

有压微灌对超级稻水分利用特征和生长的影响研究

李 昀, 张立成*, 杨敬林, 肖卫华, 吴友杰
(湖南农业大学 工学院, 长沙 410128)

摘 要:【目的】探究有压微灌对超级稻耗水量及水稻生长的影响。【方法】通过水稻根系层埋置透水管,采用管道微灌增压方法进行室外盆栽试验。试验统计了自然降雨条件下有压微灌组(WY)和对照处理充分灌溉组(CK)的灌溉水量,并观测2种灌溉方式对水稻农艺性状的影响。【结果】水稻全生育期WY组平均每盆灌溉水量17.23 kg ($2.46 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$),CK组平均每盆灌溉水量21.25 kg ($3.04 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$),有压微灌相比充分灌溉减少灌溉水量18.92%;有压微灌处理水稻分蘖完成后,WY组平均分蘖数为31.167,CK组为27.083,有压微灌促进水稻的分蘖生长。水稻成熟后有压微灌组水稻植株和根系干物质量分别为92.46 g和9.41 g显著高于CK 87.22 g和8.39 g;有压微灌组水稻株高及构成产量因素中的穗长、穗实粒数、千粒质量等指标与CK无显著差异。【结论】有压微灌不产生土壤水层的灌溉方式提高水分利用效率,促进水稻的有效分蘖穗的发育生长、稻穗数增加、产量提高。

关 键 词:有压微灌; 超级稻; 耗水量; 农艺性状

中图分类号:S275.9

文献标志码:A

doi:10.13522/j.cnki.ggps.20180488

李昀, 张立成, 杨敬林, 等. 有压微灌对超级稻水分利用特征和生长的影响研究[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(4): 31-35, 99.

0 引 言

根系吸收水分是作物生长的根本特征,作物生长过程中所需水源主要来自土壤,土壤含水率高低对作物生长产生显著影响^[1]。不同类型的作物在生长过程中对土壤含水率要求不同。例如水稻是水生类作物,其对土壤水分要求较高,当土壤含水率低于土壤田间持水率的60%时,根系吸收水分能力减弱,生长受到抑制^[2],而对于旱地生长的油菜,当土壤含水率超过田间持水率的80%时,根系易出现烂根现象^[3]。因此,根据作物需水规律进行调控的适度水分灌溉方式是促进作物良好生长和提高产量的有效方式^[4]。另外适度水分灌溉可以有效节约灌溉水量,达到一种高效节水的作物栽培模式^[5]。目前的农田灌溉以传统的灌溉方式居多,灌溉方法比较粗略,水稻栽培仍以漫灌最为普遍,而旱地类作物的灌溉基本上是依靠天然降雨补充土壤水量,由于缺少科学的灌溉方法,致使水生作物易受旱害,而旱地作物易受涝害^[6-7]。现有的一些节水灌溉方法中仍存在一些不足,例如,滴灌类灌溉方式输水效率不高,对于耗水量大的作物,经常会出现供水量不足,且不利于控制灌溉水量,在实际农业生产中适应范围不广^[8-9]。对于目前农业水利在灌溉方面所存在的一些问题,提出了一种“有压微灌”的灌溉新技术,该种灌溉方式可以用于发展水稻旱作栽培探索。基于此,应用该项节水灌溉技术进行了超级稻栽培的试验研究。以求通过新的灌溉方式提高作物对水分利用效率,发展农业生产中的精准控制灌溉,达到作物对土壤水分高效利用和节约农业灌溉用水的目的,以为水稻旱作发展提供一定理论参考。

1 材料与方 法

1.1 试验概况

试验于2017年3月在湖南农业大学土肥资源高效利用国家实验室中心实验站进行。试验区的环境为

收稿日期:2018-09-10

基金项目:国家自然科学基金项目(C150705);湖南省研究生科研创新项目(CX2017B364)

作者简介:李昀(1998-),女,广东揭阳人。主要从事农田水利灌溉技术研究。E-mail: liyun741123@163.com

通信作者:张立成(1987-),男,湖南邵阳人。博士,主要从事农业土壤环境与水资源利用研究。E-mail: zlc730@163.com

亚热带季风湿润气候,年均温度为16~18℃,年降雨量约为1 400 mm。试验为保持水稻生长环境与自然条件下生长相同,采用露天盆栽种植水稻并对自然降雨量进行了统计分析,自然降雨量采用TPJ-32型雨量记录仪采集。栽种水稻的试验盆底面直径25 cm,盆高30 cm,上表面直径30 cm,每盆装土12 kg。试验土壤取自湖南农业大学耘园实验基地,为第四纪发育的红黄泥,土壤为黏壤土,土壤通气保水性较好,体积质量为1.2 g/cm³,肥力中等。

1.2 有压微灌原理及试验装置

有压微灌是建立在微灌基础上的一种新的灌溉方式,其原理是通过增压泵将蓄水池的水加压输出,通过变径管道多孔分流器,将主管管中的水流分成多股支流向作物供水。支流管道是直接向根系供水,有效减少了水分的渗漏损失和蒸发损失。由于管道供水端埋置在作物根系层,而泥土会对出水口造成一定的阻水作用,因此对输水管道增加一定的水压减少出水阻力使出水口的出水量满足作物根系对土壤水分的需求量。图1为有压微灌的试验装置示意图,其中,输水管采用内径为4 mm的硅胶软管,水管一端封闭,沿封闭端口每隔10 cm钻1个孔径1 mm的出水孔,1根水管钻10个小孔,出水孔用纱布缠绕防止泥浆堵塞。

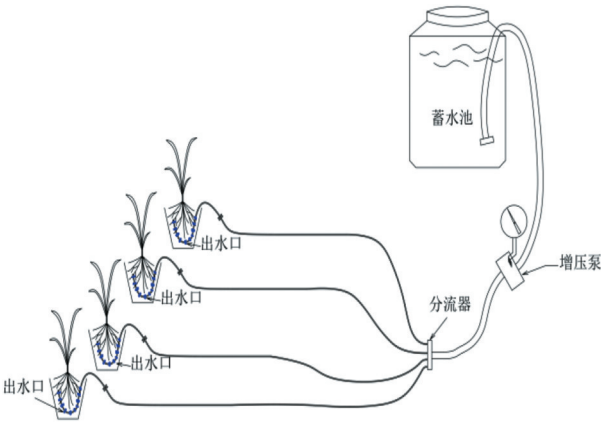


图1 有压微灌试验装置示意图

1.3 试验设计与方法

试验设计了有压微灌(WY)与充分灌溉(CK)2种处理。有压微灌是将开有小孔端的输水管埋入试验盆的土壤中,输水管沿试验盆的盆壁盘旋上升,使输送水分在不同深度的土层均匀扩散。充分灌溉采用传统方式,保持试验盆土层表面有5 cm左右深度的水层,当试验盆中无可见水层时开始用烧杯量取水量进行灌溉。有压微灌采用称质量法测定土壤含水率,当土壤含水率低于已测定的田间持水率时,通过计算达到田间持水率所需的灌溉水量进行定量输水。试验过程中记录每天的降雨量和每次灌溉水量,有压微灌的输水流量值是采用灌溉60 s后水池中的水减少量计算出每个试验盆的微压管输水流量。自然降雨时不灌水,采用雨量计在试验盆附近记录降雨量。试验记录了水稻全生育期充分灌溉组共灌溉41次,有压微灌组共灌溉48次。试验在水稻生长的分蘖中期、拔节孕穗期、灌浆结实期、成熟期对植株和根系进行农艺性状分析。

试验于3月23日开始播种育苗,4月20日移栽水稻幼苗,7月20日收割水稻。水稻苗移栽后开始记录自然降水量和有压微灌组、充分灌溉组的灌水量。试验采用连续10 d为一个阶段统计降水量和灌水量数据,每个阶段所对应的水稻生长时期如表1所示,各个阶段的降水量和灌水量统计结果如图2所示,每次灌水量采用离散点图用于统计阶段累积灌水量。

表1 水稻移栽后的各个阶段所对应的生长时期

阶段	1~10 d	11~20 d	21~30 d	31~40 d	41~50 d	51~60 d	61~70 d	71~80 d	81~90 d
水稻生长期	幼苗期	分蘖初期	分蘖中期	分蘖末期	拔节孕穗期	抽穗颖花期	灌浆结实期	乳熟期	成熟期

1.4 观测指标

对自然环境下的降雨量进行统计,有压微灌和充分灌溉的灌水量进行统计。检测了超级稻生长过程中的株高、分蘖数、根系活力、叶面积指数、植株和根系的干物质量、稻谷产量农艺性状指标。采用直尺从土壤表层量取至水稻剑叶的高度值作为水稻株高;采用TTC还原法^[10]测量根系活力;采用便携式激光叶面积仪CI-202(美国)测定水稻植株的所有叶片的面积累加值作为叶面积指数;采用精度为1/1000的天平(Mettler)称质量法测量植株和根系的干物质量。试验在水稻生长的分蘖中期(5月18日)、拔节孕穗期(6月4日)、灌浆结实期(6月26日)、成熟期(7月20日)对植株和根系农艺性状进行测量。

1.5 数据分析

采用Excel 2010软件记录测取的数据。水稻的株高、分蘖数指标是统计处理组所有的植株然后取平均值,其他观测指标是从每个处理中选取3株水稻求平均值。采用SPSS 19.0对数据进行差异显著性分析(Duncan's 新复极差法)。

2 结果与分析

2.1 有压微灌和充分灌溉水稻耗水量比较

由图2可知,水稻幼苗移栽后的90 d内,自然降水总量为699.0 mm(每盆水量49.38 L)大于充分灌水总量300.8 mm(每盆水量21.25 L)和微压灌水总量243.9 mm(每盆水量17.23 L)。水稻生长的不同阶段,自然降水量存在较大的波动性,当自然降水量减少时,有压微灌组与充分灌溉组的灌水量增加。水稻生长的每个阶段有压微灌组的灌水量和充分灌溉组的灌水量变化趋势相似,均为有压微灌组低于充分灌溉组。此外,有压微灌组和充分灌溉组的灌水量在水稻移栽的分蘖期、拔节孕穗期、抽穗颖花期这几个阶段灌水量较大,水稻幼苗期和成熟期灌水量较少。水稻移栽后的全生长过程,有压微灌组的总灌水量占水稻耗水量的25.87%,充分灌水组占总耗水量的31.90%,有压微灌组相比充分灌溉组的灌水量少18.92%。

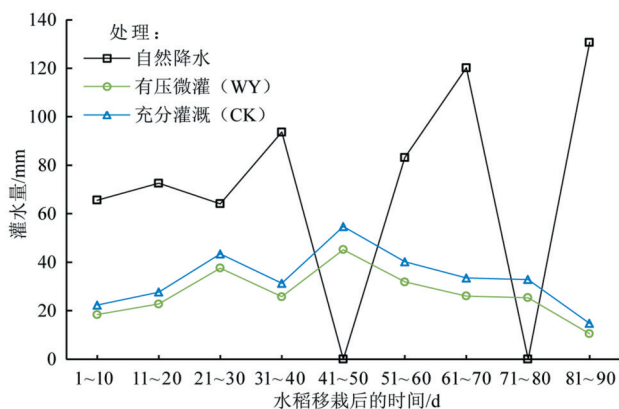


图2 水稻幼苗移栽后的灌水量

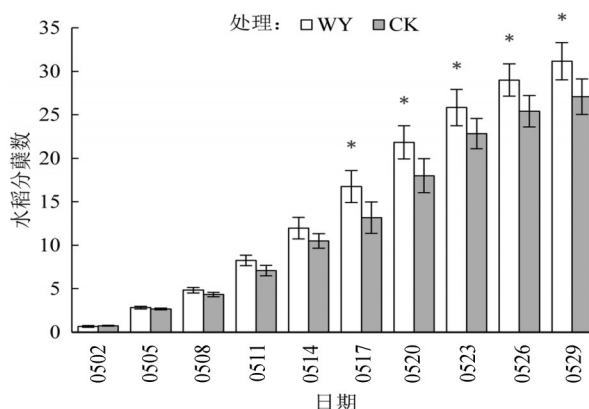


图3 有压微灌和充分灌溉组水稻分蘖期的分蘖数

2.2 有压微灌对水稻分蘖生长的影响

试验从有压微灌和充分灌溉2个处理组中分别选择6盆进行分蘖数的统计分析,分析结果如图3所示,图3中,*表示WY组与CK组数据经单因素方差分析差异显著($P<0.05$)。水稻生长分蘖初期,WY处理组分蘖数多于CK组,但无显著差异。水稻分蘖中期和后期,WY处理组分蘖数显著多于CK组,至水稻分蘖完成后WY组的平均分蘖数为31.167,CK组的平均分蘖数为27.083。说明有压微灌促进了水稻的分蘖生长。水稻分蘖是由水稻茎秆与根系交接部分的分蘖节上长新的茎秆,淹水会抑制分蘖节的发育,进而影响分蘖新茎的生长。有压微灌减少水分浸没对水稻茎秆分蘖节点的分化,有益于水稻分蘖节生长,水稻分蘖数增加。

2.3 有压微灌对水稻根系生长的影响

试验选取水稻生长过程中的分蘖中期、拔节孕穗期、灌浆结实期和成熟期水稻的根系和植株生长指标进行分析。表2是有压微灌和充分灌溉2种灌溉方式下,水稻生长不同时期的根系活力和根系干物质量的统计结果。水稻生长各个时期WY组根系活力值均大于CK组,且在分蘖中期和拔节孕穗期差异显著。2种灌溉方式下水稻的根系活力在拔节孕穗期达到最大,此生长时期之后,水稻根系活力下降,表明根系开始衰老。WY组成熟期根系活力15.43 mg/(g·h),CK组成熟期根系活力14.77 mg/(g·h),WY和CK组在水稻生长后期根系活力差异较小。通过对WY组和CK组的根系干物质质量观测,水稻分蘖中期,WY组根系干物质质量为6.05 g,CK组为6.17 g,2组水稻的根系干物质质量无明显差异。水稻拔节孕穗期、灌浆结实期、成熟期,WY组根系干物质质量分别为8.49、9.25、9.41 g显著大于CK组。水稻根系从拔节孕穗期开始生长减缓,根系干物质质量增加量较少。

表2 有压微灌和充分灌溉组水稻生长各个时期的根系活力和根系干物质质量

水稻生长时期	根系活力/(mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹)		根系干物质质量/g	
	WY	CK	WY	CK
分蘖中期	24.35±1.861*	20.63±1.925	6.05±0.162	6.17±0.216
拔节孕穗期	30.71±1.657*	27.84±2.448	8.49±0.407*	7.74±0.676
灌浆结实期	18.27±0.878	16.52±1.876	9.25±0.430*	8.24±0.734
成熟期	15.43±1.019	14.77±1.576	9.41±1.291*	8.39±0.830

注 *表示WY组与CK组数据经单因素方差分析差异显著($P<0.05$)。

2.4 有压微灌对水稻植株生长的影响

表3统计了WY组和CK组水稻生长过程中的分蘖中期、拔节孕穗期、灌浆结实期、成熟期植株累积叶面积、植株干物质量、株高。分蘖中期WY组和CK组累积叶面积无显著差异,拔节孕穗期、灌浆结实期、成熟期WY组累积叶面积大于CK组差异显著。2种灌溉方式下水稻生长过程中的拔节孕穗期累积叶面积最大,生长后期的灌浆结实期和成熟期累积叶面积下降,水稻累积叶面积的变化趋势与根系活力相同。水稻生长后期,茎秆的倒3叶片出现枯萎现象,累积叶面积下降。水稻生长发育过程,其植株干物质量不断增加。水稻分蘖中期WY组和CK组的植株干物质量相比较无显著性差异,拔节孕穗期、灌浆结实期、成熟期WY组大于CK组差异显著。水稻生长过程中从拔节孕穗期到灌浆结实期植株干物质量增加最快。可见,水稻生长过程中的各个时期WY和CK组株高无显著差异。说明有压微灌对水稻株高不产生影响。

表3 有压微灌和充分灌溉组水稻累积叶面积、植株干物质量和株高

水稻生长时期	植株累积叶面积/cm ²		植株干物质量/g		株高/cm	
	WY	CK	WY	CK	WY	CK
分蘖中期	660.37±20.602	620.91±20.514	52.18±2.474	49.26±2.037	70.24±4.030	70.16±2.546
拔节孕穗期	1 340.29±62.111*	1 258.44±42.671	61.73±3.633*	54.68±4.388	91.53±3.394	91.04±4.112
灌浆结实期	1 167.42±40.963*	1 012.13±27.678	80.95±4.051*	73.15±4.818	107.28±4.861	106.58±2.577
成熟期	1 047.38±41.150*	930.65±39.803	92.46±2.644*	87.22±2.782	107.31±4.979	107.82±3.868

注 *表示2组之间的差异显著性(P<0.05)。

2.5 有压微灌对水稻产量指标的影响

水稻成熟后,分别选取WY和CK组3株水稻,统计平均每株穗数、平均每株穗长、千粒质量、平均每穗实粒数、平均每株谷粒质量等产量指标,统计结果如表4所示。WY组平均每株穗数为26.37,大于CK组差异显著。WY组的平均每株谷粒质量3 962.88 g,大于CK组差异显著。WY和CK组水稻的平均每株穗长、千粒质量和平均每株穗粒数的产量指标无显著差异。有压微灌主要影响水稻的有效穗数,有效分穗数的增加使其产量提高。

表4 有压微灌与充分灌溉组水稻产量指标比较

处理	平均每株穗数	平均每株穗长/cm	千粒质量/g	平均每穗实粒数	平均每株谷粒质量/g
WY	26.37±1.527*	16.64±0.577	23.49±0.021	150.27±0.529	3 962.88±20.033*
CK	23.49±1.732*	17.31±0.503	23.43±0.018	151.30±0.902	3 554.41±10.536*

注 *表示2组之间的差异显著性(P<0.05)。

3 讨论

灌溉方式主要是对作物的农艺性状和灌溉用水量产生影响,陆红飞等^[11]研究了干湿交替灌溉条件下有利于水稻茎节发育并能提高其抗倒伏能力。也有研究指出间歇灌溉与长期淹水灌溉相比较,间隙灌溉水稻株高降低,水稻根系在水分减少情况下,植株生长受到抑制^[12-13]。灌溉方式对水稻株高的影响尚无一致的结论,有学者研究认为间隙灌溉及其他的节水灌溉措施与淹水灌溉相比较水稻株高差异不显著^[14-15]。本研究中的有压微灌与对照组相比较水稻株高无显著差异,有压微灌是对水稻根系层进行加压灌溉,保证了水稻根系的水分供给,没有对土壤水分进行亏缺调节,但有压微灌又做到水稻表层土壤无水层,减少水分蒸发损失。本试验研究通过对2种灌溉方式的灌水量统计分析,对于有自然降水和无渗漏损失的条件下有压微灌相比充分灌溉减少了灌溉水量18.92%,说明有压微灌的节水效果较为明显。有压微灌是一种不建立土壤水层的灌溉,此外,还直接向根系层供水,提高了水稻根系对水分的吸收利用率。有压微灌的无淹水状态使土壤通透性提高,土壤中的气体量上升,有利于根系进行有氧呼吸。采用有压微灌土壤表面无可见水层,减少了土壤的水分蒸发损失,这是有压微灌相比充分灌溉减少灌溉水量的一个重要因素。谷鹏等^[16]研究了几种不同灌溉方式对农田土壤的影响,节水灌溉能够显著提高土壤的通透性并使微生物的丰度增加,其中节水灌溉与土壤通透性显著相关,这与本研究结果一致。本试验对有压微灌和充分灌溉组的水稻根系活力进行测定,在水稻生长分蘖中期,2组灌溉方式水稻根系活力无显著差异,随后有压微灌组水稻根系活力大于充分灌溉组,且差异显著。有压微灌土壤表层有细小的缝隙,空气通过缝隙进入土壤根系层提高了作物根际周围的氧气量,有益于水稻根系呼吸,进而根系活力提升。相关学者研究过土壤长期的淹水环境使水稻根

系长期在低氧环境下生长,根系无氧呼吸作用增强易造成烂根、黑根,使根系活力下降^[17]。根系活力是作物生长的一个重要指标,其活力特性不仅与根系生长相关,还影响到根系吸收水分和养分,输送营养物质至根上部分^[18]。本研究中2种灌溉方式下根系干物质量与根系活力变化趋势相同,说明根系活力对根的生长产生影响。有压微灌可以促进水稻植株的分蘖生长,水稻分蘖中期有压微灌组水稻分蘖数显著大于充分灌溉组。众多学者研究认为,在水稻分蘖期应适当排水,浅水条件有利于水稻主茎的分蘖节点上新生茎的长出,从而提高水稻的有效分蘖能力并能够提高叶片中的硝酸还原酶活性的提高^[19-20]。本研究中的有压微灌组土壤表面无水层覆盖,水稻分蘖数要多于充分灌溉组,这和人研究的结果相同。有压微灌组水稻分蘖数的增加,水稻植株的叶面积累积指数和植株干物质量相应增加。水稻分蘖生长是影响到水稻穗数的重要因素,进而影响到水稻产量。本研究仅是采用盆栽水稻试验方法得出的有压微灌可以节约灌溉水量和促进水稻作物的生长,对于大田水稻试验可以采用旱作模式,在水稻根系层埋置有压微灌管道对其进行供水,大田试验将会持续跟进研究,以便将本研究的灌溉方法推广应用于雨量较少的地区。

4 结 论

- 1)有压微灌可以有效提高灌溉水利用效率,节约灌溉用水量,相比充分灌溉节水18.92%。
- 2)有压微灌提高水稻根系活力,促进根系生长和水稻的分蘖生长,水稻分蘖数的增加使水稻穗数增加,进而产量增加。
- 3)有压微灌对水稻的株高、平均每株穗长数、千粒质量、平均每穗实粒数不产生影响。

参考文献:

- [1] SHI J, LI S, ZUO Q, et al. An index for plant water deficit based on root-weighted soil water content[J]. Journal of Hydrology, 2015, 522:285-294.
- [2] 张立成, 谢立钧, 胡德勇, 等. 土壤水分调控对超级稻根系特征的影响[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(4):34-38.
- [3] HAKOJÄRVI M, HAUTALA M, RISTOLAINEN A, et al. Yield variation of spring cereals in relation to selected soil physical properties on three clay soil fields[J]. European Journal of Agronomy, 2013, 49(49):1-11.
- [4] 姚德龙, 高繁, 李志军, 等. 杨凌地区冬小麦-夏玉米水分供需适配性分析[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(1):115-120,163.
- [5] 王亚许. 干旱期大田作物需水分析及灌溉方案优化研究[D]. 北京:中国水利水电科学研究院, 2017.
- [6] 崔远来, 吴迪, 王士武, 等. 基于改进SWAT模型的南方多水源灌区灌溉用水量模拟分析[J]. 农业工程学报, 2018, 34(14):94-100.
- [7] AHMAD S, AHMADA, ALI H, et al. Application of the CSM-CERES-Rice model for evaluation of plant density and irrigation management of transplanted rice for an irrigated semiarid environment[J]. Precision Agriculture, 2013, 31(3):491-506.
- [8] ZOU X, LI Y, CREMADES R, et al. Cost-effectiveness analysis of water-saving irrigation technologies based on climate change response: A case study of China[J]. Agricultural Water Management, 2013, 129(6):9-20.
- [9] 张喜英. 华北典型区域农田耗水与节水灌溉研究[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(10):35-45.
- [10] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社, 2006.
- [11] 陆红飞, 郭相平, 甄博, 等. 旱涝交替胁迫下水稻茎节发育及其抗倒伏能力[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(8):47-52.
- [12] ZHANG Zhengbin, XU Ping, SHAO Hongbo, et al. Advances and prospects: biotechnologically improving crop water use efficiency[J]. Critical Reviews in Biotechnology, 2011, 31(3):281-293.
- [13] 朱士江, 孙爱华, 张忠学, 等. 不同节水灌溉模式对水稻分蘖、株高及产量的影响[J]. 节水灌溉, 2013(12):16-19.
- [14] AVILA L A D, MARTINI L F D, MEZZOMO R F, et al. Rice water use efficiency and yield under continuous and intermittent irrigation[J]. Agronomy Journal, 2014, 107(2):442-448.
- [15] CARRIJO D R, AKBAR N, REIS A F B, et al. Impacts of variable soil drying in alternate wetting and drying rice systems on yields, grain arsenic concentration and soil moisture dynamics[J]. Field Crops Research, 2018, 222:101-110.
- [16] 谷鹏, 焦燕, 杨文柱, 等. 不同灌溉方式对农田土壤微生物丰度及通透性的影响[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(1):21-27.
- [17] 肖卫华, 刘强, 姚帮松, 等. 增氧灌溉对杂交水稻根系生长及产量的响应研究[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(6):68-71.
- [18] 侯丹平, 余超, 刘海浪, 等. 水稻高产高效的根系特性及其调控[J]. 中国稻米, 2018, 24(4):3-8.
- [19] 李桂元, 李康勇, 胡春艳. 南方地区超级杂交水稻田间灌溉排水管理最优化研究[J]. 中国农村水利水电, 2018(5):14-17, 22.
- [20] 甄博, 郭相平, 陆红飞, 等. 分蘖期旱涝交替胁迫对水稻生理指标的影响[J]. 灌溉排水学报, 2017, 36(5):36-40.

(下转第99页)

with the areas with poor vegetation coverage deteriorating further. ②Spatially, areas with poor natural vegetation coverage was in the region from the confluence of the Yarkant River and Tiznafu River to the confluence of the Three Rivers. Vegetation coverage loss from 2000—2016 was mainly caused by deterioration of the areas with poor vegetation from the Kaqun reservoir downstream to the confluence of the Yarkant River and Tiznafu River.

【Conclusion】 The deterioration of vegetation coverage in the study area was ascribed to increased evapotranspiration and dropping of groundwater table due to overusing groundwater and surface water.

Key words: vegetation coverage; remote sensing; dynamic change; *NDVI*; Yarkant River

责任编辑:白芳芳

(上接第35页)

Yield and Water Use efficiency of Super Rice under Pressurized Subsurface Micro-irrigation

LI Yun, ZHANG Licheng*, YANG Jinglin, XIAO Weihua, WU Youjie

(College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: **【Objective】**The purpose of this paper is to study the effect of water pressure in subsurface micro-irrigation on water consumption and growth of super rice. **【Method】**The experiment was conducted in pots where the emitters of the micro-irrigation system were buried in the root zone. We compared the pressurized system (WY) and standard system (CK) for their impact on growth traits of the rice. **【Result】**The overall irrigation amount in the WY and CK was 17.23 kg ($2.47 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$) and 21.5 kg ($3.02 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$) respectively. WY increased rice tillers to 31.167, dry matter of the shoot to 92.46 g and dry matter of the root to 9.41 g, compared with their associate value of 27.083 for tillers, and 87.22 g and 8.39 g for dry matter of the shoot and the root, respectively, under CK. There was no significant difference between WY and CK in other factors, including plant height, ear length, spikelet number and the weight of 1 000 grains. **【Conclusion】**WY improved water utilization efficiency and promoted tillering, thereby ultimately improving the yield.

Key words: pressurized micro-irrigation; super rice; water consumption; agronomy characteristics

责任编辑:赵宇龙