

刘 艳,孙文涛,雋英华.控水对水稻生长发育及产量的影响[J].江苏农业科学,2018,46(4):53-55.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.04.013

控水对水稻生长发育及产量的影响

刘 艳,孙文涛,雋英华

(辽宁省农业科学院植物营养与环境资源研究所,辽宁沈阳 110161)

摘要:通过控水盆栽试验,研究了不同控水条件下水稻生长发育和产量的变化。结果表明,常规淹水灌溉对水稻分蘖前期的叶绿素含量 (SPAD 值) 和叶面积指数 (LAI) 有增加的影响趋势,但后期下降较快,导致产量很低。干湿交替循环控水灌溉显著提高了水稻叶片 SPAD 值、叶面积指数和地上部干物质积累,有利于同化物的输出,促进籽粒灌浆结实,显著增加有效穗数、穗粒数和结实率,从而最终增加水稻产量。W3 处理控水到 -25 kPa 时,出现了水分亏缺现象,尤其在抽穗灌浆期导致叶面积下降,最终影响干物质生产和产量形成。因此适当控水使稻田处于“干湿交替”的水分循环状态 (本试验中控水到 -15 kPa),有利于干物质生产,增加经济产量,实现节水增产高效利用的目标。

关键词:水分调控;水稻;叶绿素含量;叶面积指数;产量

中图分类号: S511.07 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)04-0053-03

水稻是我国重要的粮食作物,截至 2013 年其播种面积达到 3 031 万 hm^2 ,占全国粮食作物的 27%,总产量超过 2 亿 t,占全国粮食作物的 34% 左右。而水稻的耗水量却占全国总用水量的 54% 左右,占农业总用水量的 65% 以上^[1]。传统的淹水种植模式,不仅影响水稻高产潜力的发挥,而且随着水资源的日益紧缺,引发了水稻发展与有限水资源之间的矛盾,同时因径流、渗漏和排水引起环境污染^[1-3],因此水稻控水节水栽培问题逐渐成为人们关注的热点。国内相关研究表明,随着灌水量的增加,水稻的产量并不明显增加,甚至有下降的趋势,在作物适宜阶段进行适度的水分亏缺调控,对于促进群体高产更有效^[4-6]。为探索控水方式对水稻产量的影响,本试验采用防雨棚盆栽的方式,以土壤水势为灌溉指标,设定常规淹水灌溉、节水灌溉和干湿交替灌溉这几种方式研究了不同程度的水分调控对水稻 SPAD 值、叶面积指数、生物量、土壤微生物量和产量等一些指标的影响,以期发现节水灌溉的最优调控方式,为实现水稻高产、水资源高效利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在辽宁省农业科学院试验基地盆栽场进行,时间为 2013 年 6—10 月,供试品种为辽星 21,全生育期 155 d。供试土壤来自于辽宁省沈阳市汪家镇水稻土,类型为棕壤土,供试土壤有机质含量为 1.55%,全氮含量 0.075%,碱解氮含量 58 mg/kg ,速效磷含量 29.15 mg/kg ,速效钾含量

128.9 mg/kg , pH 值 7.3。

1.2 试验设计

采取单因素随机区组试验。设 4 个水分调控处理,10 次重复,水分设计见表 1。试验采用塑料桶 (直径 26 $\text{cm} \times$ 高 28 cm) 栽种,取稻田土晒干后过筛,每桶装土 15 kg ,把桶 3/4 埋于土中。移栽前 5 d 放水浸泡,6 月 3 日移栽。每桶移栽 3 穴,每穴 3 苗,将桶置于防雨棚内。用中国科学院南京土壤研究所生产的真空表型负压式土壤湿度计测定土壤水势,埋设深度为陶土头中心距土表 10 cm ,每天 09:00 记载负压表读数,然后根据处理要求及时补水并记录灌水量。各处理施肥量相同,分别为 $\text{N } 210\text{ kg/hm}^2$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5\text{ } 90\text{ kg/hm}^2$ 、 $\text{K}_2\text{O } 90\text{ kg/hm}^2$ 。氮肥以 5:3:2 比例按照基肥、分蘖肥、穗肥分 3 次施入,磷、钾肥做基肥移栽前一次施入,氮肥为普通尿素 (46% N),磷肥为磷酸二铵 (46% P_2O_5),钾肥为氯化钾 (60% K_2O)。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 考种 每个重复固定 3 桶样株用于考种测产,包括有效穗数、每穗实粒数、千粒质量和产量。

1.3.2 叶面积指数 (LAI) 测定 分别在拔节期、抽穗期、乳熟期选取有代表性植株 2 株,用 YMJ 型叶面积仪测定全部叶片的叶面积,计算叶面积指数,即 $\text{LAI} = \text{总叶面积} / \text{占地面积}$ 。

1.3.3 生物量测量 分别在拔节期、抽穗期、乳熟期、成熟期选取有代表性植株 2 株,将植株地上部分按茎叶、穗分开,先在烘箱中 105 $^{\circ}\text{C}$ 杀青 30 min ,再调至 80 $^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒质量,冷却至室温后用 1/1 000 电子天平称取干质量。

1.3.4 叶绿素含量的测定 采用日本产的 SPAD-502 叶色测量仪分别在拔节期、抽穗期、乳熟期,选取各处理 10 株有代表性的植株测定倒 3 叶的叶绿素相对含量,以 SPAD 值表示。

2 结果与分析

2.1 不同水分处理对叶片 SPAD 值的影响

叶绿素是光合作用过程中影响光能吸收和转化的关键色素,与光合速率呈极显著正相关。从图 1 可以看出,各处理的

收稿日期:2016-08-20

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201503118-8);国家科技支撑计划(编号:2013BAD05B07)。

作者简介:刘 艳(1980—),女,辽宁盘锦人,硕士,副研究员,从事植物营养与肥科学研究。E-mail:liuyan1980@163.com。

通信作者:孙文涛,博士,研究员,主要从事植物营养与肥科学研究。E-mail:wentaos@163.com。

表 1 试验处理水分设计

处理	水层 (mm)					黄熟期
	返青期	分蘖前期	分蘖后期	拔节至开花	乳熟期	
常规灌溉 W0	10-30-40	10-30-40	10-30-40	20-50-60	20-50-60	落干
节水灌溉 W1	10-30-40	0-30-40	晒田 5 d	落干 2 d-40-60	落干 3 d-40-60	落干
浅湿干交替 W2	10-30-40	待自然落干至土壤水势为 -15 kPa 时,再复水至 30 mm				落干
浅湿干交替 W3	10-30-40	待自然落干至土壤水势为 -25 kPa 时,再复水至 30 mm				落干

注:插秧时田面水深为 30 mm 水层;表中水层为适宜水层下限-适宜水层上限-允许最高水层;施肥时水层深度要求在 10~30 mm。

SPAD 值随生育期的推进变化趋势一致,呈抛物线变化,先升高后降低,在抽穗期达到最高值。在拔节期以前,淹灌处理 W0 的 SPAD 值较高,但是在抽穗期以后出现急速下降的趋势。干湿交替 W2 处理在抽穗期以后 SPAD 值都显著高于其他处理,说明合理控制水分有利于茎、叶的生长,这也为水稻后期生长较高的光合速率提供了物质基础。

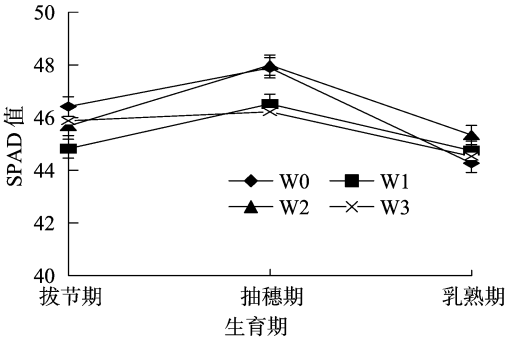


图 1 不同控水处理对叶片 SPAD 值的影响

2.2 不同水分处理对叶面积指数的影响

叶面积指数(LAI)是反映水稻群体大小较好的指标,叶面积过大或者过小都会影响水稻生长。从图 2 可以看出,各处理叶面积指数都在抽穗期时达到顶峰,然后随着叶片的衰老枯黄叶面积指数逐渐降低。拔节期常规灌溉 W0 的 LAI 最大,与节水灌溉处理 1 差异显著,说明水稻在营养生长期,淹水条件有利于叶片生长;但在抽穗期以后 W2 处理的 LAI 显著高于其他处理,可能是由于干湿交替处理,改善了土壤的通气性,使根系发达,可以提高叶面积指数,维持较长的功能持续期,这与叶片 SPAD 值的结果相吻合。

2.3 不同水分处理对各生育期干物质累积及收获指数的影响

水分调控对水稻各部位干物质的积累量在不同时期存在

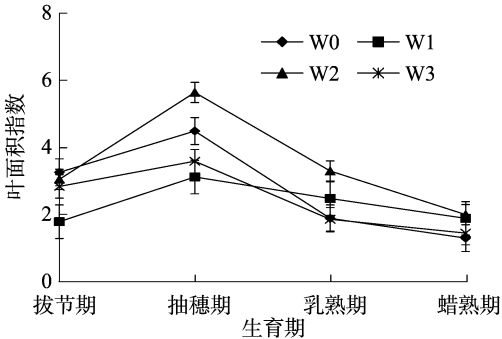


图 2 不同控水处理对叶面积指数的影响

一定差异,从表 2 可以看出,常规灌溉的植株茎叶干物质质量在各时期都高于控水处理,这是由于淹水处理下,水稻始终水分供应充足,分蘖较多,茎叶生长茂盛,从而使生物量高于控水处理植株。对穗部干物质积累的调查发现,前期各处理穗部干物质积累量差异不显著,后期差异较大,成熟期干湿交替 W2 处理比 W3 处理高 38.2 g/盆,比常规灌溉处理高 34.5 g/盆,差异都达到显著水平。

不同水分调控对稻谷收获指数也有不同程度的影响。干湿交替 W2 处理成熟期的生物量和收获指数均为最高,与常规淹水灌溉和 W3 处理差异都达显著水平,说明适时合理地控制灌水不会影响水稻干物质的积累量,还会显著提高其收获指数,本试验中各处理的收获指数表现为 W2>W1>W3。常规灌水 W0 处理由于生长在水分充足的环境中,无效分蘖较多,有效穗数减少,导致产量偏低,所以收获指数最低。前人研究表明,在一定的生物产量范围内,收获指数随着生物产量的提高而增加,两者呈正相关关系^[7]。从表 2 可以看出,试验中各处理的收获指数与成熟期的干物质积累量变化趋势表现基本相同。

表 2 不同水分处理对各生育期干物质累积的影响

处理	干物质(g/盆)							收获指数 (%)
	拔节期	抽穗期		乳熟期		成熟期		
	茎叶	茎叶	穗	茎叶	穗	茎叶	穗	
W0	67.7c	94.4a	11.8a	94.0b	40.8a	99.6c	59.4a	29.7a
W1	41.3a	75.6a	18.0a	82.8a	52.3b	78.6ab	69.2a	38.1bc
W2	52.5b	89.2a	19.1a	93.2b	65.0c	86.8bc	93.9b	40.5c
W3	52.6b	89.1a	16.1a	79.6a	42.7a	62.4a	55.7a	35.7b

注:同一列不同小写字母表示差异达到显著水平(P<0.05)。下同。

2.4 不同水分处理对水稻产量及其构成的影响

从表 3 可以看出,浅干湿交替 W2 处理产量最高,与 W0 和 W3 处理差异都达到显著水平,可能与灌浆后期较高的叶

绿素含量有关。但过分控水,造成水分严重亏缺的话,也不利于增产,试验中干湿交替 W3 处理灌浆期出现了水分胁迫的症状,因此产量与常规处理无差异,甚至偏低。

分析水稻的各项产量指标发现,各处理间穗长和千粒质量差异不明显,但有效穗数、穗粒数和结实率差异显著,W2 显著高于 W0 和 W3。可见,在对水稻土壤水分进行调控后,

虽然茎蘖穗数减少了,但是却可以有效控制无效分蘖,避免水稻群体过大,茎蘖互相争肥,从而促进水稻个体发育,最终获得高产。

表 3 不同水分管理方式下水稻产量及产量构成因素

处理	有效穗数 (个/盆)	穗粒数 (粒/穗)	穗长 (cm)	结实率 (%)	千粒质量 (g)	产量 (g/盆)
W0	22.5bc	182.7b	17.3a	77.8c	23.1a	47.3a
W1	21.5ab	157.8c	17.9a	87.7a	24.3a	56.3ab
W2	24.5c	197.2a	18.2a	91.0a	24.5a	73.2b
W3	19.0a	156.1c	16.9a	82.5b	21.4a	42.1a

3 结论与讨论

程建平等研究认为,间歇控水灌溉有利于增加每穗实粒数和每穗颖花数,结实率明显提高,千粒质量加大,最终形成的产量结果比对照增产显著^[8-10]。本试验研究结果得出相似结论,与常规淹水灌溉相比,浅干湿交替灌溉模式产量较高,主要原因就是拔节孕穗期,干湿交替处理有利于“源”的积累和“库”的形成,生育中后期干湿交替灌溉有利于同化物的输出,促进籽粒灌浆结实,显著增加有效穗数和穗粒数,提高结实率,从而最终增加水稻产量。但是 W3 处理设定控水到 -25 kPa 时,出现了水分亏缺现象,尤其是在需水较多的抽穗灌浆期,“源”的不足,严重阻碍籽粒灌浆结实,导致穗粒数、结实率和千粒质量降低,是造成减产的主要原因,这与傅志强等的研究结果^[11]相一致。

本研究中,水稻拔节前期,常规淹水灌溉由于水分充足,无效分蘖多,水稻叶片生长较为茂盛,叶片的 SPAD 值较高,叶面积指数较大。在拔节后期,干湿交替循环灌溉提高了土壤的通气性,促进了根系的良好发育和对水分、养分的吸收,达到以根养叶的目的,使叶片增长快于淹灌处理,而且叶绿素 SPAD 值也显著提高,使水稻生长有了更大的光合面积,为水稻高产奠定物质基础。干湿交替和节水灌溉下的水稻在生育后期还保持了较高的叶面积指数,延缓了叶片衰老,延长了叶片的功能期,主要是利用水稻的补偿性生长效应在适度干旱时复水,增加土壤通透性,促进植株根系代谢变化影响水稻叶片生长和籽粒充实,为水稻最终获得高产奠定基础。

前人研究认为水稻灌水量过多或过少都会引起根系和冠层功能的下降,不利于干物质积累^[12-13]。本试验结果表明,常规灌溉可以使水稻前期分蘖增多,生物量变大,但生育后期由于土壤长期淹灌造成氧化还原电位下降^[14],使土壤呈强还原状态,分解出大量的有机酸、硫化氢等还原性物质,使土壤酸度增加,通气性变差,根部生长环境受到限制,叶片叶绿素分解大于合成,地上部干物质质量下降显著。干湿交替循环控水灌溉的灌水量少,水稻生长健壮,根系发达,有利于矿质营养的吸收,促进叶片生长,地上部干物质积累多,有较明显的节水、增产效应。赵俊芳等的研究也表明,节水灌溉利于根系生长,发达的根系系统能更多地吸收营养供应地上部生长,但控水程度较大,不能满足植株正常生长发育所需水分时,会出现水分胁迫症状,影响水稻生长发育,造成水稻减产^[15]。本

试验中的节水 W1 和干湿交替 W3 处理就出现了过度控水,导致亏缺干旱的情况。因此适当控水使稻田处于“干湿交替”的水分循环状态,既能提高水稻叶面积指数、叶绿素含量,同时还能增加干物质积累量,提高干物质向籽粒中的分配比率、提高运转效率,增大收获指数,提升经济效率,达到节水增产高效利用的目标。

参考文献:

[1] 茆智. 水稻节水灌溉及其对环境的影响[J]. 中国工程科学, 2002,4(7):8-16.

[2] 程旺大,赵国平,张国平,等. 水稻节水栽培的生态和环境效应[J]. 农业工程学报,2002,18(1):191-194.

[3] 彭世彰,徐俊增,黄乾,等. 水稻控制灌溉模式及其环境多功能性[J]. 沈阳农业大学学报,2004,35(5/6):443-445.

[4] 邢春秋,王来福,马艳. 水稻节水控制灌溉技术试验总结[J]. 垦殖与稻作,2005(4):24-26.

[5] 迟道才,林文华,朱庭芸,等. 水稻节水灌溉技术研究现状与发展趋势[J]. 垦殖与稻作,2003(5):39-41.

[6] 迟道才,王宣,张玉龙,等. 水稻节水高产灌溉模式及土壤水分能量调控标准研究[J]. 灌溉排水学报,2003,22(4):39-42.

[7] 吕艳东,郑桂萍,郭晓红,等. 控水灌溉对寒地水稻物质生产及灌浆动态和产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(5):120-127.

[8] 程建平,曹凑贵,潘圣刚,等. 不同灌溉方式下水稻产量性状相关性分析[J]. 灌溉排水学报,2008,27(1):96-99.

[9] 彭世彰,郝树荣,刘庆,等. 节水灌溉水稻高产优质成因分析[J]. 灌溉排水学报,2000,19(3):3-7.

[10] 杨丽敏. 间歇灌溉对水稻生长发育及产量性状的影响[J]. 北方水稻,2008,38(3):68-69.

[11] 傅志强,黄璜,朱华武,等. 不同灌溉方式对水稻生长及产量的影响[J]. 作物研究,2011,25(4):299-303.

[12] 曾翔,李阳生,谢小立,等. 不同灌溉模式对杂交水稻生育后期根系生理特性和剑叶光合特性的影响[J]. 中国水稻科学,2003,17(4):355-359.

[13] 杨建昌,王志琴,刘立军,等. 旱种水稻生育特性与产量形成的研究[J]. 作物学报,2002,28(1):11-17.

[14] 刘艳,孙文涛,宫亮,等. 水分调控对水稻根际土壤及产量的影响[J]. 灌溉排水学报,2014,33(2):98-100.

[15] 赵俊芳,杨晓光,陈斌,等. 不同灌溉处理对早稻根系生长及水分利用效率的影响[J]. 中国农业气象,2004,25(4):44-48.