

滴灌条件下根区水分对春小麦根系 分布特征及产量的影响

王冀川, 徐雅丽, 高山, 韩秀峰, 徐翠莲

(塔里木大学植物科学学院, 新疆 阿拉尔 843300)

摘要: 通过小区滴灌根区水分控制试验, 研究亏缺、丰水、适水不同水分处理对春小麦根系特征的垂直分布、产量构成和水分利用效率等的影响。结果表明, 孕穗-扬花是滴灌春小麦根系生长的关键时期, 其根系主要分布在 0~40 cm 土层, 根长密度和根干重在土壤剖面上的分布呈 $y = A \times e^{-Bx}$ 的负指数递减趋势。不同根区水分对春小麦根系生长及分布有显著影响, 亏缺处理深层土壤根量比例较高, 但总根干重明显下降; 丰水处理根量最大, 但主要集中在浅层土壤, 易产生倒伏, 且同化物向穗器官分配比例较低; 适水处理根系分布较为合理, 根长、根表面积、根干重密度在灌浆期保持较高水平, 根功能期延长, 单穗重和 WUE 明显高于限量处理和过量灌溉处理, 产量最高。通过滴灌控制小麦根区水分状况, 可以实现以水调根, 促进小麦高产形成并获得较高的水分利用效率。

关键词: 春小麦; 根区水分; 根系分布; 产量; 滴灌

中图分类号: S512.1⁺2; S275.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)02-0021-06

小麦是新疆干旱区主要的粮食作物之一, 在农业生产中占有重要地位。目前, 随着干旱形势的逐渐严峻, 生长季节缺水成了制约小麦生产潜力发挥的主要因素^[1], 因此研究和应用麦田节水灌溉技术成为干旱绿洲地区促进小麦生产的主要任务。

小麦根系是支撑地上部生长、吸收水分和营养成分的重要功能性器官, 其数量、分布、构型等特征与植株的生长发育、生理功能以及产量形成密切相关^[2], 为此, 国内外学者开展了主要包括不同品种类型^[3]、干旱胁迫^[4,5]、节水措施^[6~8]及灌溉策略^[9]等对小麦根系时空分布的影响的研究, 但这些研究大多集中在冬小麦上, 且是在常规面源灌溉条件下进行的, 对在滴灌条件下不同根区水分对春小麦根系生长特征及水分利用率的研究较少。麦田滴灌技术是新疆麦区针对实际生产需求, 在棉田滴灌技术基础上发展起来的, 是对密植作物灌溉的一次改革, 由于改变麦田根区供水方式, 改善了小麦根系特征与水分利用效率之间的关系, 增产节水效果明显^[10]。本研究通过小区滴灌根区水分控制试验, 研究不同水分对春麦根系特征的垂直分布、产量构成和水分利用效率等的影响, 以探寻新疆滴灌麦田水分与根系生长相应关系, 为生产实践滴灌灌溉制度的确定提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

试验于 2009 年在塔里木大学网室内进行。选

用早熟矮秆品种新春 22(新疆农垦科学院作物所提供), 于 2 月 27 日按 15 cm 等行距播种, 每 6 行于第 3~4 行间铺设 1 条滴灌带。种植密度为 570 万株/hm²。设置限量滴灌、适量滴灌和过量滴灌三个控水水平, 由于在实际控水过程中难以精确控制土壤含水量, 故各处理控水设定一范围, 以小于设计范围下限即行滴灌(见表 1), 灌至设计上限为准。计划湿润层出苗-拔节为 40 cm, 拔节-扬花为 50 cm, 扬花-乳熟为 40 cm。试验重复 3 次, 小区按随机区组排列, 每区种植 18 行, 面积 13.5 m², 小区用水表记录灌溉水量。各区之间用防渗板(PVC 聚酯板)隔开, 隔离深度 60 cm。

表 1 土壤水分控制设计(田间持水量)

处理 Treatment	出苗-拔节 Emergence ~ jointing	拔节-扬花 Jointing ~ flowering	扬花-乳熟 Flowering ~ milk maturation
T1	50% ~ 55%	55% ~ 60%	50% ~ 55%
T2	65% ~ 70%	70% ~ 75%	65% ~ 70%
T3	80% ~ 85%	85% ~ 90%	80% ~ 85%

根区水分监测: 采用美国产 Watermark 土壤水分传感器(Irrometer company, INC.)监测土壤墒度, 传感器安装在距滴灌带 22 cm 处, 探头埋深 40 cm, 采用烘干法对探头读数(y)与田持含水量(x)建立函数关系: $y = 92.065 - 96.95x$ ($R^2 = 0.9121$)。试验地土质为沙壤土, 土壤容重为 1.22 g/cm³, 田间持水量

收稿日期: 2010-08-31

基金项目: 国家自然科学基金项目(30960188); 新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室开放课题(200803)

作者简介: 王冀川(1968—), 男, 新疆人, 硕士, 副教授, 主要从事作物水分生理生态研究。E-mail: wjcwzy@126.com。

23.8%, 地下水位 8.0 m 左右, 土壤有机质含量 1.025%, 全氮 0.685 mg/g, 碱解氮 49.27 mg/kg, 速效磷 52 mg/kg, 速效钾 214.1 mg/kg。

试验田施基肥尿素 225 kg/hm²、磷酸二铵 150 kg/hm², 拔节期随水滴施尿素 90 kg/hm²、KH₂PO₄ 60 kg/hm², 扬花灌浆期滴施尿素 75 kg/hm²、KH₂PO₄ 4 kg/hm²。拔节前喷施 2,4D-丁酯 900~1 500 g/hm² 除草。

1.2 测定方法

分别于小麦孕穗期(5月3日)、扬花期(5月18日)和灌浆期(6月13日)测定根系特征, 采用土钻法取根, 图像处理法计算。根钻内径 4.8 cm, 样室高 15 cm, 容积 271.7 cm³。在麦田各生育阶段分别在距离滴灌带 7.5 cm 和 37.5 cm 处选点, 每点以株行为中心垂直株行并排打 3 钻土(每钻间隔 3 cm), 每钻按 10 cm 一层分别放置, 共计打 10 层, 2 点共 6 钻, 相同层次土样混合。取出的根土样品在 200 目的纱网中用水冲洗后, 用镊子仔细排放在玻璃板上, 用扫描仪在 300 dpi 像素下扫描成黑白的 TIF 图像, 用 DT-SCAN2.04 图像分析软件(英国 Delta-T Devices Ltd.)计算根系的长度和平均直径等形态特征指标^[11], 最后将各层根系放入干燥箱, 在 105℃ 下烘干半小时后降至 65℃ 烘干至恒重后称重。成熟期每处理选择有代表性植株 50 株, 供室内考种用, 以小区实收产量计实产。

根长密度(RLD, mm/cm³)用 $L/(D \times \pi r^2)$ 计算

(其中 L 为根系长度, cm; D 为取样土层厚度, cm; r 为土钻半径, cm); 根系表面积(RS , cm²)用公式 πRL 计算(R 为根系平均直径, cm), 根重密度(RMD , g/m³)用 $G/(D \times \pi r^2) \times 10^6$ 计算(G 为根系干重, g), 水分利用效率[WUE, kg/(hm²·mm)]用籽粒产量/灌水量计算。

1.3 数据分析

采用 CurveExpert1.3 软件进行方程拟合, DPSv 9.5 软件、Duncan 多重比较法对试验数据进行统计分析。用 Sigmaplot10.0 和 Microsoft Excel 2003 软件作图。

2 结果与分析

2.1 根区水分对根长密度(RLD)分布的影响

各水分处理的 RLD 在土壤中的垂直分布的总体趋势一致, 呈现负指数递减趋势, 可用 $y = A \times e^{-Bx}$ 曲线拟合, 式中 y 为根长密度, x 为土层深度, A 为常数, B 为递减率。比较不同生育时期根长密度的数学模型可以看出(图 1), 各期平均 B 值随生育期推进而减小, 从各层平均 RLD 看, 孕穗期最大, 处理 T1、T2 和 T3 分别达到 6.99、7.82 和 7.49 mm/cm³, 扬花期次之, 分别为 4.73、6.36 和 5.82 mm/cm³, 灌浆期最小, 分别为 3.63、5.77 和 5.55 mm/cm³, 说明孕穗期是春小麦根长生长高峰期, 随后长势开始下降。

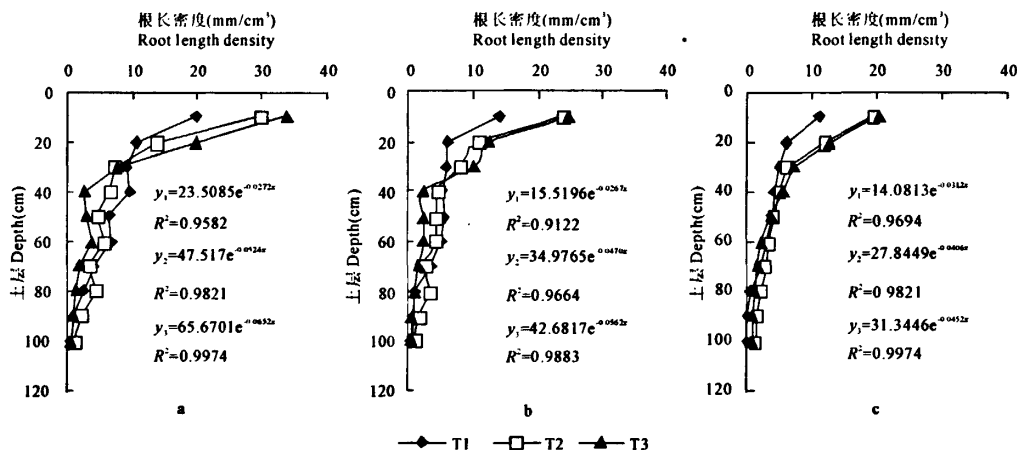


图 1 不同根区水分处理下春小麦根长密度分布图

Fig.1 Vertical distribution of spring wheat root length density with different soil moisture of root zone

a: 孕穗期 Booting stage; b: 开花期 Flowering stage; c: 灌浆期 Filling stage

不同水分处理间 RLD 差异较大, 以处理 T3 的 B 值最大, 处理 T2 居中, 处理 T1 最小, 说明随土壤

水分增加小麦根系分布有上移趋势。各处理的 RLD 差异主要表现在 0~40 cm 土层中, 处理 T1 明

显小于处理 T2 和 T3。说明根区水分亏缺显著影响上层根系生长。

不同处理 *RLD* 垂直分布的差异随生育期推进逐渐变小(尤其在深层),处理 T1 在开花期和灌浆期 0~10 cm 土层 *RLD* 仅为处理 T2 和 T3 的 59.3%、56.7% 和 57.23%、55.3%;0~40 cm 土层为 118.0%、212.4% 和 82.53%、76.5%,说明滴灌在非限量供水条件下能适当延长根系功能期,推后深层根系的早衰时期,从而为高产提供了有力的保障。

2.2 根区水分对根干重(RDW)的垂直分布的影响

图 2 表明,各处理 *RDW* 在土壤中垂直分布趋势基本一致,即随着深度增加,根系生物量逐渐减少,也可用 $y = A \times e^{-Bx}$ 模拟。但不同处理间,随根区水分减少,其深层土壤 *RDW* 有增加的趋势;对作物 *RDW* 的垂直分布规律可用 $Y = 1 - \beta d$ 公式表达^[12],式中, Y 为从地表到一定深度的根系生物量累积百分比; d 为土层深度; β 为根系消弱系数(root extinction coefficient),其值越大,说明根系在深层土壤中分布的百分比越大。从表 2 可以看出,随根区水分减少, β 均呈增大的趋势,表明根区水分的增加能有效促进上层根系的生长。

对各时期平均 *RDW* 的分析表明(表 3),各处理在孕穗期较小,扬花期达最大,灌浆期又下降,此趋势与根长密度有所不同。各时期不同处理的总根量比较,均以处理 T3 最大、处理 T2 居中、处理 T1 最小,说明滴灌条件下,保持较高的土壤水分含量对根系生长有显著的促进作用。

表 2 不同根区水分处理下小麦根系消弱系数 β 值

Table 2 Root extinction coefficient (β) of spring wheat with different soil moisture of root zone

时期 Growth stage	处理 Treatment	消弱系数 Extinction coefficient	相关系数 Coefficient
孕穗期 Booting stage	T1	0.9713	0.9810**
	T2	0.9562	0.9400**
	T3	0.9381	0.9810**
开花期 Flowering stage	T1	0.9737	0.9789**
	T2	0.9682	0.9884**
	T3	0.9543	0.9872**
灌浆期 Filling stage	T1	0.9607	0.9797**
	T2	0.9542	0.9768**
	T3	0.9498	0.9721**

从不同土层 *RDW* 积累量来看(表 3),在孕穗期、扬花期和灌浆期各处理 0~40 cm 土层平均 *RDW* 占总根量的比例分别达到 0.78、0.72 和 0.81,40 cm 以下根量迅速下降,说明滴灌麦田根系主要分布在 0~40 cm 土层中。处理间各层 *RDW* 差异的变异系数大小为 0~40 cm>80 cm 以上>40~80 cm,说明滴灌控水主要对表层和深层根量产生影响,这可能是滴灌条件下供水处理造成表层土壤水分差异增大^[13],相应地引起 *RDW* 的差异增大,而深层 *RDW* 差异则可能是由于过量供水造成深层 *RDW* 大幅度减少,限量供水促进深层 *RDW* 较大增加,导致处理间差异较大。

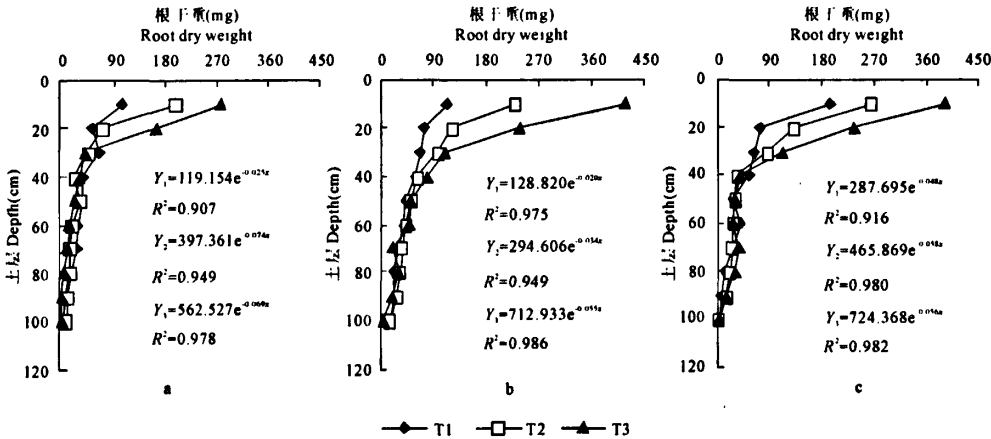


图 2 不同根区水分对根系干重垂直分布的影响

Fig.2 Vertical distribution of spring wheat root dry weight with different soil moisture of root zone
a: 孕穗期 Booting stage; b: 开花期 Flowering stage; c: 灌浆期 Filling stage

表 3 不同土层平均根干重 (RDW) 与变异系数 (CV)

Table 3 The root dry weight and CV in different soil layers

生育阶段 Growth stage	0 ~ 40 cm		40 ~ 80 cm		> 80 cm		合计 Total	
	RDW	CV(%)	RDW	CV(%)	RDW	CV(%)	RDW	CV(%)
孕穗期 Booting stage	370.0 (0.78)	35.6	80.6 (0.18)	34.3	15.5 (0.04)	52.1	466.1 (1.0)	121.4
扬花期 Flowering stage	582.5 (0.72)	40.9	154.7 (0.22)	8.8	38.8 (0.06)	28.7	776.0 (1.0)	110.7
灌浆期 Filling stage	539.6 (0.81)	43.1	108.5 (0.17)	12.4	14.7 (0.02)	38.9	662.9 (1.0)	126.7
平均 Average	497.3 (0.77)	40.3*	114.6 (0.19)	2.4*	23.0 (0.04)	20.7*	635.0 (1.0)	118.9*

注:括号内为占总干重比例,* 指各处理平均干重的 CV。
Note: The values in brackets were the ratio to total dry weight, * stands for CV of average dry weight.

2.3 根区水分对根系特征的影响

从图 3 可以看出,根系平均直径(RD)在孕穗期较低,此后随生育进程推进而增加,这主要是由于起主要吸收功能的细根系逐渐衰亡而导致粗根比例增加所致。滴灌春小麦的根长(RL)和根系表面积(RS)最大值都在孕穗期,说明此期是春小麦根系发展高峰期,大量支根发生,而孕穗期至扬花期是小麦根系干重密度(RDW)最大期,此后根系干物质逐渐向地上部转移,RL、RS 和 RDW 下降,由此说明滴灌小麦根系功能期以孕穗-扬花期为最大。

不同处理间整根特征差异明显,各生育时期 RD 均随根区水分减少而减少,即表明土壤干旱,根系变细,但若干旱持续到灌浆期则加速根系衰老速

度,细根大量死亡,仅余地表健壮根系活动,RD 增加(图 3b)。RL、RS 和 RDW 均以处理 T1 为最低,处理 T3 在孕穗扬花期虽较高,但在灌浆期下降过快,说明在根系快速发展期充足土壤水分能促进根系的生长,根量增加,但不利于灌浆期根系功能的发挥,对小麦最终产量的形成不利。处理 T2 的 RL、RS 和 RDW 在孕穗期虽不及处理 T3,但其此后一直保持较高水平,在根系吸收高峰期的扬花期其值甚至有赶超处理 T3 的趋势,灌浆期下降缓慢,从而实现了根系吸收的高效性能,说明适水调控有力地保障了根系在生育后期的吸收功能,延缓根系衰亡进程,保证籽粒灌浆营养。

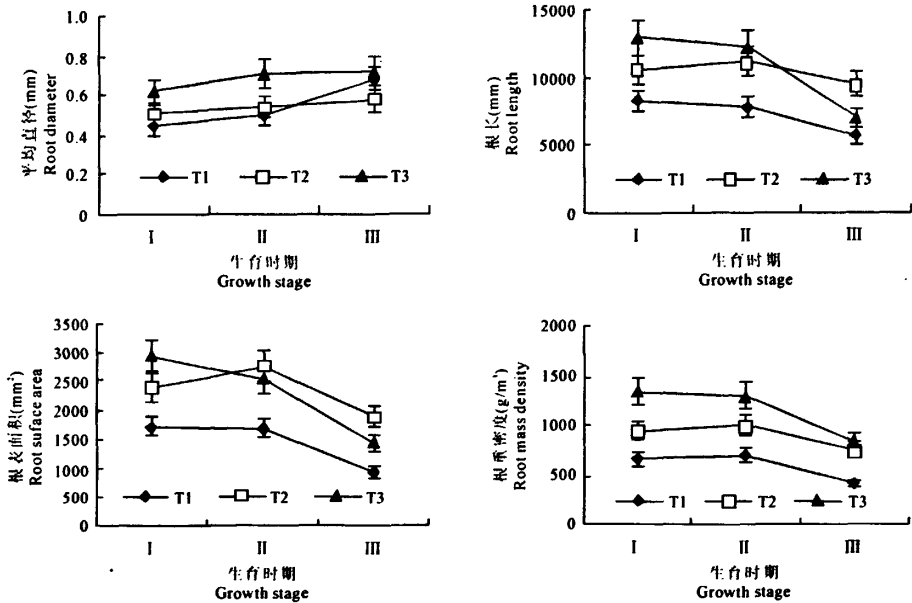


图 3 不同根区水分对春小麦不同生育时期根系形态特征的影响
Fig.3 Root morphology of spring wheat with different soil moisture of root zone
I : 孕穗期 Booting stage; II : 扬花期 Flowering stage; III : 灌浆期 Filling stage

2.4 根区水分对春小麦生长和产量性状的影响

由表4可以看出,处理T2产量最高,达到6588.68 kg/hm²,其次为处理T3,处理T1最低,三种处理间差异达到显著水平。进一步考察其产量构成因素,穗粒数随根区含水量的增加而增加,处理T3与T2无显著差异,但均与处理T1间达到了显著性差异;千粒重则表现为处理T2最高,且与T3和T1间均达到了显著性差异。处理T3的株高和生物产量最高,但同化物向生殖器官分配的比例低,仅是T2的83.2%,植株贪青晚熟,倒伏严重;处理T1虽

然同化物向生殖器官分配的比例较高,但终因穗粒数和千粒重低,产量水平最低;T2的株高、生物产量适宜,同化物向生殖器官分配的比例最高(47.14%),说明适量滴灌的增产作用主要是通过提高同化物向经济器官分配的比例,增加穗重而实现的。从水分利用效率(WUE)结果看,处理T2最高,与T1和T3间达显著性差异,T1和T3之间差异不显著,说明适量滴灌不但产量较高,并且用水更经济,滴灌供水过高过低均不利于产量的形成和经济用水。

表4 各处理生长性状、产量构成与水分利用特征

Table 4 Growth characteristics, yield components and WUE of spring wheat under different treatments

处理 Treatment	株高 Plant height (cm)	产量 Yield (kg/hm ²)	平均穗重 Average grain weight per spike(g)	穗粒数 Grains per spike	千粒重 1000-grain weight (g)	地上部干重 Shoot dry weight (g/m ²)	干物质在穗中的分配比例 Ratio of ear to shoot	灌水量 Irrigation amount (mm)	WUE [kg/(hm ² ·mm)]
T1	72.6c	3326.29c	0.7227c	20.444b	35.35c	476.48b	0.4199b	236.97	14.04b
T2	84.0b	6588.68a	1.0251a	24.256a	42.26a	667.31a	0.4715a	340.14	19.37a
T3	94.5a	5476.32b	0.9816ab	24.825a	39.54b	782.46a	0.3925b	444.64	12.32b

注:表中字母代表 $P < 0.05$ 。Note: The letters stand for $P < 0.05$.

3 讨论

本实验研究表明,春小麦根长密度在孕穗期最大,根干重在扬花期最大,其原因可能是春小麦在孕穗期根系条数和长度增长达高峰,随后在扬花期主要进行加粗生长,使其干物重积累达到高峰。根区水分对春小麦根干重的影响大于对根长的影响,如本试验中T1的根干重较T3下降了82.2%,而根长仅下降了22.8%,说明在干旱条件下根系优先表现为根长的生长以保证有较高的吸收面积,这也是春小麦对适应干旱条件下的一种生理响应^[14],滴灌麦田根系主要分布在40 cm以上土层,较常规灌溉根系分布浅^[15],同时滴灌小麦根系生长高峰期在孕穗-扬花期,较常规灌溉春小麦略有提前^[16],而后根系逐渐衰亡,这也是滴灌小麦后期易早衰的原因之一,故在生产中应注意后期的肥水保证以促进灌浆高质量的完成。

董建国等^[17]认为根系处在渍水环境中会引起根内细胞分裂素减少,导致根系生长缓慢,生物量积累下降;Kaul^[18]和 Cammue等^[19]认为干旱导致根系呼吸速率下降,根系ABA含量增加,根系衰老加速。在本试验的滴灌条件下,处理T3接近于渍水灌溉,其根系生物量却高于处理T2和T3,过量水分使下层土壤湿度过高,激发根系避水性而产生表层根系比例增加,尽管根量最大,但由于土壤空气缺乏,造

成根系衰亡过快,且倒伏严重,对小麦经济产量的形成不利。处理T2由于水分适宜,在增加根系功能面积的基础上(根长和根系表面积在3个处理中最高),有效防止根系过量生长(根干重介于处理T1和T3之间),减少生长冗余^[20],从经济的角度来看,这种处理是较可行的。处理T1接近于干旱处理,持续的缺水缩短了根系生长发育期,降低了根系生物量,地上部分早衰现象严重。Cannel等^[21]认为,干旱对地上部生长的影响大于渍水,而渍水对根系生长的影响又大于干旱。然而本试验结果发现,处理T2与T3的根系生长特征差异明显小于处理T2与T1的根系生长特征差异,表明干旱对根系生长的影响大于渍水。

小麦根系对水分的反应比其它环境因素更为敏感^[22]。本实验表明,不同滴灌供水可以改变小麦根系的生长发育和分布,因此可以通过采用合理的滴灌对策人为控制根区水分状况,实现以水调根、促进根系向有利于作物产量形成和高效水分利用的方向转变,达到提高水分利用效率和产量的目的^[23]。

参考文献:

- [1] 张磊,李福生,王连喜,等.不同灌溉量对春小麦生长及产量构成的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(4):46-49.
- [2] 杨贵羽,罗远培,李保国,等.不同土壤水分处理对冬小麦根冠生长的影响[J].干旱地区农业研究,2003,21(3):104-109.
- [3] 杨兆生,陶家红,王俊娟,等.不同类型小麦根系生长发育及分

- 布规律的研究[J]. 麦类作物学报, 2000, 20(1): 47—50.
- [4] 梅雪英, 严平, 王凤文, 等. 水分胁迫对冬小麦根系生长发育及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2003, 31(6): 962—964.
- [5] 薛丽华, 张英华, 段俊杰, 等. 调亏灌溉下冬小麦根系分布与耗水的关系[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(4): 693—697.
- [6] 宋海星, 李生秀. 覆膜条件下冬小麦根系生理特性及其空间分布变化[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(6): 1—6.
- [7] 高 鹭, 胡春胜, 陈素英. 喷灌条件下冬小麦根系分布与土壤水分条件的关系[J]. 华南农业大学学报, 2006, 27(1): 6—8.
- [8] Qiang Zuo, Jianchu Shi, Yulan Li, et al. Root length density and water uptake distributions of winter wheat under sub-irrigation[J]. Plant and Soil, 2006, 285: 45—55.
- [9] 刘 坤, 陈新平, 张福锁. 不同灌溉策略下冬小麦根系的分布与水分养分的空间有效性[J]. 土壤学报, 2003, 40(5): 697—703.
- [10] 高 杨, 任志斌, 段瑞萍, 等. 春小麦滴灌节水高产高效栽培技术研究[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(2): 281—284.
- [11] 杨兆生, 阎素红, 王俊娟, 等. 不同类型小麦根系生长发育及分布规律的研究[J]. 麦类作物学报, 2000, 20(1): 47—50.
- [12] Gale M R, Grigal D E. Vertical root distribution of northern tree species in relation to successional status[J]. Can J For Res, 1987, 17: 829—834.
- [13] 吴 巍, 陈雨海, 李全超, 等. 垄沟耕作条件下滴灌冬小麦田间土壤水分的动态变化[J]. 土壤学报, 2006, 43(6): 1011—1017.
- [14] Chaudhary T N, Bhatnagar V K. Wheat root distribution, water ex- traction pattern and grain yield as influenced by time and rate of irrigation[J]. Agric Water Manage, 1980, 3: 115—124.
- [15] 黄学文, 何宗颖, 赵爱芬. 水分对春小麦根系生长动态的影响[J]. 西北农业学报, 1995, 4(4): 21—24.
- [16] 车京玉, 时家宁, 邵立刚, 等. 春小麦根系变化与地上部相关关系的研究[J]. 河南科技学院学报(自然科学版), 2008, 36(2): 12—14.
- [17] 董建国, 余叔文. 细胞分裂素对渍水小麦衰老的影响[J]. 植物生理学报, 1984, 10(1): 55—62.
- [18] Kaul R. Effect of water stress on respiration of wheat[J]. Can J Bot, 1996, 44: 623—632.
- [19] Cammue B P A, Broekaert W F, Kellens J T C, et al. Stress-induced accumulation of wheat germ agglutinin and abscisic acid in roots of wheat seedlings[J]. Plant Physiol, 1989, 91: 1432—1435.
- [20] 许宝泉, 张 荣, 张大勇, 等. 旱农区春小麦根系生长冗余与碳平衡关系的研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(6): 958—963.
- [21] Cannel R Q, Belford R K, Gales K. Effects of waterlogging at different stages of development on the growth and yield of winter wheat[J]. J Sci Food Agric, 1980, 31: 117—132.
- [22] 魏 虹, 林 彪, 李凤民, 等. 有限灌溉对旱农区春小麦根系发育的影响[J]. 植物生态学报, 2000, 24(1): 106—110.
- [23] 王振华, 王克全, 葛 宇, 等. 新疆滴灌春小麦需水规律初步研究[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(2): 61—64.

Effects of soil moisture of root zone on root growth and yield of spring wheat under drip irrigation

WANG Ji-chuan, XU Ya-li, GAO Shan, HAN Xiu-feng, XU Cui-lian

(College of Plant Science, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China)

Abstract: Through water controlled trial in root zone under drip irrigation, the effect of different soil moisture on vertical distribution of roots, yield components and water use efficiency of spring wheat were studied. The results showed that booting—flowering was a critical period of spring wheat root growth and most roots were distributed within soil layer of 0~40 cm under drip irrigation. The distribution of root length density and root dry weight showed decreasing trend of negative index with soil depth which could fit by $y = A \times \exp(-Bx)$; The effect of soil moisture in root zone on growth and distribution of root was significant. Limited irrigation treatment had a higher proportion of deep soil root volume, but root dry weight decreased significantly. Excessive irrigation had a largest root volume which mainly concentrated in shallow soil, that easily lead to lodging, and the proportion of assimilated matter distributed to spike was lower. Root distribution of appropriate irrigation treatment was more reasonable, whose root length, root surface area and root dry weight density maintained a high level in the filling stage, and single spike weight and WUE were significantly higher than that of limited amount treatment and excessive amount treatment, so its yield was the highest; By drip irrigation to control water status in wheat root zone, it can be achieved to promote formation of higher yield and to obtain higher efficiency of water use efficiency.

Keywords: spring wheat; soil moisture of root zone; root distribution; yield; drip irrigation