效具有重要意义<sup>[27]</sup>。合理的滴灌技术参数不仅可以提高灌水效率，而且可以匹配作物的需水维度要求，在降低成本的条件下最大化效益<sup>[28]</sup>。灌溉定额和滴头流量等作为田间灌水技术和灌水器的基本参数，对于调控土壤水盐运动、作物生长和制定合理灌溉制度有重要作用<sup>[29,28,30]</sup>。

目前盐碱果园的灌溉制度多参考于传统果园，基于盐碱土壤条件下林果灌溉制度及滴头流量的选择尚未清晰。国内外学者针对灌水器布置参数、不同灌溉方式对植物根区水盐分布的影响进行了大量研究<sup>[31-34]</sup>。吉光鹏<sup>[29]</sup>等针对库尔勒香梨的研究表明：不同滴头流量湿润区的空间分布区域复杂，呈现随滴头流量的增加，土壤湿润范围呈现水平分布范围增大，垂直分布范围减小的趋势<sup>[35]</sup>，大滴头流量下形成“宽浅型”湿润区，小滴头流量则形成“窄深型”湿润区。并且由于不同作物的根系分布情况存在差异，故而湿润范围能够显著影响植物根系形态和根系水分(RWU)吸收活性<sup>[36]</sup>。在同等条件下，通常灌水器流量越大，水平湿润范围越广而垂直湿润范围越浅。Lazarovitch<sup>[37]</sup>研究认为，滴头流量应该尽可能的低且与根系吸收速率相匹配，并且这也能减少负压的发生，相同条件下，使用小流量滴头对负压抗堵塞具备一定的优势。而张妙仙<sup>[38]</sup>等认为，滴灌湿润区与作物根系相吻合是滴灌系统优化的关键。张迎春<sup>[39]</sup>等研究发现，灌溉定额和滴头流量对土壤含水率和土壤含盐量分布影响显著，二者对棉花生长指标、产量及其构成要素、水分利用效率和灌溉水分利用效率影响显著。因此，在使用滴灌进行灌溉时，针对不同作物选择合理的滴头流量及灌溉定额组合，通过合理的水盐空间分布调控作物根区水盐环境，对促进植株生长发育，提高水分利用效率具有重要的意义。

### 1.2.2 灌溉定额及灌溉制度对土壤水盐运移的影响

学者们综合应用多种方法进行水盐运移规律的研究<sup>[40-42]</sup>。2000年，王全九<sup>[33]</sup>等对点源滴灌淋洗条件下，土壤水盐运移特征进行了试验研究，并将滴灌条件下土壤中盐分分布划分为三个区域：达标脱盐区、未达标脱盐区和积盐区，该研究为以后土壤水盐运移规律研究提供了理论基础。灌水方式、灌水定额、灌水时间、灌水水质等农田供水因素直接决定着土壤水分入渗过程及溶质类型和携带量，必然会对土壤水盐运移