

不同灌溉方式对棉花细根动态变化的影响研究

海兴岩¹, 张泽², 马革新², 马露露², 吕新¹

(1. 石河子大学农学院, 新疆石河子 832003;

2. 新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室, 新疆石河子 832003)

摘要:为了探明不同灌溉方式(滴灌、漫灌)对棉花细根动态变化的影响,利用CI-600植物根系生长监测系统,对2016年生长季内不同灌溉方式处理的棉花细根实施精准监测,获取了棉花细根根长、直径等相关数据,得到了现存量、生长速率(A)、死亡速率(D)及生死之比(RAD)等参数,研究了滴灌和漫灌条件下棉花细根生长、死亡及周转的差异。结果表明,不同灌溉方式下棉花细根现存量均呈“单峰”型变化曲线;在棉花生育期的前期,漫灌抑制了细根的生长,而在后期,滴灌促进了细根的死亡;滴灌棉花细根的 A 和 D 的最大值和平均值均高于漫灌棉花的;分析 RAD 发现,棉花生育期内细根动态表现为生死同步,且生长处于优势地位;滴灌棉花细根周转(0.88/0.67)高于漫灌棉花(0.77/0.61),与漫灌相比,滴灌使棉花根系的生命活动更加旺盛。

关键词:棉花; 滴灌; 漫灌; 根系; 周转

中图分类号:S562

文献标志码:A

doi:10.13522/j.cnki.ggps.2017.11.001

海兴岩,张泽,马革新,等. 不同灌溉方式对棉花细根动态变化的影响研究[J]. 灌溉排水学报,2017,36(11):1-6.

0 引言

根系是作物从土壤中吸收养分和水分的主要器官,根系形态具有很强的可塑性,易受土壤水分、养分的影响,同时根系形态的变化也改变根系对养分和水分的吸收,进而影响作物地上部分的生长^[1]。作物的根系依据其直径可以分为多个层级,一般直径小于2 mm的根被定义为细根。虽然细根对环境因子极为敏感且寿命较短,但其生长和衰亡是同时进行的,又因为其具有巨大的表面积,故其具有可观数量和较高的吸收活性^[2],是植物根系吸收水分和养分的主要部分。目前,关于细根生物量、周转、生长动态等对植物养分吸收利用的影响已逐渐成为研究热点^[3]。研究表明,施肥显著影响植物细根中低级根的形态特征^[4],植物叶片含氮、磷量与细根比根长显著负相关,细根的生长与地上生物量有重要关系^[5]。棉花是新疆重要的优势农产品,2015年棉花在新疆的种植面积约占全国种植面积的50%,总产量约占全国棉花总产量的60%,新疆已成为我国重点建设的优质棉基地^[6]。20世纪90年代以来,覆膜滴灌技术在新疆大面积推广,使棉花平均产量得到了大幅提升,但水氮利用效率与发达国家相比仍有较大差距^[7-8]。如何使棉花更高效吸收水分和氮素,提高水氮利用效率是目前棉花生产中需要解决的关键问题。而根系是棉花吸收水分和氮素的主要器官,对其开展深入研究对完善棉花高产栽培管理措施具有重要意义。已有研究对不同灌溉方式下棉花的整体根系生物量、根系形态分布等研究较多,但研究对象的选择较为粗犷,未进行细根与粗根的剥离,对不同灌溉方式下的棉花细根动态变化研究较少。为此,采用CI-600根系监测设备,通过探究滴灌和漫灌2种灌溉方式下棉花细根动态变化,明确灌溉方式对棉花细根生长、死亡及周转的影响,并对比其规律异同,以期对棉花种植过程中的水氮高效利用、可持续增产提供一定理论依据。

收稿日期:2017-03-07

基金项目:棉花高产高效关键技术研究示范项目(2014BAD11B02)

作者简介:海兴岩(1993-),男,硕士研究生。主要从事作物信息技术与精准栽培研究。E-mail: vincentcarter1501@163.com

通信作者:吕新(1964-),男,教授,博士生导师,主要从事农业信息化与精准农业研究。E-mail: lxshz@126.com

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于新疆昌吉市玛纳斯县六户地镇创田地(86°12'E,44°19'N)进行。该地年降水量173.3 mm,年蒸发量2 340 mm,年平均气温7.2 ℃。土壤质地为中壤土,0~20 cm土层有机质量、全氮量分别为19.89、1.96 g/kg,碱解氮、速效磷量、速效钾量分别为70.28、23.16、198 mg/kg,田间持水率为28.7%,土壤体积质量为1.2 g/cm³,前茬作物为棉花。

1.2 试验设计

试验选取的棉花品种为新陆早45号,于2016年4月11日播种,采用机采棉种植模式(膜宽2.05 m,1膜3管6行,行距配置66 cm+10 cm),化学调控与其他管理措施按高产栽培理论要求进行。试验设计2种灌溉方式,分别为覆膜滴灌(D)和常规漫灌(M)(出苗前采用覆膜滴灌灌水方式,5月16日揭膜,起土埂,之后采用漫灌灌水方式),各设置3块样地,小区面积(2.5 m×13 m)。滴灌灌溉定额设置为4 500 m³/hm²,生育期灌水9次,播前施入占施氮总量20%的氮肥(尿素)和全部磷肥(P₂O₅,施用量105 kg/hm²)、钾肥(K₂O,施用量95 kg/hm²)作为基肥,其余80%氮肥(尿素)作为追肥从棉花初花期开始随水施入。漫灌设置灌水定额合计为6 180 m³/hm²,生育期灌水5次,施氮量的50%在播前施入作为基肥,其余氮肥从棉花初花至花铃期分3次随水施入。灌水定额和施氮量配比见表1。

表1 灌水量和施氮量分配

灌水方式	时间	出苗前	0606	0616	0627	0708	0719	0730	0812	0830	合计
滴灌	灌水定额/(m ³ ·hm ⁻²)	180	450	540	675	900	540	540	360	315	4 500
	施氮量/(kg·hm ⁻²)	80	32	32	48	64	64	48	32	0	400
漫灌	灌水定额/(m ³ ·hm ⁻²)	180	1 500	0	1 500	0	1 500	0	1 500	0	6 180
	施氮量/(kg·hm ⁻²)	200	100	0	50	0	50	0	0	0	400

1.3 微根管理设和数据获取

试验使用底部密封的透明树脂玻璃根管(与CI-600配套)用于监测棉花根系,根管内径64 mm,长1 000 mm。在每个小区内棉花中间行随机选取位置进行微根管的埋设,与地面呈45°夹角,根管俯视投影与棉花中间行平行,并使微根管露出地面10 cm左右,如图1所示。在微根管露出地面的位置应事先在外管壁缠上黑色塑料胶带,阻止光线透过微根管传播,以防影响棉花根系生长。埋设完毕,还应在管口加盖黑色塑料盖密封,阻隔外界水汽在内管壁上凝结,预防在监测时水珠进入仪器致使其损坏。

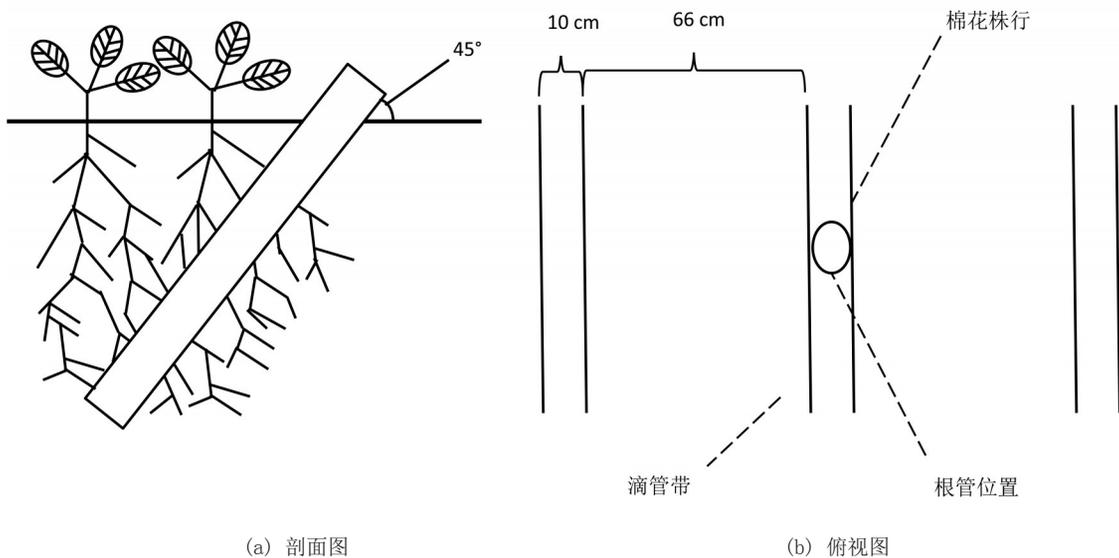


图1 微根管理示意图

数据获取具体操作参考CI-600配套说明书,2016年5月21日—9月28日获取棉花细根数据,每次数据获取在灌水后5 d内。每次操作前,应先检查微根管内管壁有无水汽凝结,如有发现,应待其干燥后或清理

后,再使 CI-600 进入微根管内进行拍摄,防止仪器发生故障。

1.4 数据处理

为了与根钻法等传统研究方法所获取细根数据进行比较,以棉花细根的体积根长密度(Root length density per unit volume, RLD_v)作为基本参数。 RLD_v 表示单位土壤体积内的根长密度(mm/cm^3),可以较为严谨地描述细根生长和死亡的过程。 $RLD_v=RL/(W \times H \times D)$,式中: RL 为观测界面内的细根根长(mm); W 和 H 分别为 CI-600 所拍摄图片的宽度和总高度(cm); D 为观测界面的土壤厚度(cm)。通过分析发现观测到的棉花细根的直径绝大多数小于 1.5 mm,故 D 取 0.2 cm。因为微根管埋设与地面呈 45° 夹角,所以应将计算结果(RLD_v)乘以 $\sin 45^\circ$,得到垂直状态的细根体积根长密度。

在判定细根生死状态时参考 CI-600 配套说明书:在观测界面内,初次观测到的白色细根定义为新生细根,白色细根定义为活细根,如白色细根变为棕黑色则定义为死细根,如细根在观测界面内消失亦定义为死细根。通过判定后分析,可以分别得到棉花细根各时期的生长量和死亡量。假设细根在同一时期内(相邻 2 次获取数据间隔内)每天的生长速率(growth rate , A)和死亡速率(death rate , D)分别相等,由此通过细根生长量、死亡量与相邻 2 次获取数据间隔时间(T, d),可以分别计算 A, D ,即 $A=\Delta RLD_{v\text{生}}/T, D=\Delta RLD_{v\text{死}}/T$ 。其中 $\Delta RLD_{v\text{生}}、\Delta RLD_{v\text{死}}$ 分别表示同一时期内棉花细根的生长量、死亡量, A, D 的单位均为 $\text{mm}/(\text{cm}^3 \cdot \text{d})$ 。

通过动态观测,发现棉花细根的生长和死亡是同时进行的。为了更好地描述细根生长和死亡变化特征,引入 RAD 参数, $RAD=A/D$ 。 $RAD>1$ 时,生长速率大于死亡速率; $RAD<1$ 时,死亡速率大于生长速率; $RAD=1$ 时,生长速率等于死亡速率。

在本研究中,棉花细根年平均现存量是指 2016 生长季内每次观测所得细根现存量的平均值,棉花细根最大现存量是指 2016 生长季内所观测到的细根现存量最大值,棉花细根年生长量是指 2016 生长季内各时期细根生长量之和。利用参考文献[9]方法,估算棉花细根周转,周转 1=细根年生长量/细根年平均现存量,周转 2=细根年生长量/细根年最大现存量。

使用 CI-600 植物根系生长监测系统拍摄棉花细根图片,WinRHIZOTRON MF 2013 软件对拍摄图片进行分析,获取细根基本参数,Microsoft Excel 2010 软件对细根参数进行处理,IBM SPSS Statistics 22 进行数据分析。文中所涉及的所有数据均为整根观测管中的数据。

2 结果与分析

2.1 不同灌溉方式下棉花细根现存量动态变化规律

如表 2 所示,棉花生长季内滴灌和漫灌条件下的细根现存量动态变化趋势基本一致,表现为先增加后减少的趋势。5—6 月,2 种灌溉方式下的细根现存量之间差异不显著,但从 7 月初开始,滴灌棉花细根现存量明显高于漫灌的,并且在 8 月中旬出现峰值,分别为 12.513、10.024 mm/cm^3 ,随后下降。影响细根现存量的 2 大因素是细根生长和死亡,且细根的生长和死亡是同步进行的,故需对细根的生长过程和死亡过程分别进行深入研究。

表 2 滴灌棉花和漫灌棉花细根现存量

	mm/cm^3						
灌溉方式	0521	0611	0702	0724	0816	0906	0928
滴灌	5.250±0.671a	7.632±0.744a	10.952±0.672a	12.085±0.863a	12.513±0.588a	9.903±0.714a	7.746±0.711a
漫灌	5.174±0.611a	7.311±0.557a	9.215±0.571b	9.803±0.498b	10.024±0.560b	7.894±0.730b	6.225±0.744b

注 同列不同字母表示处理间差异显著($P<0.05$);下同。

2.2 不同灌溉方式下棉花生长速率和死亡速率季节变化

2.2.1 不同灌溉方式下棉花细根生长速率动态变化规律

如表 3、表 5 所示,滴灌棉花细根生长速率在 6 月 11 日—7 月 2 日达到峰值,为 0.171 $\text{mm}/(\text{cm}^3 \cdot \text{d})$,与其他时期差异显著($P<0.05$),然后出现下降趋势,到 9 月底降至最低,为 0.002 $\text{mm}/(\text{cm}^3 \cdot \text{d})$,与 8 月 16 日—9 月 6 日的细根生长速率差异不显著($P>0.05$),但与其他时期差异显著($P<0.05$)。漫灌棉花细根生长速率在 5 月 21 日—6 月 11 日期间最大,为 0.110 $\text{mm}/(\text{cm}^3 \cdot \text{d})$,与 6 月 11 日—7 月 2 日期间生长速率(0.101 $\text{mm}/(\text{cm}^3 \cdot \text{d})$)差异不显著($P>0.05$),与其他时期差异显著($P<0.05$),此后开始下降,到生长季末降至最低(0.003 $\text{mm}/(\text{cm}^3 \cdot \text{d})$),但与 8 月 16 日—9 月 6 日期间生长速率(0.004 $\text{mm}/(\text{cm}^3 \cdot \text{d})$)差异不显著($P>0.05$),与其他时期差异显著($P<0.05$)。

在所监测的整个生长季内,滴灌棉花细根生长速率峰值高于漫灌棉花生长速率峰值且差异显著,滴灌棉花细根平均生长速率($0.065 \text{ mm}/(\text{cm}^3 \cdot \text{d})$)高于漫灌的($0.048 \text{ mm}/(\text{cm}^3 \cdot \text{d})$),且差异显著。

表3 不同灌溉方式下棉花细根生长速率

灌溉方式	0521—0611	0611—0702	0702—0724	0724—0816	0816—0906	0906—0928	平均生长速率
滴灌	$0.119 \pm 0.011a$	$0.171 \pm 0.010a$	$0.064 \pm 0.019a$	$0.030 \pm 0.010a$	$0.004 \pm 0.002a$	$0.002 \pm 0.001a$	$0.065 \pm 0.004a$
漫灌	$0.110 \pm 0.019a$	$0.101 \pm 0.007b$	$0.042 \pm 0.010a$	$0.026 \pm 0.010a$	$0.004 \pm 0.002a$	$0.003 \pm 0.001a$	$0.048 \pm 0.004b$

2.2.2 不同灌溉方式下棉花细根死亡速率动态变化规律

如表4、表5所示,在生长季内,滴灌棉花细根死亡速率在5月21日—6月11日期间最低,为 $0.006 \text{ mm}/(\text{cm}^3 \cdot \text{d})$,然后开始上升,并在8月16日—9月6日达到峰值,为 $0.129 \text{ mm}/(\text{cm}^3 \cdot \text{d})$,高于其他时期,且差异显著($P < 0.05$),最后一个时期下降。漫灌棉花细根死亡速率同样在5月21日—6月11日期间最低,为 $0.008 \text{ mm}/(\text{cm}^3 \cdot \text{d})$,随后开始上升,在8月16日—9月6日期间达到峰值,为 $0.106 \text{ mm}/(\text{cm}^3 \cdot \text{d})$,高于其他时期,且差异显著($P < 0.05$),随后在最后一个时期下降。

表4 不同灌溉方式下棉花细根死亡速率

灌溉方式	0521—0611	0611—0702	0702—0724	0724—0816	0816—0906	0906—0928	平均死亡速率
滴灌	$0.006 \pm 0.002a$	$0.012 \pm 0.006a$	$0.013 \pm 0.007a$	$0.012 \pm 0.004a$	$0.129 \pm 0.008a$	$0.100 \pm 0.014a$	$0.045 \pm 0.001a$
漫灌	$0.008 \pm 0.002a$	$0.010 \pm 0.002a$	$0.015 \pm 0.010a$	$0.017 \pm 0.010a$	$0.106 \pm 0.006b$	$0.079 \pm 0.004b$	$0.039 \pm 0.003b$

表5 不同灌溉方式下棉花细根生长速率和死亡速率季节变化

时期	滴灌棉花		漫灌棉花	
	生长速率	死亡速率	生长速率	死亡速率
0521—0611	$0.119 \pm 0.011b$	$0.006 \pm 0.002c$	$0.110 \pm 0.019a$	$0.008 \pm 0.002c$
0611—0702	$0.171 \pm 0.010a$	$0.012 \pm 0.006c$	$0.101 \pm 0.007a$	$0.010 \pm 0.002c$
0702—0724	$0.064 \pm 0.019c$	$0.013 \pm 0.007c$	$0.042 \pm 0.010b$	$0.015 \pm 0.010c$
0724—0816	$0.030 \pm 0.010d$	$0.012 \pm 0.004c$	$0.026 \pm 0.010b$	$0.017 \pm 0.010c$
0816—0906	$0.004 \pm 0.002e$	$0.129 \pm 0.008a$	$0.004 \pm 0.002c$	$0.106 \pm 0.006a$
0906—0928	$0.002 \pm 0.001e$	$0.100 \pm 0.014b$	$0.003 \pm 0.001c$	$0.079 \pm 0.004b$

在所监测的整个生长季内,滴灌棉花细根死亡速率峰值高于漫灌棉花死亡速率峰值,且差异显著,滴灌棉花细根平均死亡速率($0.045 \text{ mm}/(\text{cm}^3 \cdot \text{d})$)高于漫灌的($0.039 \text{ mm}/(\text{cm}^3 \cdot \text{d})$),且差异显著。

2.3 不同灌溉方式下棉花细根RAD

如图2所示,在棉花整个生长季内,滴灌棉花和漫灌棉花细根RAD均呈现出逐渐减小的趋势。5月21日—8月16日期间,滴灌棉花和漫灌棉花细根RAD均大于1,表明在此期间内,棉花细根生长速率大于死亡速率,而在8月16日—9月28日滴灌棉花和漫灌棉花的细根RAD均小于1,表明在此期间内,棉花细根生长速率小于死亡速率。总体来看,在棉花生长季中,除花铃末期和吐絮期外,棉花细根生长速率均大于死亡速率,棉花细根动态是生死同步且生长占优势过程。

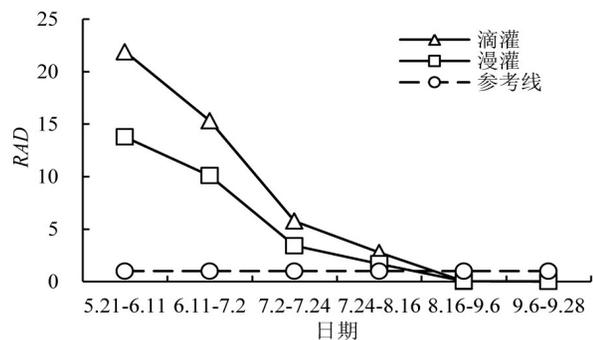


图2 不同灌溉方式棉花细根RAD动态变化

2.4 不同灌溉方式下棉花细根周转

如表6所示,滴灌棉花细根年生长量、平均现存量 and 最大现存量均显著高于漫灌棉花的。通过2种估算周转的方法得到的数值存在一定差异。通过平均现存量估算的滴灌棉花细根周转(0.88次)高于漫灌棉花细根周转(0.77次),通过最大现存量估算的滴灌棉花细根周转(0.67次)高于漫灌棉花细根周转(0.61次)。

表6 不同灌溉方式下棉花细根年生长量、平均现存量、最大现存量及周转

灌溉方式	年生长量/ $(\text{mm} \cdot \text{cm}^{-3})$	平均现存量/ $(\text{mm} \cdot \text{cm}^{-3})$	最大现存量/ $(\text{mm} \cdot \text{cm}^{-3})$	周转1/次	周转2/次
滴灌	$8.338 \pm 0.532a$	$9.440 \pm 0.685a$	$12.513 \pm 0.588a$	0.88	0.67
漫灌	$6.112 \pm 0.550b$	$7.949 \pm 0.567b$	$10.024 \pm 0.560b$	0.77	0.61

注 周转1由细根平均现存量计算,周转2由细根最大现存量计算

3 讨论

棉花属于直根系作物,其根系生长影响地上部干物质的累积,进而影响棉花产量^[10],其中细根作为吸收水分和养分的主要器官,其生长和死亡对根系整体的生长发育影响巨大。利用 CI-600 植物根系生长监测系统可以对不同灌溉方式棉花细根进行精准快速监测。研究发现,不同灌溉方式棉花细根现存量变化存在一些异同。2种灌溉方式棉花现存量在生长季内均呈现“低-高-低”变化规律,且2种灌溉方式棉花细根现存量均在8月16日达到最大,细根现存量明显受到季节的影响^[11-12]。但2种灌溉方式棉花细根现存量变化还是存在一些差异,在观测期内,7月2日、7月24日、8月16日和9月6日滴灌棉花细根现存量均显著高于漫灌棉花的,且滴灌棉花细根平均现存量高于漫灌棉花的,可知实施滴灌对细根现存量的增大具有促进作用^[13]。

棉花细根生长动态趋势随季节变化,与史建伟等^[14]的研究结果相同,生长季前期是细根生长的旺盛时期,随着季节的推进,细根生长速率逐渐降低。观测时期内,2种灌溉方式棉花细根生长动态呈现一定规律。滴灌棉花细根生长动态呈“单峰”曲线^[15],在6月11日—7月2日期间达到峰值,而漫灌棉花细根生长速率在5月21日—6月11日期间达到峰值,然后逐渐减小,滴灌棉花细根生长速率峰值明显高于漫灌棉花。造成上述差异的原因可能是漫灌棉花在生长季前期过高的灌水定额和施氮量对细根生长产生抑制,在生长季前期进行控水、控肥措施可能对棉花细根生长产生影响^[16]。

棉花细根死亡动态趋势随季节变化,8月16日前细根死亡速率较低,8月16日后到生长季末期细根死亡速率显著升高,在此期间,光合产物分配方式发生转变^[17],地上部与细根存在碳源竞争^[18],且土壤温度持续降低,导致细根在此期间大量死亡^[14]。与任爱天等^[19]的研究结果有一定差异,可能是由于观测时间选择不同导致。观测时期内,2种灌溉方式棉花细根死亡动态呈现一定规律。滴灌棉花细根死亡动态呈“单峰”曲线,在8月16日—9月6日期间达到峰值,明显高于其他时期。漫灌棉花细根死亡动态亦呈“单峰”曲线,在8月16日—9月6日期间达到峰值,且明显高于其他时期,滴灌棉花细根死亡速率峰值明显高于漫灌棉花的。可能是因为滴灌处理在8月末还在进行灌水,土壤温度比同时期漫灌处理低。

在8月16日前,滴灌棉花、漫灌棉花细根 *RAD* 分别为8.98、5.55,生长速率和死亡速率相差悬殊,随着吐絮期的到来、温度的降低,细根 *RAD* 迅速下降,并可能伴随只有细根死亡没有细根新生的现象,直至当年细根生长速率和死亡速率达到基本平衡^[20]。

在近年来的研究中,学者们经常使用细根平均现存量和最大现存量来估算细根周转^[21]。本研究发现通过平均现存量估算的滴灌棉花细根周转(0.88次)高于漫灌棉花细根周转(0.77次),通过最大现存量估算的滴灌棉花细根周转(0.67次)高于漫灌棉花细根周转(0.61次)。保持较高的周转说明植物生命活动旺盛,可以增加根系对水分和养分的利用效率^[18]。要进一步研究细根动态变化与产量的关系,还应与地上部氮素分配等相结合。

4 结论

1)不同灌溉方式下棉花细根现存量变化趋势基本一致,均呈“单峰”型曲线变化,但滴灌棉花细根现存量最大值和平均现存量均高于漫灌棉花的。在棉花生育期的前期,漫灌抑制了细根的生长,而在后期,滴灌促进了细根的死亡。滴灌棉花细根生长速率和死亡速率的最大值和平均值均高于漫灌棉花的。

2)在棉花生育期内,细根动态表现为生死同步,且生长处于优势地位。滴灌棉花细根周转(2种估算方式下)均高于漫灌棉花,相比漫灌方式,滴灌方式使棉花根系的生命活动更加旺盛。

参考文献:

- [1] 占爱. 提高养分、水分吸收的根系形态和生理调控[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2015.
- [2] NOGUCHI K, SAKATA T, MIZOGUCHI T, et al. Estimating the Production and Mortality of Fine Roots in a Japanese Cedar (*Cryptomeria Japonica* D.Don) Plantation Using a Minirhizotron Technique[J]. *Journal of Forest Research*, 2005, 10(6): 435-441.
- [3] 井大炜, 邢高军, 刘方春, 等. 保水剂-尿素凝胶对侧柏裸根苗细根生长和氮素利用率的影响[J]. *应用生态学报*, 2016, 27(4): 1 046-1 052.
- [4] 于立忠. 施肥对日本落叶松细根形态特征及养分含量的影响[D]. 哈尔滨:东北林业大学, 2006.
- [5] 杜有新, 潘根兴, 李恋卿, 等. 贵州中部喀斯特山地不同植被生态系统细根生态特征及养分储量[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(8): 1 926-1 932.
- [6] 张家洲. 新疆优质棉基地获四个“五年计划”[J]. *纺织科学研究*, 2014(2): 55-57.
- [7] 张福锁, 王激清, 张卫峰, 等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. *土壤学报*, 2008(5): 915-924.
- [8] 刘梅先, 杨劲松, 李晓明, 等. 滴灌模式对棉花根系分布和水分利用效率的影响[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(S1): 98-105.

- [9] BURTON A J, PREGITZER K S, HENDRICK R L. Relationships Between Fine Root Dynamics and Nitrogen Availability in Michigan Northern Hard wood Forests[J]. *Oecologia*, 2000, 125(3): 389-399.
- [10] 罗宏海, 张宏芝, 张亚黎, 等. 干旱区膜下滴灌条件下土壤深层水对棉花根系生长、分布及产量的影响[J]. *应用生态学报*, 2012, 23(2):395-402.
- [11] PREGITZER K S, ZAK D R, MAZIASZ J, et al. Interactive Effects of Atmospheric CO₂ and Soil-N Availability on Fine Roots of *Populus Tremuloides* [J]. *Ecological Applications*, 2000, 10(1): 18-33.
- [12] 陈建文, 史建伟, 王孟本. 不同林龄柠条细根现存量比较[J]. *生态学报*, 2016, 36(13):4 021-4 033.
- [13] 鲁为华, 任爱天, 杨洁晶, 等. 滴灌苜蓿田间土壤水盐及苜蓿细根的空间分布[J]. *农业工程学报*, 2014, 30(23): 128-137.
- [14] 史建伟, 王政权, 于水强, 等. 落叶松和水曲柳人工林细根生长、死亡和周转[J]. *植物生态学报*, 2007, 31(2):333-342.
- [15] 陈建文, 王孟本, 史建伟. 柠条人工林幼林与成林细根动态比较研究[J]. *生态学报*, 2011, 31(22):6 978-6 988.
- [16] 罗宏海, 张宏芝, 陶先萍, 等. 膜下滴灌条件下水氮供应对棉花根系及叶片衰老特性的调节[J]. *中国农业科学*, 2013, 41(10):2 142-2 150.
- [17] 罗宏海, 李俊华, 张宏芝, 等. 源库调节对新疆高产棉花产量形成期光合产物生产与分配的影响[J]. *棉花学报*, 2009, 21(5):371-377.
- [18] 程云环, 韩有志, 王庆成, 等. 落叶松人工林细根动态与土壤资源有效性关系研究[J]. *植物生态学报*, 2005, 29(3):303-310.
- [19] 任爱天, 鲁为华, 杨洁晶, 等. 棉花、苜蓿细根生长和死亡的季节变化[J]. *草业学报*, 2015, 24(6):213-219.
- [20] 王孟本, 陈建文, 史建伟, 等. 柠条人工幼林细根生长和死亡的季节变化[J]. *生态学报*, 2010, 30(19):5 121-5 130.
- [21] LEPPÄLAMMI-KUJANSUU J, SALEMAA M, DAN B K, et al. Fine Root Turnover and Litter Production of Norway Spruce in a Long-term Temperature and Nutrient Manipulation Experiment[J]. *Plant and Soil*, 2014, 374(1): 73-88.

Growth and Senescence of Fine Roots of Cotton under Drip Irrigation Differ from Those under Flooding Irrigation

HAI Xingyan¹, ZHANG Ze², MA Gexin², MA Lulu², LYU Xin¹

(1.College of Agronomy, Shihezi University, Shihezi 832003, China;

2. Key Laboratory of Oasis Ecological Agriculture, Xinjiang Production Group, Shihezi 832003, China)

Abstract: The development of plant roots depends on soil moisture, and this paper investigated experimentally how the fine roots of cotton respond to drip and flooding irrigations. The experiment was conducted in 2016 and the growth and senescence of the roots, including change in their lengths and diameters, were measured using the CI-600 root growth monitoring system, from which we calculated the growth rate (A), the senescence rate (D) and the growth-senescence ratio (RAD). The results showed that the biomass of the fine roots under the two irrigations reached a peak before declining drastically. The flooding irrigation led to an early growth of the roots compared with the drip irrigation, while in the late growth stages, the roots senesce faster under drip irrigation than under flooding irrigation. The growth and senescence rates, both average and maximum, under drip irrigation were faster than under flooding irrigation. The RAD calculated from the data revealed that the roots grew and senesced simultaneously, although the growth dominated over the senescence. The root turnover under drip irrigation was 0.88/0.67, slightly higher than that under flooding irrigation, which was 0.77/0.61. We also found that the roots under drip irrigation were more vigorous than those under flooding irrigation

Key words: cotton root; drip irrigation; flooding irrigation; root; turnover

责任编辑:赵宇龙