

大田滴灌条件下葡萄生育期土壤水盐的平均分布特征

张江辉^{1,2}, 王全九^{1,3}, 巨 龙¹

(1 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048; 2 新疆水利水电科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830049;
3 中国科学院水利部 水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] 【目的】研究滴灌条件下土壤水盐的分布特征, 为土壤水盐的调控提供参考。【方法】以新疆干旱区葡萄为例, 对葡萄生育期土壤水盐含量进行测定, 分析其生育期土壤水盐分布特性。【结果】葡萄生育期内, 在垂直方向上覆膜处理土壤含水量的最大值出现在距滴头 30 cm 处, 土壤含水量从 30 cm 处向两边递减; 在水平方向距滴头 30~60 cm 处土壤含盐量最大, 土壤盐分质量浓度与土壤含盐量具有相似的变化规律。灌水周期为 7.5 d 时, 红提葡萄生育期内各处土壤均处于干旱状态。【结论】在综合调控土壤水盐分布特征时, 必须考虑滴灌技术参数对土壤水盐分布的影响。

[关键词] 膜下滴灌; 新疆干旱区; 葡萄; 土壤盐分; 分布特征

[中图分类号] S152.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2009)09-0083-06

Soil water and salt distribution features during the grape growth season under field drip irrigation

ZHANG Jiang-hui^{1,2}, WANG Quan-jiu^{1,3}, JU Long¹

(1 Institute of Water Resource and Hydroelectric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China;
2 Xinjiang Research Institute of Water Resources and Hydropower, Urumqi, Xinjiang 830049, China;
3 State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on The Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, The Chinese Academy of Sciences, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】Distribution features of the soil water and salt under drip irrigation were studied to offer a reference for the adjustment and control of soil water and salt. 【Method】The soil water and salt distribution features were analyzed based on the field experiment in the grape farmland in Xinjiang. 【Result】The maximum soil water content under plastic mulching exists in the position about 30 cm from the dripper, and the water content decreases at the two sides of the position. The average soil salt content along horizontal direction is the highest at the position about 30—60 cm from the dripper. The salt concentration distribution feature is similar to the salt content, and the salt concentration is the highest at the soil surface. The soil remains dry for the irrigation period of 7.5 days. 【Conclusion】The irrigation technique parameters should be considered when the soil water and salt distribution features are adjusted.

Key words: drip irrigation with plastic mulch; Xinjiang arid area; grape; soil salt; distribution feature

随着淡水资源的短缺, 水资源高效利用已成为旱区农业可持续发展的重要内容。新疆作为我国典

* [收稿日期] 2009-4-24

[基金项目] 国家科技支撑计划项目(2007BAD38B01); 国家自然科学基金项目(50879067)

[作者简介] 张江辉(1963—), 男, 陕西兴平人, 研究员, 主要从事农业水土工程研究。E-mail: skyzjh@163.net

[通信作者] 王全九(1964—), 男, 内蒙古丰镇人, 教授, 博士生导师, 主要从事农业水土工程研究。E-mail: wquanjiu@163.com

型的干旱地区,不仅水资源短缺,土壤盐碱化亦十分严重。因此维持新疆农业的可持续发展必须解决水资源的高效利用和土壤盐碱化的治理问题。膜下滴灌是通过滴灌淋洗根区土壤盐分,为作物生长创造一个较好的生长环境,该技术为旱区盐碱地开发利用和土壤次生盐碱化的防治提供了新方法,近年来该技术已在新疆得到大面积推广应用,取得了较好的效果。膜下滴灌的淋洗效果与土壤特性、灌溉技术参数、地面覆盖状况和种植的作物品种有关。近年来,国内外学者就滴灌条件下土壤水盐运移特征开展了大量研究工作,加深了对滴灌条件下土壤水盐分布的认识^[1-6]。随着棉花膜下滴灌技术在新疆的大面积推广,一些学者围绕棉花膜下滴灌的相关问题开展了大量研究^[7-15],为当地棉花生产提供了相关技术支撑。但目前,关于林果膜下滴灌土壤水盐运移特征及其灌溉技术参数的研究较少。为此,本研究分析了灌水定额、灌溉周期和覆膜 3 个因子对滴灌条件下葡萄生育期土壤水盐分布特征的影响,以期新疆干旱区葡萄适宜的灌水定额、灌溉周

期的确定和覆膜的选择等提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区设在新疆南疆阿克苏市阿瓦提县丰收三场十四连,该区地处中纬度欧亚大陆腹地,属暖温带大陆性荒漠气候。年均降水量 46.7~61.2 mm,年最大降水量 110 mm,年最小降水量仅 10.3 mm,降水多集中在夏季,占全年降水量的 57%。年蒸发量 1 877.5~2 337.4 mm,干旱指数为 14。日照长,霜期短,热量丰富,昼夜温差大,春季风多。年平均无霜期 193 d,所产作物品质好,瓜果含糖量高。

1.2 试验区土壤理化性质

在试验田土层 100 cm 深度内分 5 层取土,每层 20 cm;同时用环刀测定各层土壤干容重,将土样风干、碾压、筛分、均匀混合后,用湿筛法和吸管法测定土壤颗粒组成,结果如表 1 所示。试验用水为当地地表水,利用电导率仪测定其矿化度为 0.91 g/L,地下水埋深 1.5~2.2 m。

表 1 试验地不同深度土壤基本物理属性

Table 1 Basic physical properties of the different depth soil in experimental field

取土深度/cm Soil depth	粒径分布/% Particle size distribution						容重/(g·m ⁻³) Bulk density	初始 含盐量/% The initial salt content
	1~ 0.25 mm	0.25~ 0.05 mm	0.05~ 0.01 mm	0.01~ 0.005 mm	0.005~ 0.001 mm	<0.001 mm		
0~20	0.43	22.02	37.93	11.96	16.77	10.89	1.242	1.66
20~40	0.85	30.64	38.53	10.14	13.84	5.18	1.462	1.70
40~60	0.71	34.58	37.06	9.67	13.26	4.71	1.336	1.88
60~80	0.67	15.83	31.82	16.66	27.98	6.58	1.472	2.44
80~100	0.24	12.69	37.22	12.18	18.16	19.44	1.411	2.26

1.3 试验设计

种植葡萄品种为红提,灌溉时间为 140 d 左右,种植行间距为 4 m,行长 72 m,株距 0.8 m。采用滴灌方式灌溉,每行铺设 1 条毛管带,各毛管均安装内

置型迷宫式滴头,滴头间距为 0.8 m;覆膜处理均采用单边覆膜方式。试验共设 9 个处理,每行为一个处理,设 3 个重复,随机排列。处理均为单毛管滴灌,各处理灌溉方案见表 2。

表 2 红提葡萄滴灌灌水方案

Table 2 Irrigation program design of the grape

处理 Treatment	灌溉定额/(m ³ ·hm ⁻²) Irrigation norm	灌水定额/(m ³ ·hm ⁻²) Irrigation quota	灌溉周期/d Irrigation frequency	覆膜与否 Filmed or not
1	7 151	255	5	覆膜 Film mulching
2	5 860	209	5	覆膜 Film mulching
3	5 860	209	5	不覆膜 No mulching
4	5 860	126	3	覆膜 Film mulching
5	9 767	209	3	覆膜 Film mulching
6	9 767	209	3	不覆膜 No mulching
7	4 779	255	7.5	覆膜 Film mulching
8	4 779	255	7.5	不覆膜 No mulching
9	5 860	314	7.5	覆膜 Film mulching

处理 2 和处理 3、处理 5 和处理 6、处理 7 和处理 8 的灌溉定额、灌溉周期和灌水定额相同,不同的

是一个覆膜,一个不覆膜,可以作为覆膜与不覆膜的对比试验;处理 2、处理 4 和处理 9 的灌溉定额相

等,且均覆膜,可以作为同一灌溉定额条件下,不同灌溉周期的对比试验;处理 1 和处理 2、处理 4 和处理 5、处理 7 和处理 9 灌溉周期相同,且均覆膜,可以作为不同灌水定额的对照试验。

1.4 测定项目与方法

灌水前后用中子仪测定土壤水分含量,并在灌前取土,每隔 15 d 灌水 1 次。中子管垂直地平面装置,观测深度为 100 cm;分别布置在沿毛管带方向距滴头 20 和 40 cm 处及垂直于毛管带方向距滴头 20,40 和 60 cm 处。毛管带相邻滴头之间的距离为 80 cm。取土位置分别位于滴头的正下方相邻 2 滴头中间的正下方及横向垂直毛管带距滴头 30,60 和 120 cm 处的正下方;分 5 层取土,取土深度分别为 0~10,10~30,30~60,60~100 cm。用烘干法测定土壤含水量,用电导率仪测定水土质量比为 5:1 的土壤浸提液的电导率,参考文献[16]的方法建立回归方程,将本研究测得的电导率代入回归方程,求得土壤含盐量。由于中子仪测定土壤含水量是半径为 15 cm 球体内的平均土壤含水量,为了减少误差,将表层 0~10 cm 土样单独标定。同时,隔 15 d 测 1 次毛管滴头流量和均匀度。在试验前率定电导率仪

和中子仪。

2 结果与分析

2.1 葡萄生育期内土壤含水量的分布

由图 1 可知,不覆膜处理 3 和处理 8,土壤含水量基本随着距滴头距离的增大而增加;覆膜处理土壤含水量的最大值并非出现在滴头下方,而是基本上出现在距滴头 30 cm 处,这与马东豪^[17]的研究结果一致。在水平方向上,随着土壤深度的增加,各处理土壤含水量的差异均随距滴头距离的增加而变得不明显。由于在无覆膜条件下,地表各处均存在土壤水分蒸发,滴头下方由于离红提葡萄根系最近,根系的吸水作用使得滴头下方土壤的含水量最低。覆膜抑制了土壤蒸发,但膜的宽度为 60 cm,距滴头 30 cm 是膜的中心,滴头位于膜的边缘,所以在滴头处易发生边缘蒸发,导致滴头下方的土壤含水量反而低于距滴头 30 cm 处。处理 7,8 和 9 生育期内距滴头各处的土壤平均含水量均在凋萎系数和 60% 田间持水量之间,土壤均处于干旱状态;这 3 个处理的灌水周期为 7.5 d,可见对于南疆红提葡萄的滴灌制度而言,灌水周期为 7.5 d 并不适宜,应当适当缩短。

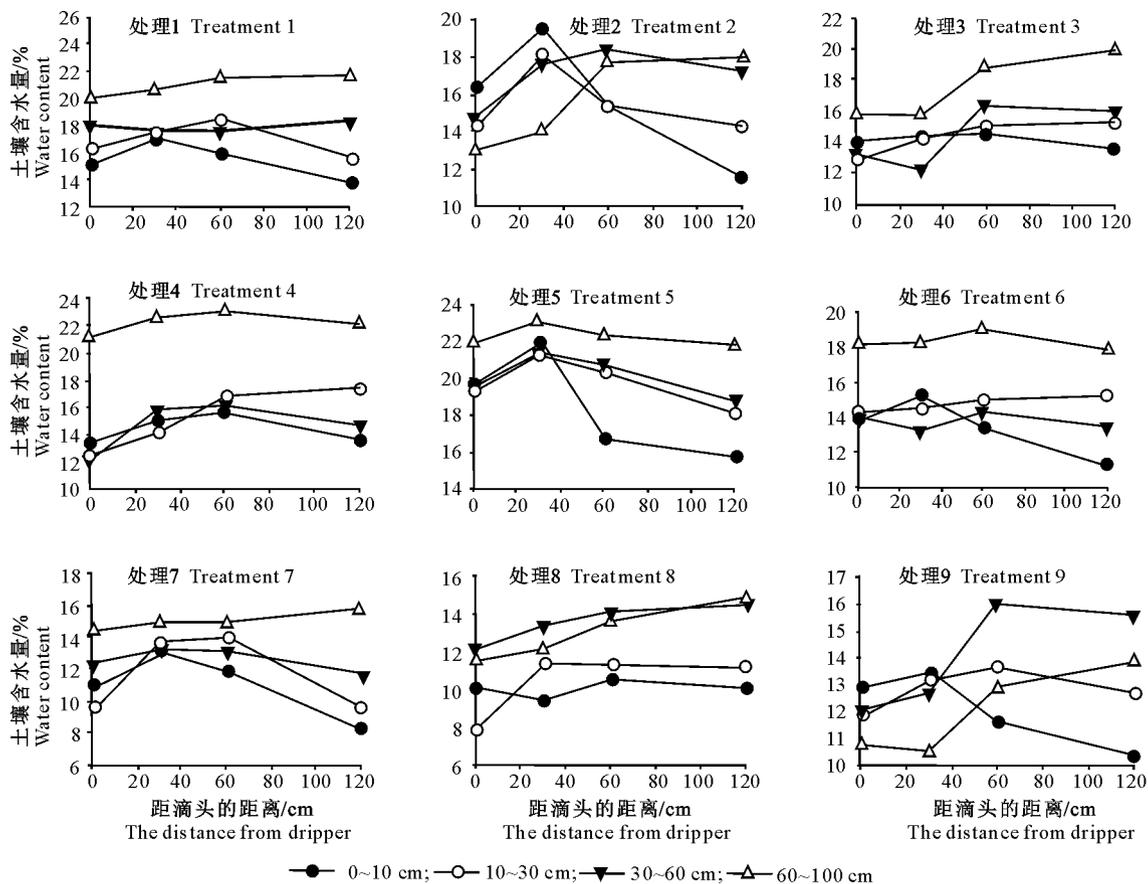


图 1 滴灌条件下红提葡萄生育期内不同土层土壤的含水量

Fig. 1 Soil water distribution at different soil layers through grape growth season under drip irrigation

2.2 葡萄生育期内土壤含盐量的分布

图 2 显示了不同灌水及覆膜处理红提葡萄在生

育期内各土层土壤含盐量距滴头不同距离和不同土壤深度的变化规律。

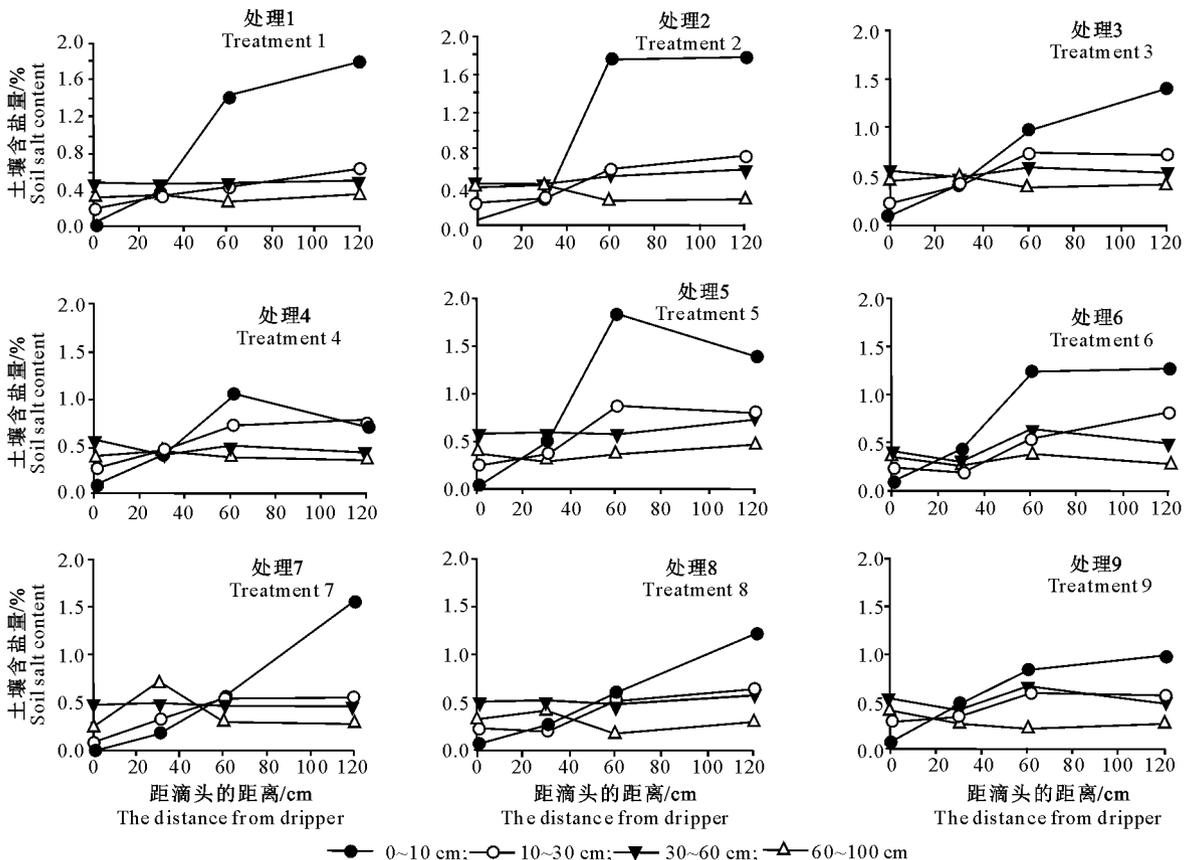


图 2 滴灌条件下红提葡萄生育期内不同土层土壤的含盐量

Fig. 2 Soil salt distribution at different soil layers through grape growth season under drip irrigation

由图 2 可知,相同土层深度的土壤含盐量随着距滴头横向距离和纵向距离的增大而增加。所有处理 30 cm 以上土层的土壤含盐量均随距滴头距离的增大而显著增加。在滴头下方,土壤含盐量随着土层深度的增大而增加,在距滴头 30 cm 处各层土壤含盐量基本相同;在距滴头 120 cm 处,土壤含盐量则随土层深度的增加而减小。对于覆膜处理的 30~60 cm 土层和 60~100 cm 土层,其土壤含盐量均比较稳定,分别稳定在 0.3% 和 0.5% 左右。说明覆膜处理 30 cm 以下土层的土壤含盐量基本处于平衡状态,且受上层影响较小。对于不覆膜处理,含盐量稳定的土层出现在 60 cm 以下。这是因为不覆膜处理的表层土壤蒸发强烈,使得纵向土壤水势梯度增大,加剧了水分由下而上的运动,增加了蒸发的深度,故其盐分稳定的土层较覆膜处理深。

2.3 葡萄生育期内土壤盐分质量浓度的分布

图 3 显示了不同灌水及覆膜处理红提葡萄生育期内各土层土壤盐分质量浓度随距滴头距离和土壤

深度变化而变化的规律。由图 3 可知,土壤盐分质量浓度与土壤含盐量具有相似的变化规律。30 cm 以上土层土壤盐分的质量浓度随距滴头距离的增大而增加,在距滴头 60 cm 以外增加幅度变小,并且这种增加趋势随着土层深度的增加而急剧减弱;在滴头下方,土壤盐分质量浓度随土层深度的增加而增大,距滴头 30 cm 处各层土壤的盐分浓度基本相同;在距滴头 120 cm 处则随土层深度的增加而减小。30~100 cm 土层的土壤盐分质量浓度比较稳定。表层土壤盐分质量浓度变化很大,主要是因为入渗过程中,滴头下方土壤含水量最大,而盐分被推进到湿润锋附近,水平剖面上土壤含水量和含盐量分布规律相反使得盐分质量浓度的变化幅度非常大。

在图 3 中,0~10 cm 土层距滴头较远土壤的盐分质量浓度均在 100 g/L 以上,有些甚至超过了 150 g/L。事实上,土壤盐分并非均以溶解态存在,当土壤含盐量很高或含水量很低时,一部分盐分以固态存在,而另一部分吸附在土壤颗粒上,再加上盐

分溶解度的影响,实际上土壤溶液盐浓度不一定能达到这么大。虽然土壤溶液盐浓度存在随土壤深度增加而递减的变化规律,但这并不能正确反映实际

土壤溶液盐浓度的变化特征,因为土壤盐分质量浓度存在最大值,如在过饱和时盐分会析出,此时土壤溶液盐分的质量浓度即为饱和盐分质量浓度。

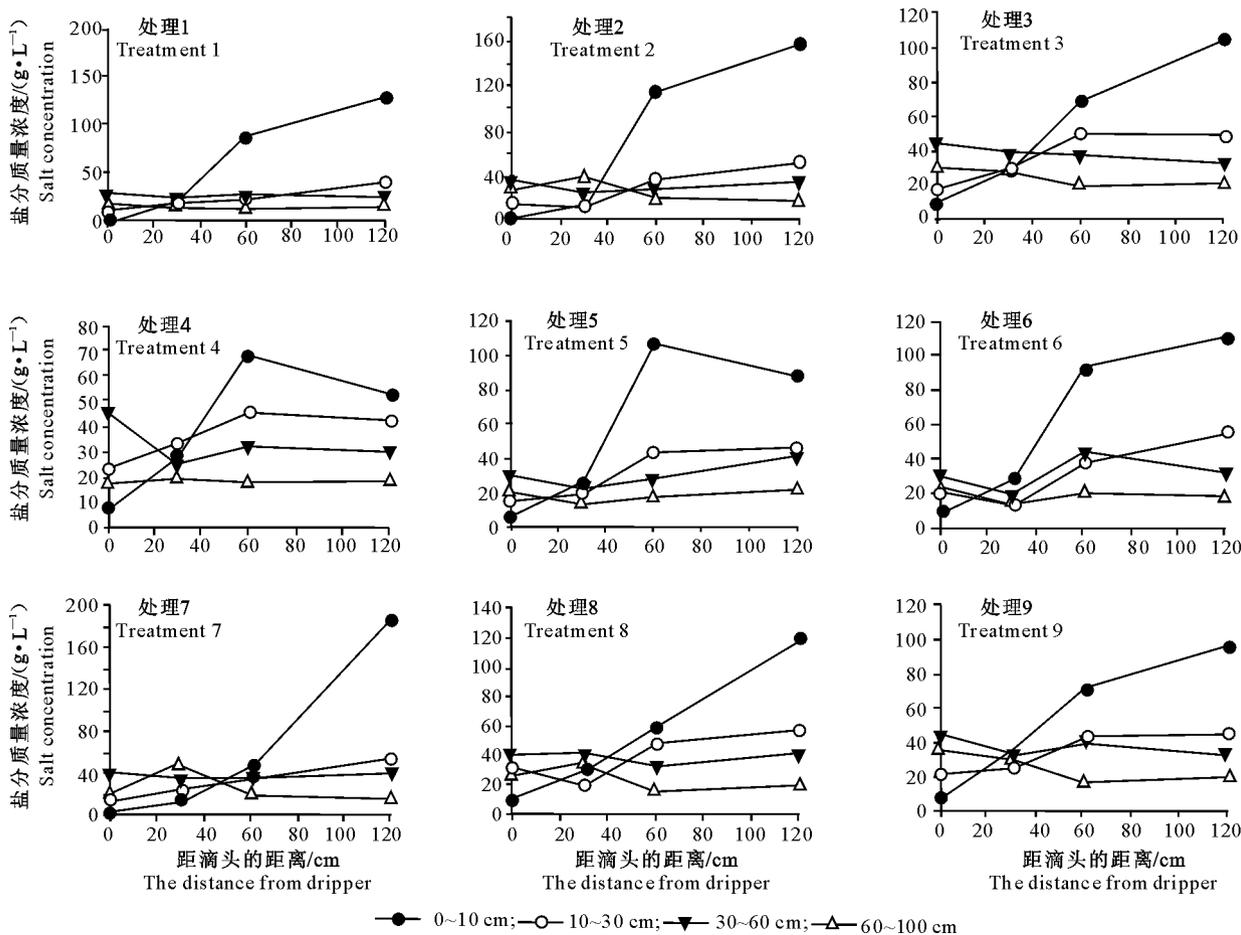


图 3 滴灌条件下红提葡萄生育期内土壤盐分质量浓度的分布

Fig. 3 Soil salt concentration distribution through grape growth season under drip irrigation

3 结 论

大田滴灌条件下,葡萄生育期内土壤含水量与灌水定额呈正相关。灌溉周期为 3 和 5 d 时,灌水定额对滴头下方 1 m 内土壤含盐量影响不显著;灌溉周期为 7.5 d 时,滴头下方土壤含盐量与灌水定额呈正相关。灌溉定额相等时,灌水周期为 3 d 处理的红提葡萄生育期内土壤含盐量大幅度下降;因此“勤灌浅灌”的灌溉方式对土壤盐分的淋洗有显著作用。灌溉周期越长,覆膜对土壤的保水、抑盐作用就越显著,因此,在不能保证“勤灌”的地区,覆膜显得尤为重要。红提葡萄生育期内,覆膜处理土壤含水量最大值出现在距滴头 30 cm 处,土壤含水量从 30 cm 处向两边递减;在水平方向距滴头 30~60 cm 处土壤含盐量最大。土壤盐分质量浓度与土壤含盐量具有相似的变化规律,表层土壤盐分质量浓度变

化最大。这种分布特征一方面有益于节水,但另一方面也容易导致土壤水盐分布的不均匀。灌溉周期为 7.5 d 时,红提葡萄生育期内各处的土壤全部处在干旱状态,故此灌溉周期不适于南疆红提葡萄的滴灌。

[参考文献]

[1] Warrick A W. Steady infiltration from line sources into a layered profile [J]. Water Resour Res. 2003, 39(12): 1327.
 [2] Bralts V F, Kesner C D. Drip irrigation field uniformity estimation [J]. Trans ASAE, 1983, 39(13): 1369-1374.
 [3] 王全九,王文焰,吕殿青,等. 膜下滴灌盐碱地水盐运移特征研究 [J]. 农业工程学报, 2000, 16(4): 54-57.
 Wang Q J, Wang W Y, Lü D Q, et al. Water and salt transport features for salt effected soil through drip irrigation under film [J]. Transactions of the CSAE, 2000, 16(4): 54-57. (in Chinese)
 [4] 吕殿青,王全九,王文焰,等. 膜下滴灌水盐运移影响因素研究

- [J]. 土壤学报, 2002, 39(6): 794-801.
- Lü D Q, Wang Q J, Wang W Y, et al. Factors affecting soil water movement and solute transport for film drip irrigation [J]. Acta Pedologica Sinica, 2002, 39(6): 794-801. (in Chinese)
- [5] 李明思, 贾宏伟. 棉花膜下滴灌湿润锋的试验研究 [J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 2001, 5(4): 316-319.
- Li M S, Jia H W. Experimental research about the wetted front of mulch-trickle irrigation for cotton [J]. Journal of Shihezi University: Natural Science, 2001, 5(4): 316-319. (in Chinese)
- [6] 马东豪, 王全九, 来剑斌, 等. 膜下滴灌条件下灌水水质和流量对土壤盐分分布影响的田间试验研究 [J]. 农业工程学报, 2005, 21(3): 42-46.
- Ma D H, Wang Q J, Lai J B, et al. Field experimental studies on the effects of water quality and drip rate on soil salt distribution in drip irrigation under film [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(3): 42-46. (in Chinese)
- [7] 马富裕, 李俊华, 李明思, 等. 棉花膜下滴灌增产机理及主要配套技术研究 [J]. 新疆农业大学学报, 1999, 22(1): 63-68.
- Ma F Y, Li J H, Li M S, et al. Study on increased yield mechanism under mulch drip irrigation and main coordinated techniques [J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 1999, 22(1): 63-68. (in Chinese)
- [8] 孙海燕, 王全九. 滴灌湿润体交汇情况下土壤水分运移特征的研究 [J]. 水土保持学报, 2007, 21(2): 115-118.
- Sun H Y, Wang Q J. Research for soil water movement from drip irrigation interference infiltration [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2007, 21(2): 115-118. (in Chinese)
- [9] 李明思, 康绍忠, 杨海梅. 地膜覆盖对滴灌土壤湿润区及棉花耗水与生长的影响 [J]. 农业工程学报, 2007, 23(6): 49-54.
- Li M S, Kang S Z, Yang H M. Effects of plastic film mulch on the soil wetting pattern, water consumption and growth of cotton under drip irrigation [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(6): 49-54. (in Chinese)
- [10] 张建新, 王丽玲, 王爱云. 滴灌技术在重盐碱地上种植棉花的试验 [J]. 干旱区研究, 2001, 18(1): 43-45.
- Zhang J X, Wang L L, Wang A Y. An experiment of cultivating cotton with drop irrigation technology in heavy saline soil [J]. Arid Zone Research, 2001, 18(1): 43-45. (in Chinese)
- [11] 王全九, 王文焰, 汪志荣, 等. 盐碱地膜下滴灌技术参数的确定 [J]. 农业工程学报, 2001, 17(3): 47-50.
- Wang Q J, Wang W Y, Wang Z R, et al. Determination of technique parameters for saline-alkali soil through drip irrigation under film [J]. Transactions of the CSAE, 2001, 17(3): 47-50. (in Chinese)
- [12] 李毅, 王文焰, 王全九, 等. 非充分供水条件下滴灌入渗的水盐运移特征研究 [J]. 水土保持学报, 2003, 17(1): 1-4.
- Li Y, Wang W Y, Wang Q J, et al. Experimental study on water and salt transport characteristics under infiltration of non-sufficient trickle irrigation [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2003, 17(1): 1-4. (in Chinese)
- [13] 张琼, 李光永, 柴付军. 棉花膜下滴灌条件下灌水频率对土壤水盐分布和棉花生长的影响 [J]. 水利学报, 2004(9): 123-126.
- Zhang Q, Li G Y, Cai F J. Effect of mulched drip irrigation frequency on soil salt regime and cotton growth [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2004(9): 123-126. (in Chinese)
- [14] 赖波, 蒋平安, 单娜娜. 膜下滴灌条件下棉田耕层土壤中盐分变化的影响因素研究 [J]. 新疆农业大学学报, 2006, 29(3): 19-22.
- Lai B, Jiang P A, Shan N N. Study on the factors affecting soil salt contents in cotton field under film drip irrigation [J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2006, 29(3): 19-22. (in Chinese)
- [15] 程冬玲, 吴恩忍. 棉花膜下滴灌两种布设方式的试验研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2001, 9(4): 87-91.
- Cheng D L, Wu E R. Drop irrigation experimental research on two disposition pattern for the cotton under plastic film covering [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2001, 9(4): 87-91. (in Chinese)
- [16] 张晓琴, 刘虎俊, 胡朋贵. 电导法测定甘肃临泽小泉子地区土壤含盐量探讨 [J]. 甘肃林业科技, 2000, 25(1): 15-19.
- Zhang X Q, Liu H J, Hu M G. Probe on measurement of soil by electric conductance methods in Xiaoquanzi area Linze county [J]. Journal of Gansu Forestry Science and Technology, 2000, 25(1): 15-19. (in Chinese)
- [17] 马东豪. 土壤水盐运移特征研究 [D]. 西安: 西安理工大学, 2005.
- Ma D H. Studies on characteristics of soil water and salt movement [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2005. (in Chinese)