

抽穗前水分供应对寒地水稻生长发育和产量的影响

郭晓红¹, 郑桂萍¹, 殷大伟², 麻海春³, 魏延雪³,
马艳¹, 胡法龙¹, 蔡永盛¹, 王秋菊⁴, 吕艳东¹

(1. 黑龙江八一农垦大学 农学院, 黑龙江 大庆 163319; 2. 沈阳农业大学 水稻研究所, 辽宁 沈阳 110161;
3. 黑龙江省 859 农场, 黑龙江 建三江 156326; 4. 黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:以垦鉴稻 5 号和垦稻 12 号为材料,采用负压式土壤湿度计监测土壤水势,通过防雨棚内的盆栽控水试验,研究了水稻抽穗前水分供应对寒地水稻生长发育和产量的影响。研究表明,抽穗前进行-8~-10 kPa 的间歇控水处理,垦鉴稻 5 号的经济产量增加,垦稻 12 号的经济产量降低;这 2 品种的叶龄进程略有提前,株高增加,茎数减少。抽穗前进行-18~-20 kPa 和-28~-30 kPa 的持续控水处理,2 品种的产量均极显著降低,垦鉴稻 5 号的叶龄进程表现先落后,后提前,垦稻 12 号的叶龄进程滞后,2 品种的株高极显著地降低,茎数极显著减少,干物质生产量和叶面积减少。抽穗前进行-8~-10 kPa 的间歇控水处理可作为寒地水稻增产保优灌溉的土壤水势指标,抽穗前不宜持续进行土壤水势为-18~-20 kPa 以下的控水处理。

关键词:水分供应;寒地水稻;生长发育;产量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)05-0199-06

中图分类号: S511.06

Effects of Water Supply on Rice Growth, Development and Yield Before Heading Stage in Cold Region

GUO Xiao-hong¹, ZHENG Gui-ping¹, YIN Da-wei², MA Hai-chun³, WEI Yan-xue³,
MA Yan¹, HU Fa-long¹, CAI Yong-sheng¹, WANG Qiu-ju⁴, LU Yan-dong¹

(1. College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319 China; 2. Rice Institute, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China;
3. The 3859 Farm of Heilongjiang Province, Jiansanjiang, Heilongjiang 156326, China; 4. Crop Tillage and Cultivation Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086, China)

Abstract: By selecting two cultivars of Kenjiandao 5(K₅) and Kendao 12(K₁₂) as materials and measuring soil water potential(SWP) by soil moisture tensiometer, the effects of water supply on rice growth, development and yield before heading stage were studied using the potted planting method within a rainproof chamber. The primary results indicated that in the intermittent irrigation treatment with the SWP of -8~-10 kPa before heading stage, the economic yield for K₅ was increased and for K₁₂, decreased. The Leaf-age courses for the two varieties were brought forward slightly and the plant heights were increased, while the stem numbers were decreased. The yields for K₅ and K₁₂ were decreased by unremitting irrigation under SWP of -18~-20 kPa and -28~-30 kPa before heading stage. The leaf-age courses for K₅ were lagged at beginning and then developed fast, while for K₁₂, lagged during the whole growing stage. The plant height, stem number, dry matter content and leaf area index for K₅ and K₁₀ were all decreased significantly. The intermittent irrigation treatment with the SWP of -8~-10 kPa before heading stage can be used as irrigation index to harvest high yield and high quality rice in cold region, but it is not suitable to keep unremitting irrigation treatment with the SWP of -18~-20 kPa during the stage before heading.

Keywords: water supply; rice in cold region; growth and development; yield

收稿日期: 2011-10-24

修回日期: 2011-11-29

资助项目: 国家科技支撑计划项目“东北平原北部(黑龙江)春玉米水稻持续丰产高效技术集成创新与示范”(2011BAD16B11); 黑龙江省科技攻关重点项目“黑龙江省水稻大面积均衡优质高产栽培综合配套技术体系研究”(GA10B102); 黑龙江省省长基金项目“水稻种质资源耐旱筛选及新种质的创制”(2009HSJ-A-2)。

作者简介: 郭晓红(1980—), 女(汉族), 黑龙江省宁安市人, 讲师, 主要从事水稻生理研究。E-mail: dongjingcheng2002@yahoo.com.cn。
通信作者: 吕艳东(1978—), 男(汉族), 黑龙江省肇州县人, 副研究员, 主要从事水稻节水栽培研究。E-mail: luyandong336@sohu.com。

近年来,干旱频繁发生且程度越来越重,极大地影响着工农业生产和人们的日常生活,制约着经济社会的可持续发展^[1]。全球水稻生产绝大部分依靠降雨,常因干旱缺水而减产,干旱已成为水稻产量不高的主要限制因素。在我国,因干旱造成水稻歉收已经成为农业生产中的一个突出问题^[2],尤其是我国北方地区,年度间降雨量差异较大,干旱发生频繁,而且随着水田面积增加,灌溉水资源日趋匮乏,导致一些地区由于缺水而干旱,使水稻产量和品质下降。

中国是人均水资源较少的国家,由于缺水,每年造成国民经济直接损失巨大^[3]。许多国家 1 m^3 水能生产粮食 2 kg ,而中国用同样的水产粮不足 1 kg ,其根源在于农业节水技术的落后。我国水稻种植面积约占粮食播种面积的 27% ,稻谷总产量约占粮食总产量的 43% ^[4],是全国种植范围最大和涉及“三农”面最广的主粮作物,也是农民增产增收的重要产业之一。

对于中国这样一个缺水的国家,发展节水型水稻育种和生产迫在眉睫。为此,人们从生理、栽培及育种等多角度对水稻与水分胁迫间的关系进行了研究,取得了大量的结果,但大多都侧重于结实期水分与产量的关系研究^[5-9],抽穗前不同生育阶段水分处理与产量的关系也有研究^[10-12],而关于抽穗前整个生育阶段的水分处理与产量关系的研究却鲜有报道。本研究通过抽穗前水分处理,探讨其对水稻生长发育和产量影响,以期对水稻节水、高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及设计

试验于 2009 年在黑龙江八一农垦大学盆栽场进行,在防雨棚中人工严格控水,晴天时打开防雨棚。供试土壤为草甸土,土壤碱解氮 200.00 mg/kg ,有效磷 15.22 mg/kg ,速效钾 170.20 mg/kg ,有机质 2.51% ,pH 值 7.61。

供试品种垦鉴稻 5 号(丰产性较好,品质一般)和垦稻 12 号(丰产性一般,品质较好),主茎均为 12 片叶。本文 2 品种处理及表示方法如表 1 所示。4 月 10 日浸种,4 月 19 日播种(水 9 L/m^2 ,可溶性育苗专用肥 60 g/m^2 ,移栽灵 2 ml/m^2 ,三者混匀喷施苗盘)。4 月 26 日出苗,秧田管理正常进行。5 月 20 日进行移栽,每盆 3 穴,每穴 3 苗,选叶龄均为 3.1~3.5 的秧苗,均匀分布。盆栽基肥氮肥为尿素,用量 0.76 g/盆 (以纯 N 计);磷肥为磷酸二铵,用量 0.49 g/盆 (以 P_2O_5 计);钾肥为硫酸钾,用量 1.16 g/盆 (以 K_2O 计)。5 月 30 日施分蘖肥尿素

0.27 g/盆 (以纯 N 计)。7 月 20 日施穗肥尿素 0.06 g/盆 (以纯 N 计),硫酸钾 0.17 g/盆 (以 K_2O 计)。

表 1 2 供试品种的不同处理及表示方法

处理时期	水分管理	处理表示方法	
		垦鉴稻 5 号	垦稻 12 号
抽穗前	处理 1	J ₁	D ₁
抽穗前	处理 2	J ₂	D ₂
抽穗前	处理 3	J ₃	D ₃
全生育期	对照	J _{CK}	D _{CK}

采用盆栽人工控制水分方法,盆钵直径 28 cm ,高 30 cm ,每盆装过筛混匀土 10 kg ,移栽前模拟水耙地搅浆,沉降几日后插秧。用南京土壤研究所生产的负压式土壤湿度计监测土壤水势。开始控水时安装负压式土壤湿度计,安装时陶头中部离土表 10 cm ,在土表湿度计管的周围用泥将缝隙塞严,以免影响试验效果。每处理用 4 支土壤湿度计监测土壤水势,每日 8:00,10:00,12:00,14:00 和 16:00,5 次读表,根据处理要求及时补水。(1) 处理 1。插秧后浅水层 $3\sim 5\text{ cm}$,返青后,自然落干至 $-8\sim -10\text{ kPa}$;然后覆水至 $3\sim 5\text{ cm}$,再自然落干至 $-8\sim -10\text{ kPa}$,如此反复直至出穗;出穗后浅水层 $3\sim 5\text{ cm}$ 至蜡熟末期。(2) 处理 2。插秧后浅水层 $3\sim 5\text{ cm}$,返青后,自然落干至 $-18\sim -20\text{ kPa}$;持续控水 $-18\sim -20\text{ kPa}$ 直至出穗;出穗后浅水层 $3\sim 5\text{ cm}$ 至蜡熟末期。(3) 处理 3。插秧后浅水层 $3\sim 5\text{ cm}$,返青后,自然落干至 $-28\sim -30\text{ kPa}$;持续控水 $-28\sim -30\text{ kPa}$ 直至出穗。(4) 对照。插秧后至蜡熟末期浅水层 $3\sim 5\text{ cm}$ 。生育期间人工除草。供试盆数为 2 品种各处理各 35 盆,随机排列。9 月末收获,晾干后考种测产。

1.2 测试内容与方法

生育动态调查,自秧苗返青后,标记调查的盆数和盆内苗测定的顺序,每隔 7 d 调查 1 次叶龄和茎数,同时测定株高,每一处理调查测定 15 穴。叶龄从 3 叶起开始调查,株高的测定在出穗前是自泥面测量至每穴的最高叶尖,出穗后则是测量至穗尖。

每个处理选有代表性的植株 7 穴,测定项目主要有每株穗数、实粒数、空秕粒数,并称取粒重,计算结实率、千粒重。

2 结果与分析

2.1 抽穗前水分供应对水稻产量及产量的影响

抽穗前进行不同强度控水,每穴穗数的结果如表 2 所示。控水处理不同程度地减少了 2 品种的收获穗数。与 J_{CK} 的每穴 27.9 个穗数相比, J₁ 减少了 2.51% ,

两者差异不显著;J₂ 和 J₃ 分别减少了 30.5% 和 32.6%,与 J_{CK} 差异均达极显著水平。与 D_{CK} 的每穴

31.8 个穗数相比,D₁,D₂ 和 D₃ 分别减少了 20.8%, 45.9%和 49.1%,且与 D_{CK} 差异均达极显著水平。

表 2 抽穗前水分供应对水稻产量构成因素的影响

处理	穗数		穗粒数		结实率/%		千粒重/g		经济产量(g/穴)	
	J	D	J	D	J	D	J	D	J	D
对照	27.9aA	31.7aA	65.9aA	60.8aA	78.1bB	82.1bA	23.13aA	22.24aAB	33.32aA	34.97aA
处理 1	27.3aA	25.3bB	59.8bB	52.5bB	90.3aA	92.4aA	23.62aA	22.47aA	34.73aA	27.46bB
处理 2	18.8bB	17.2cC	24.4cC	25.7cC	78.4bB	66.0cB	21.81bB	21.37bB	7.83bB	6.12cC
处理 3	19.4bB	16.2cC	23.4cC	18.3dD	75.3bB	53.9dB	20.92cB	19.84cC	7.20bB	3.09dD

注: J 为垦鉴稻 5 号; D 为垦稻 12 号; 不同小写字母表示差异显著; 不同大写字母表示差异极显著。下同。

控水处理不同程度地减少了 2 品种的穗粒数。与 J_{CK} 的每穗 65.9 个粒相比,J₁,J₂ 和 J₃ 分别减少了 9.26%,63.0%和 64.5%,与 J_{CK} 差异均达极显著水平。与 D_{CK} 的每穗 60.8 个粒相比,D₁,D₂ 和 D₃ 分别减少了 13.7%,57.7%和 69.9%,与 D_{CK} 差异均达极显著水平。

2 品种的处理 1 与对照相比,结实率都表现为增加,分别增加 15.65%和 12.54%,垦鉴稻 5 号增加的更多一些,其中 J₁ 与 J_{CK} 两者差异达极显著水平,D₁ 与 D_{CK} 两者差异达显著水平。J₂ 的结实率比 J_{CK} 增加了 0.33%,两者差异不显著。J₃ 的结实率比 J_{CK} 降低了 3.59%,两者差异不显著。D₂ 和 D₃ 的结实率分别比 D_{CK} 降低了 19.63%和 34.36%,且 D₂,D₃ 与 D_{CK} 相比,差异均达极显著水平,D₂ 和 D₃ 两者差异达显著水平。上述结果说明,抽穗前进行-8~-10 kPa 的间歇控水处理,有利于 2 品种结实率的增加;抽穗前进行-18~-20 kPa 和-28~-30 kPa 的持续控水处理,不利于 2 品种结实率的增加。

与 J_{CK} 的千粒重 23.61 g 相比,J₁ 增加了 2.08%,两者差异不显著;J₂ 和 J₃ 分别降低了 5.71%和 9.55%,与 J_{CK} 差异均达极显著水平。与 D_{CK} 的千粒重 22.47 g 相比,D₁ 增加了 0.24 g,增加了 1.07%,两者差异不显著;D₂ 和 D₃ 分别降低了 3.89%和 10.78%,与 D_{CK} 差异均达极显著水平。上述结果说明,抽穗前进行-8~-10 kPa 的间歇控水处理,使 2 品种的千

粒重增加;抽穗前进行-18~-20 kPa 和-28~-30 kPa 的持续控水处理,会造成 2 品种千粒重的降低,且随着控水强度的增加,千粒重降低的越多。

抽穗前进行不同强度控水对 2 品种经济产量的影响见表 2。与 J_{CK} 的 33.32 g/穴相比,J₁ 增加了增加了 4.24%,两者差异不显著;J₂ 和 J₃ 分别减少了 76.50%和 78.38%,与 J_{CK} 相比差异均达极显著水平。与 D_{CK} 的 34.97 g/穴相比,D₁,D₂ 和 D₃ 分别降低了 21.47%,82.50%和 91.16%,与 D_{CK} 相比均达差异极显著水平。

2.2 抽穗前水分供应对水稻生长发育的影响

2.2.1 抽穗前水分供应对水稻叶龄、株高和茎数动态的影响 抽穗前进行-8~-10 kPa 的间歇控水处理,2 品种的叶龄进程表现出相似的规律,从返青期至齐穗期控水处理的叶龄均比对照提前,即叶龄进程略有提前。

抽穗前进行-18~-20 kPa 和-28~-30 kPa 的持续控水处理,从分蘖盛期至拔节期,垦鉴稻 5 号表现为控水处理的叶龄比对照落后,7 月 26 号以后控水处理的叶龄比对照提前;垦稻 12 号表现为从分蘖盛期至齐穗期控水处理的叶龄均比对照落后,即叶龄进程滞后。同时可以看出从分蘖盛期至拔节期 2 品种控水处理与对照之间的叶龄差值也较大,始终保持在 0.4~0.7 个叶龄之间,即相差半片叶左右,此时也是水稻营养生长的旺盛时期(图 1)。

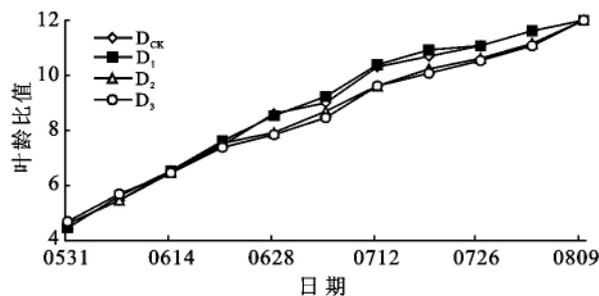
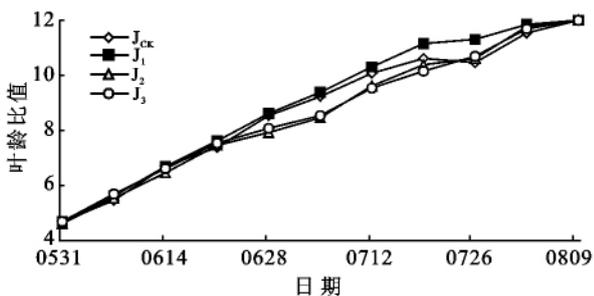


图 1 2 品种不同处理叶龄动态

抽穗前进行-8~-10 kPa 的间歇控水处理,2 品种的株高动态表现出相似的变化规律如图 2 所示,返青后 2 品种的株高均表现为控水处理较对照的高,至 8 月 16 日 2 品种的所有处理的株高不再变化,此时 J_1 的株高为 87.2 cm,与 J_{CK} 的 84.2 cm 相比增加了 3.56%,但两者差异不显著; D_1 的株高为 93.4 cm,与 D_{CK} 的 88.3 cm 相比增加了 5.78%,两者差异达显著水平。由此可见全生育期进行-8~-10 kPa 的间歇控水对水稻株高的影响可能与品种有关。株高一般与生物产量呈正相关,控水处理使垦鉴稻 5 号株高的增加可能是其生物产量、干物重增加的原因之一,而

控水处理使垦稻 12 号生物产量、干物重降低是由于 D_1 的穗数极显著低于 D_{CK} 。抽穗前进行-18~-20 kPa 和-28~-30 kPa 的持续控水处理,2 品种的株高动态表现相似的变化规律如图 2 所示,从分蘖盛期后 2 品种的株高均表现为控水处理较对照的低,至 8 月 16 日 2 品种的所有处理的株高不再变化,此时 J_2 和 J_3 的株高分别为 54.8 和 50.3 cm,与 J_{CK} 的 84.2 cm 相比,分别降低了 34.93%和 40.32%,且差异均达极显著水平;此时 D_2 和 D_3 的株高分别为 54.9 cm 和 48.0 cm,与 D_{CK} 的 88.3 cm 相比分别降低了 37.9%和 45.6%,且差异均达极显著水平。

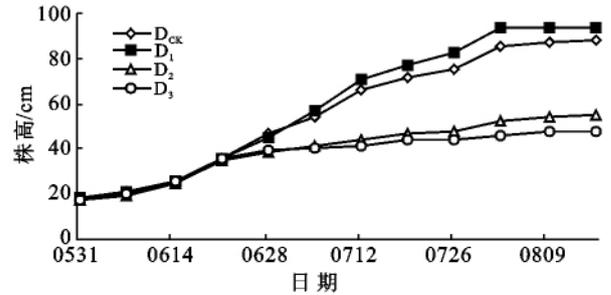
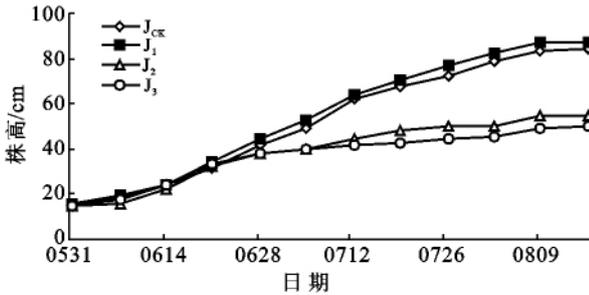


图 2 2 品种不同处理株高动态

抽穗前水分供应对 2 品种茎数的影响如图 3 所示。垦鉴稻 5 号从分蘖期开始控水处理与对照的茎数同步增长,到 7 月 5 日(分蘖盛期)均达到最大值,此时 J_{CK} , J_1 , J_2 和 J_3 的茎数分别为 31.7, 32.6, 19.4 和 21.1 个,与 J_{CK} 的茎数相比, J_1 增加了 2.73%,两者差异不显著;与 J_{CK} 的茎数相比, J_2 , J_3 分别减少了 38.9%和 33.6%,与 J_{CK} 差异均达极显著水平。各处

理的茎数达到最大后,随着生育期的推进,无效分蘖开始死亡,茎数逐渐降低。

8 月 23 日(灌浆盛期)时 J_{CK} , J_1 , J_2 和 J_3 的穗数分别为 27.7, 27.1, 12.3 和 12.1 个,与 J_{CK} 的茎数相比, J_1 减少了 2.17%,两者差异不显著;与 J_{CK} 的茎数相比, J_2 , J_3 分别减少了 55.7%和 56.1%,与 J_{CK} 差异均达极显著水平。

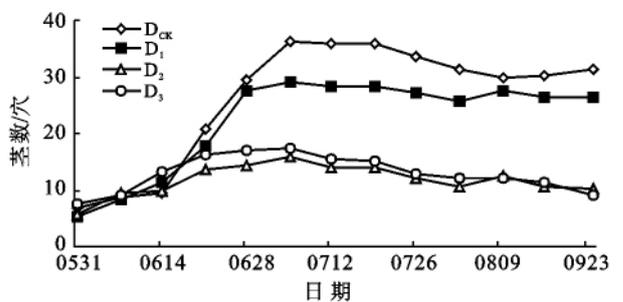
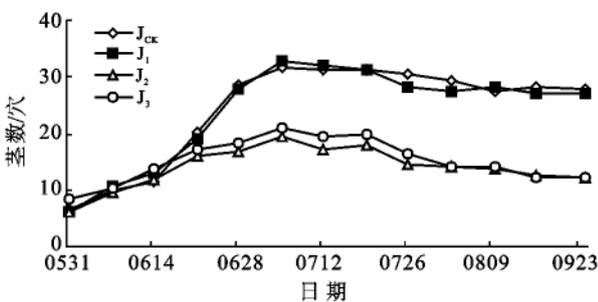


图 3 2 品种不同处理茎数动态

垦稻 12 号各处理的茎数动态与垦鉴稻 5 号相似,从分蘖期开始,茎数逐渐增加,至 7 月 5 日(分蘖盛期) D_{CK} , D_1 , D_2 和 D_3 的茎数同时达到最大值,分别为 36.1, 28.9, 15.7 和 17.3,与 D_{CK} 的茎数相比, D_1 减少了 19.8%,两者差异极显著;与 D_{CK} 的茎数相比, D_2 , D_3 分别减少了 56.6%和 51.9%,与 D_{CK} 差异均达极显著水平。

8 月 23 日(灌浆盛期)时 D_{CK} , D_1 , D_2 和 D_3 的穗数分别为 31.3, 26.3, 10.3 和 9.1 个,与 D_{CK} 的茎数相比, D_1 减少了 15.8%,两者差异极显著;与 D_{CK} 的茎数相比, D_2 , D_3 分别减少了 67.0%和 70.8%,与 D_{CK} 差异均达极显著水平。

综上所述,2 品种对控水处理敏感性不同,垦稻 12 号分蘖较垦鉴稻 5 号对水分反应更为敏感。

2.2.2 抽穗前水分供应对水稻干物质积累和叶面积的影响 本试验分别在分蘖盛期(7月3日)、拔节期(7月20日)、开花期(8月4日)、灌浆盛期(8月23日)、成熟后期(9月7日)测定了各处理的干物质生产,结果如图4所示。抽穗前进行-8~-10 kPa的间歇控水处理,在开花期以前,2品种的表现是一致的,各处理均以茎蘖数较多的处理干物质生产量大。而在开花期以后,2品种的表现却不一致,垦鉴稻5号的干物质并不是以穗数较多的 J_{CK} 生产量大,尽管 J_1 的穗数少于 J_{CK} ,但其单株干物质生产量从开花期

以后直到成熟一直高于 J_{CK} 。抽穗期一成熟期干物质积累量大而稳定是水稻高产群体的重要特点之一,这也是 J_1 产量高于 J_{CK} 的一个原因之一;垦稻12号的单株干物质是以穗数较多的 D_{CK} 生产量大,这是因为从开花期以后 D_{CK} 的穗数一直极显著地高于 D_1 ,最终导致 D_{CK} 的产量高于 D_1 。抽穗前进行-18~-20 kPa和-28~-30 kPa的持续控水处理,2品种的表现是一致的,控水处理的干物质生产量均小于对照的,这是由于控水处理使得2品种的茎蘖数减少,株高降低。

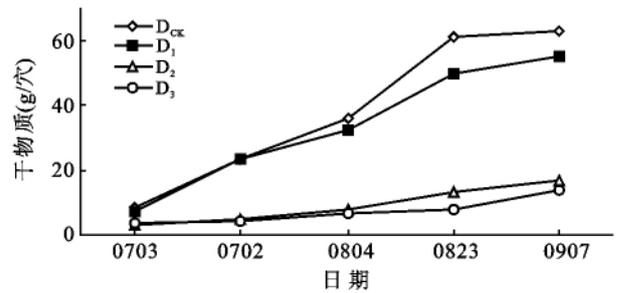
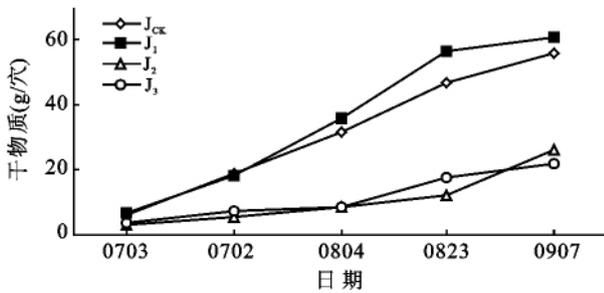


图 4 2 品种不同处理干物质积累动态

本试验分别在分蘖盛期(7月3日)、拔节期(7月20日)、开花期(8月4日)、灌浆盛期(8月23日)、成熟后期(9月7日)测定了各处理的叶面积,结果如图5所示。抽穗前进行-8~-10 kPa的间歇控水处理,在开花期以前,2品种的表现是一致的,与对照相比,均以茎蘖数较多的叶面积大。而在开花期以后,2品种的表现却不一致,垦鉴稻5号的叶面积并不是以穗数较多的 J_{CK} 大,尽管 J_1 的穗数少于 J_{CK} ,但其单株叶面积从开花期到灌浆盛期一直高于 J_{CK} 。高产水稻产量的90%来源于抽穗后光合物质生产,这可能是 J_1 产量高于 J_{CK} 的一个原因之一;垦稻12号的单株叶

面积是以穗数较多的 D_{CK} 生产量大,这是因为从开花期以后 D_{CK} 的穗数一直极显著地高于 D_1 ,最终导致 D_{CK} 的产量高于 D_1 。抽穗前进行-18~-20 kPa和-28~-30 kPa的持续控水处理,2品种的表现是一致的,控水处理的叶面积从分蘖盛期开始直到成熟后期一直小于对照,并且与对照相比差异均达极显著水平,这是由于控水处理使得2品种的茎蘖数减少、着生的叶片数量减少所致。同时发现2品种处理2和处理3从灌浆盛期到成熟后期,其叶面积没有减少,反而表现为增加,这是因为结实期复水后处理2和处理3均产生了一些高节位的无效分蘖。

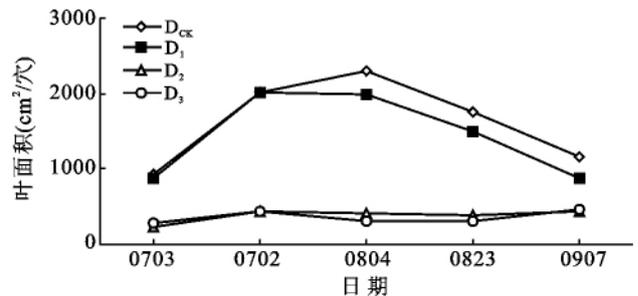
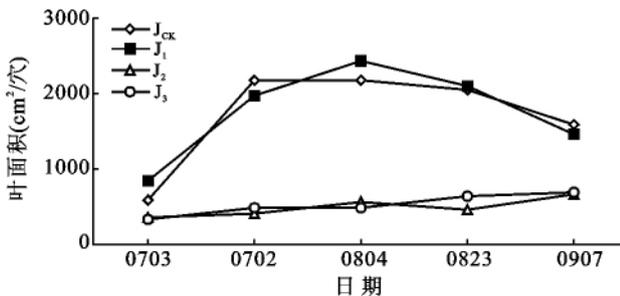


图 5 2 品种不同处理叶面积动态

3 结论

关于土壤水分亏缺对水稻产量的影响,国内外学者做过许多研究,大部分是在子粒形成期,整个生育

期不同生育阶段水分胁迫对水稻产量及有关性状影响的研究却也有报道,而抽穗前持续的水分胁迫对水稻产量及有关性状影响的研究却鲜有报道。寒地水稻抽穗前包括营养生长阶段和营养生殖并进阶段,本

田生育时期为分蘖期和穗分化期。分蘖期水分胁迫主要是影响了正常的分蘖进程,显著减少了最终的有效穗数。穗分化期控水对水稻影响最大,既影响了营养生长,使株高明显降低,生长量不足,又抑制了生殖生长,影响了穗分化,使每穗总颖花数明显减少,穗重相应地严重降低。穗分化期完成水稻的幼穗分化过程,幼穗分化过程包括幼穗分化形成和孕穗 2 个阶段,完成枝梗分化、小穗分化、减数分裂过程,并形成花粉粒。水稻的穗分化过程对水分比较敏感,一般土壤含水量要达到最大持水量的 90% 以上才能满足幼穗发育的要求。土壤干旱时对穗分化不利,尤其是在减数分裂期对水分更敏感,缺水将导致颖花的大量退化^[13]。张慎凤^[14]研究表明,分蘖期轻干湿交替灌溉可以增加有效穗数和分蘖成穗率,轻干湿交替灌溉显著增加了产量,产量增加的原因主要在于穗数的显著增加;长穗期轻干湿交替灌溉显著增加了产量,产量增加的原因主要在提高了每穗粒数。不同水稻品种在抽穗前(分蘖期和穗分化期)对水分胁迫的敏感程度不同,为此,在节水栽培过程中,首先要从品种选择入手,尽量选用二次枝梗比例少的、颖花形成能力强的品种,以降低对产量的影响程度;二要在水稻颖花形成和减数分裂期尽可能满足水稻生长所需的水,以防止颖花量减少而导致的严重减产,这样才能达到节水高产稳产的目的。

抽穗前进行 $-18 \sim -20$ kPa 和 $-28 \sim -30$ kPa 的控水处理,2 品种的穗粒数极显著地减少;不利于 2 品种结实率的增加;2 品种的千粒重显著或极显著地降低;2 品种的产量均极显著降低,减产幅度为垦稻 12 号 > 垦鉴稻 5 号,且以控水强度大的处理减产幅度大。抽穗前进行 $-8 \sim -10$ kPa 的间歇控水处理,2 品种的收获穗数减少;2 品种的穗粒数极显著地减少;2 品种的结实率和千粒重增加。控水处理引起垦鉴稻 5 号穴穗数和穗粒数降低,但同时使该品种的结实率和千粒重增加,并且结实率和千粒重增加能够弥补穴穗数和穗粒数的降低所带来的损失,最终使得垦鉴稻 5 号产量增加。尽管控水处理使垦稻 12 号的结实率显著提高、千粒重增加,但控水处理使该品种的穴穗数和穗粒数的极显著降低,而其结实率和千粒重增加不能弥补穴穗数和穗粒数的降低所带来的损失,最终使得垦稻 12 号产量降低。抽穗前进行 $-8 \sim -10$ kPa 的间歇控水处理,2 品种的叶龄进程略有提前;2 品种的株高增加;2 品种茎数减少;2 品种在开花期以前,均以茎蘖数多的处理干物质生产量大、叶面积大,而在开花期以后, J_1 的干物质生产量和叶面

积一直高于 J_{CK} , D_1 的干物质生产量和叶面积一直低于 D_{CK} 。抽穗前进行 $-18 \sim -20$ kPa 和 $-28 \sim -30$ kPa 的控水处理,2 品种的叶龄进程表现先落后,后提前,D 品种的叶龄进程滞后;2 品种的株高极显著地降低;2 品种茎数极显著减少;2 品种的干物质生产量和叶面积减小。综上,我们建议抽穗前进行 $-8 \sim -10$ kPa 的间歇控水处理可作为寒地水稻增产保优灌溉的土壤水势指标。抽穗前不宜持续进行土壤水势为 $-18 \sim -20$ kPa 以下的控水处理。

[参 考 文 献]

- [1] 山仑. 植物抗旱生理研究与发展半旱地农业[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(1): 1-5.
- [2] 信乃途. 农业水资源面临严重短缺的战略思考[J]. 灌溉与排水, 1991, 10(3): 15-19.
- [3] 曹萍, 邵国军, 吕文彦, 等. 节水栽培对稻米品质影响初步研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2004, 35(3): 177-179.
- [4] 程式华, 李建. 现代中国水稻[M]. 北京: 金盾出版社, 2007.
- [5] 刘凯, 张耗, 张慎凤, 等. 结实期土壤水分和灌溉方式对水稻产量与品质的影响及其生理原因[J]. 作物学报, 2008, 34(2): 265-276.
- [6] 蔡昆争, 吴学祝, 骆世明, 等. 抽穗期不同程度水分胁迫对水稻产量和根叶渗透调节物质的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(12): 6148-6158.
- [7] 邵玺文, 马景勇, 童淑媛, 等. 灌浆乳熟期不同水分处理对水稻产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2006, 25(3): 41-43.
- [8] 张瑞珍, 邵玺文, 童淑媛, 等. 开花期水分胁迫对水稻产量构成及产量的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2006, 28(1): 1-3, 7.
- [9] 赵步洪, 叶玉秀, 陈新红, 等. 结实期水分胁迫对两系杂交稻产量及品质的影响[J]. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2004, 3(1): 45-50.
- [10] 解文孝, 张文忠, 史鸿儒, 等. 不同时期土壤水分胁迫对水稻产量及食味品质影响的研究[J]. 辽宁农业科学, 2007(2): 30-33.
- [11] 王成瓊, 王伯伦, 张文香, 等. 不同生育时期干旱胁迫对水稻产量与碾米品质的影响[J]. 中国水稻科学, 2007, 21(6): 643-649.
- [12] 郑桂萍, 李金峰, 钱永德, 等. 土壤水分对水稻产量与品质的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(8): 1261-1264.
- [13] 潘瑞炽. 水稻生理[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 349-351.
- [14] 张慎凤. 干湿交替灌溉对水稻生长发育、产量与品质的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2009.