

土壤水势对寒地水稻穗部性状及产量的影响

郑桂萍^{1,2} 李红宇¹ 刘丽华¹ 吕艳东¹ 钱永德¹ 佟斌¹ 王伯伦²

(¹ 黑龙江八一农垦大学 植物科技学院, 黑龙江 大庆 163319, E-mail: dqzgp@sohu.com; ² 沈阳农业大学 农学院, 辽宁 沈阳 110161)

Effects of Soil Water Potential on Panicle Characters and Yield of Rice in Cold Region

ZHENG Gui ping^{1,2}, LI Hong yu¹, LIU Li hua¹, LU Yan dong¹, QIAN Yong de¹, TONG Bin¹, WANG Bo lun²

(¹ Plant Science and Technology College, Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319, China; E-mail: dqzgp@sohu.com; ² College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: A pot culture experiment was conducted to study the effects of soil water potentials at ranges from -30 to -35 kPa, -60 to -65 kPa and 0 kPa (check) during different developmental stages on panicle characters and grain yield by using two rice varieties Shangyu 397 and Suijing 3 as materials. The treatments at panicle formation period had the greatest effect on panicle characters and the panicle number under the treatments was significantly more than that in control. The panicle length, numbers of panicle nodes and branches under the treatments during panicle formation period were also significantly more than those under the control and the treatments during the other periods. However, the difference of panicle number between two soil water potentials was not significant among all the treatments at each treatment stage. The grain yields under the treatments during panicle formation period were significantly lower than that in control. Obvious effects of soil water potential on grain yields under the treatments at the tillering stage and one to ten days after heading were founded. Panicle length, numbers of panicle nodes and branches were significantly positively correlated with the yield of the middle position grain and inferior grain.

Key words: rice; soil water potential; panicle character; grain yield

摘要: 采用控制土壤水分方法,研究了不同生育阶段土壤水势(-30~-35 kPa和-60~-65 kPa和正常灌水0 kPa)对水稻上育397、绥粳3号穗部性状及产量的影响。结果表明,长穗期处理对2个品种穗部各性状的影响最大,此处理下上育397、绥粳3号的穗数显著高于对照,而穗长、穗节数、穗颈节枝梗数均极显著低于对照及其他处理,但同一时期不同处理间差异不显著。2个品种长穗期处理时的产量极显著低于对照,其次是分蘖期和抽穗后1~10 d的处理对产量影响较大,多数处理与对照的差异达到显著或极显著水平。穗长、穗节数、穗颈节枝梗数与各粒位籽粒产量均呈正相关,且与中位粒和劣势粒产量的相关系数均达到了显著或极显著水平。

关键词: 水稻; 土壤水分; 穗部性状; 产量

中图分类号: Q945.78; S511.07

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2006)04-0417-07

水稻具有半水生性特点,其生理需水只占总需水量的30%~40%,生态需水却占60%~70%^[1]。因此,在满足水稻高产生理需水的前提下,实行节水栽培潜力很大。研究土壤水分状况对水稻生长发育及产量的影响,是确定合理灌溉指标的基础。近年来,关于节水栽培技术、节水对水稻生长发育及产量和品质影响的研究有许多报道^[2-14],但由于土壤水分控制条件、供试土壤性质和水分控制时期、指标及所用水稻品种不同,研究结果不尽一致^[15-16],且寒地水稻节水方面的研究报道较少。寒地水稻在不同水分胁迫条件下穗部性状发生了哪些变化,这些性状与产量的关系如何未见报道。为此,本研究采用负压式土壤湿度计严格监测土壤水势,探讨不同生育阶段进行不同程度的控水处理对水稻籽粒性状及产量的影响,以明确不同土壤水分条件下水稻穗部性状及产量的变化规律,为寒地水稻节水栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

试验于2003年在地处寒地(指北纬43°以北,当年11月~次年7月季节性冻土层地带)的黑龙江八一农垦大学科学研究所进行,人工严格控水,晴天时打开防雨棚。用南京土壤研究所生产的负压式土壤湿度计严格监测土壤水势。试验用盆钵直径为28 cm、高30 cm,供试土壤为草甸白浆土,每盆装过筛混匀的土($m_{\text{土}} + m_{\text{腐熟有机肥}} = 8 \pm 2$) 10 kg。土壤中速效氮含量为203.43 mg/kg,速效磷为76.88 mg/kg,速效钾为353.00 mg/kg,有机质为81.8 g/kg, pH为7.05。基肥磷酸二铵、尿素各0.46 g/盆,硫酸钾0.28 g/盆,6月23日追施硫酸铵0.24 g/盆。

收稿日期: 2005-10-25; 修改稿收到日期: 2006-06-01。

基金项目: 黑龙江省科技攻关项目(GC04B305)。

第一作者简介: 郑桂萍(1960-),女,博士,教授。

表 1 2 个水稻品种的不同处理及表示方法

Table 1 . Treatments and codes for two rice varieties .

处理时期 Treatment stage	土壤水势 Soil water potential/kPa	处理表示方法 Code	
		上育 397 Shangyu 397	绥粳 3 号 Suijing 3
分蘖期 Tillering stage	- 30 ~ - 35	S1	Y1
	- 60 ~ - 65	S2	Y2
长穗期 Panicle formation stage	- 30 ~ - 35	S3	Y3
	- 60 ~ - 65	S4	Y4
抽穗后 1 ~ 10 d 1 - 10 days after heading	- 30 ~ - 35	S5	Y5
	- 60 ~ - 65	S6	Y6
抽穗后 11 ~ 20 d 11 - 20 days after heading	- 30 ~ - 35	S7	Y7
	- 60 ~ - 65	S8	Y8
抽穗后 21 ~ 30 d 21 - 30 days after heading	- 30 ~ - 35	S9	Y9
	- 60 ~ - 65	S10	Y10
抽穗后 1 ~ 30 d 1 - 30 days after heading	- 30 ~ - 35	S11	Y11
	- 60 ~ - 65	S12	Y12

每个处理 10 盆, 并排两盆为 1 列, 共 4 列, 列间过道 60 cm, 处理间随机排列, 每一列首和列尾有两行保护行。盆内安装直径 6 cm 的供水管, 以保证从下部供水。为防止进水速度差异的影响, 在供水管的下端十字交叉打四排直径 4 mm 的孔, 并系上一个装石子的 10 cm × 15 cm 尼龙网袋, 将其放置于盆底正中央, 手持上端使管处于盆的中心位置, 向盆中装定量的土, 移栽前模拟水耙地搅浆, 沉降后插秧。

供试水稻品种为生育期相同但品质差异较大的当地主栽品种上育 397 和绥粳 3 号。4 月 5 日浸种, 4 月 12 日播种, 秧田管理按常规方法进行, 5 月 26 日移栽, 每盆插秧 3 穴, 每穴 1 株, 抽穗期上育 397 为 7 月 28 日、绥粳 3 号为 7 月 29 日。开始控水时安装负压式土壤湿度计, 安装时陶土头中部离土表 10 cm, 在土表湿度计管的周围用泥浆将缝隙灌严。每天 7:30、9:30、11:30、13:30、16:30 分 5 次读表, 根据设计要求及时补充水分进行控水处理 (表 1)。

每一时期每个品种各设 2 个处理, 以 0 kPa (有水层) 为对照, 2 个品种分别表示为 SCK (上育 397) 和 YCK (绥粳 3 号)。水稻生育期间进行人工除草, 于 9 月 14 ~ 15 日收获, 稻谷自然晾干。

1.2 测试内容与方法

1.2.1 生育动态调查

秧苗返青后每处理定点 10 株, 每周调查 1 次叶龄、株高、茎数。

1.2.2 穗部考查

水稻成熟时, 从每个处理中选有代表性的水稻 8 穴, 考查每穴穗数、每穗的穗节数 (穗轴上自穗颈

节算起的所有节数)、穗颈节枝梗数 (穗颈节上一次枝梗的数量)。再将每穗分成 6 部分 (上部、中部、下部的一次枝梗及上部、中部、下部的二次枝梗), 分别考查一次枝梗数、二次枝梗数, 用水漂法分开实粒和空瘪粒, 晾干后用灯箱法区分空粒和瘪粒, 分别计数并称取各部分的质量, 由各产量构成因素计算出不同部位的经济产量。每穗再按优势粒 (上 3 个一次枝梗上的粒)、弱势粒 (下 3 个一次枝梗上所有二次枝梗上的粒)、中位粒 (中部枝梗上的粒) 计算出不同部位的产量。

1.3 统计分析

利用 DPS 统计软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 土壤水分对水稻茎数动态的影响

土壤水分对 2 个水稻品种茎数动态的影响如图 1。2 个品种的最终茎数均以长穗期控水处理最高、分蘖期控水处理最低。由于分蘖期控水使 2 个品种的分蘖明显受抑制, 至 7 月 5 日时 2 个品种的茎数均低于对照, 差异达极显著水平。分蘖期处理 S1、S2 的茎数分别较 SCK 减少 58.87% 和 65.96%, Y1、Y2 则分别较 YCK 减少 52.90% 和 53.42%, 分蘖期两个处理之间差异不显著。复水后由于植株又产生了新的分蘖, 尤其是上育 397 出现了一个较明显的茎数增加过程, 这样逐渐缩短了与对照的差距。至 8 月 30 日时处理 S1、S2 分别较 SCK 低 19.35% 和 23.20%, Y1、Y2 分别较 YCK 低 17.51% 和 14.86%, S1、S2 与 SCK 的差异分别达到显著和极显著水平, Y1、Y2 与 YCK 的差异不显著。这说明分蘖

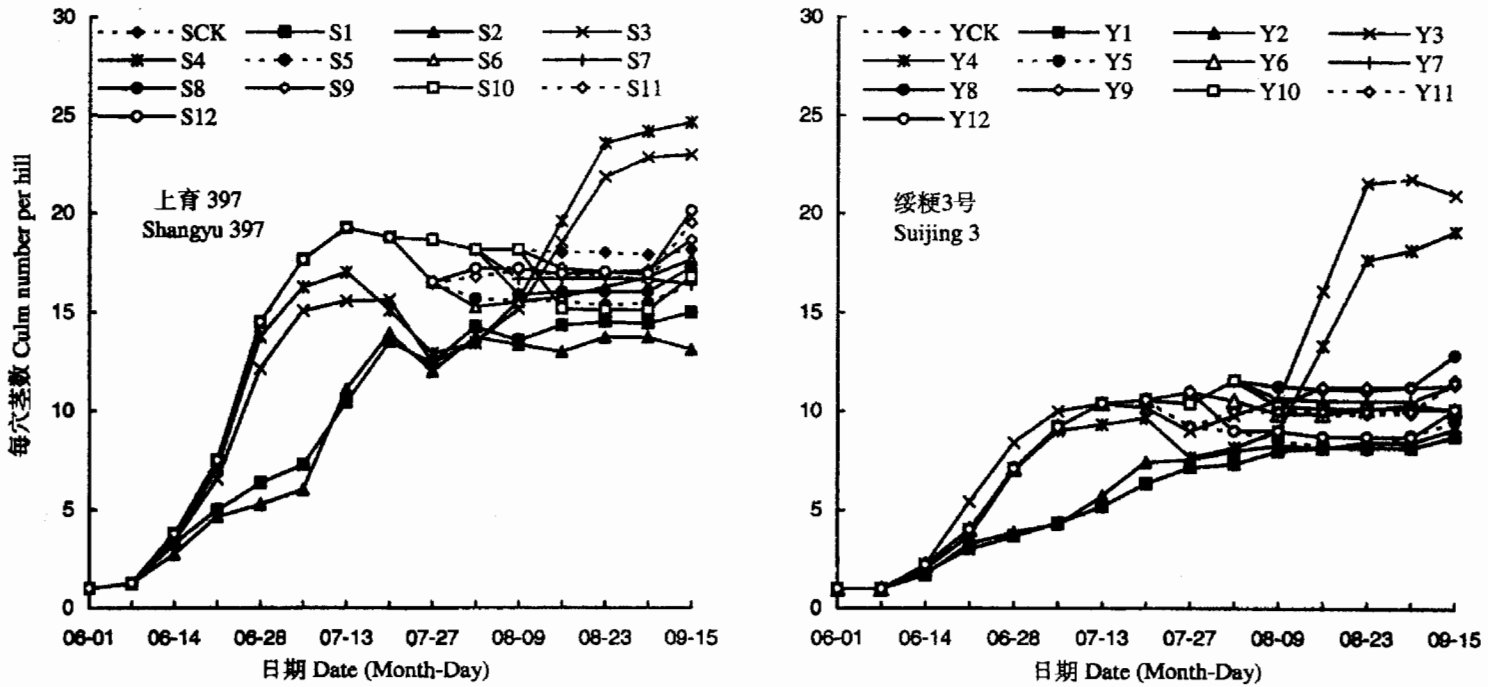


图1 上育397和绥梗3号不同处理茎数动态
Fig. 1. Dynamics of culm number in Shangyu 397 and Suijing 3 under different treatments.

期控水对上育397茎数的影响大于绥梗3号。2个品种长穗期处理茎数的变化最为剧烈，茎数先升高，然后降低，后期又开始升高，呈现出相似的变化规律。8月30日时S3、S4每穴茎数较7月27日分别增加10.38个和11.25个，各占最终茎数的45.47%和46.55%；Y3、Y4每穴茎数分别增加12.8个和10.5个，各占最终茎数的58.72%和57.79%，即最终茎数的一半以上是复水后反弹产生的，而上育397和绥梗3号同期对照每穴茎数分别减少0.75个和0.50个，说明在此阶段对照的有些分蘖已经死亡。2个品种长穗期两个处理的茎数均高于对照(达到极显著水平)，绥梗3号品种尤为明显，S3、S4分别较SCK增加30.07%和39.16%，Y3、Y4分别较YCK增加114.42%和78.69%，其他各个处理与对照间的茎数差异均不显著。产生这种现象的原因有待于进一步研究。穗数与茎数表现相似的变化规律，上育397和绥梗3号长穗期处理的最终穗数均高于对照(表2)，差异分别达到显著和极显著水平。比较8月30日茎数和最终穗数的差异发现，S3和S4的成穗率分别为86.87%和88.28%，Y3和Y4的成穗率分别为88.99%和82.57%，表明复水后的分蘖大多数都能成穗，但穗子很小。

2.2 不同土壤水势下水稻穗部性状的变化

2.2.1 土壤水分对穗长、穗节数及穗颈节枝梗数的影响

在水稻的不同生育时期进行不同程度的控水处

理，水稻的穗长、穗节数及穗颈节枝梗数发生了明显变化，2个品种表现出相似的变化规律(图2)。穗节数、穗颈节枝梗数及穗长均以长穗期处理的最低，它们与对照和其他处理的差异均达到了极显著水平，但处理3与处理4之间、其他多数处理之间差异不显著。此外，除了长穗期处理外，其他时期处理对上育397穗节数及穗长的影响均较小，但穗颈节枝梗数的变化相对较大，S1、S5、S6的穗颈节枝梗数也低于对照，达显著水平。上育397穗长、穗节数、穗颈节枝梗数在各处理间的变异系数(CV)分别为5.10%、5.85%、22.83%；绥梗3号穗长在Y2、Y6、

表2 两个水稻品种不同处理穗数的变化
Table 2. Changes of the number of panicles under different treatments for the two rice varieties.

处理 Treatment	每穴穗数 No. of panicles per hill	处理 Treatment	每穴穗数 No. of panicles per hill
SCK	18.13	YCK	11.63
S1	15.00	Y1	8.75
S2	13.13	Y2	9.13
S3	23.00	Y3	21.00
S4	24.63	Y4	19.13
S5	16.38	Y5	9.50
S6	17.63	Y6	10.13
S7	16.38	Y7	11.38
S8	17.25	Y8	12.88
S9	18.63	Y9	11.38
S10	16.75	Y10	10.13
S11	19.50	Y11	11.50
S12	20.13	Y12	10.13

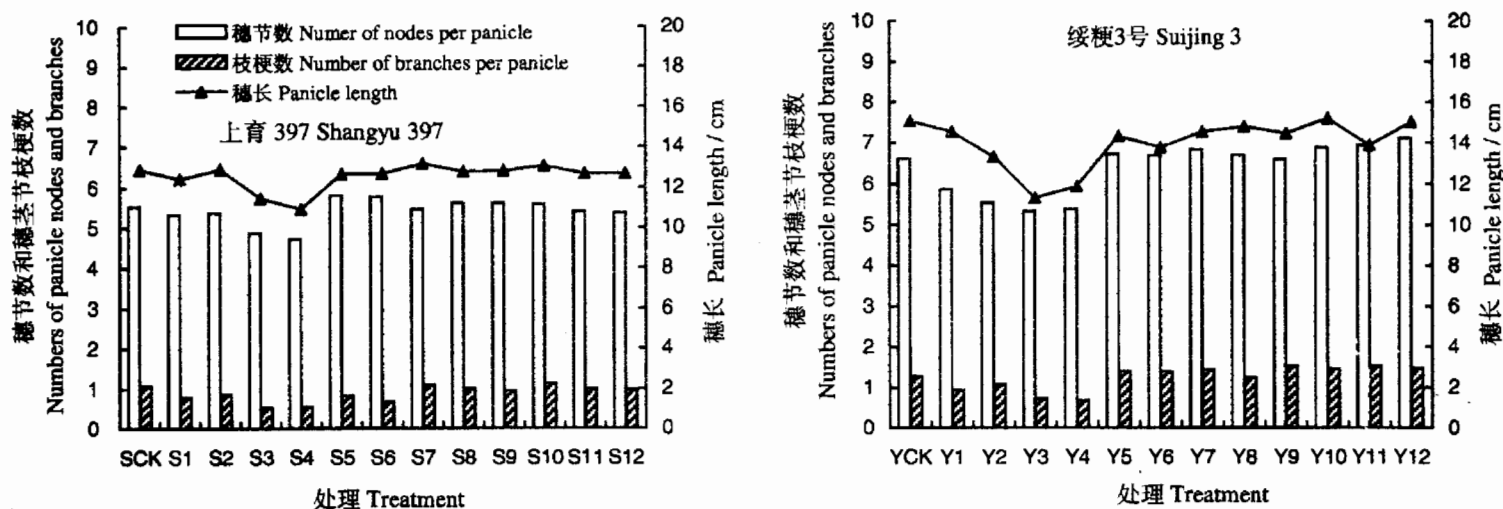


图2 上育397和绥梗3号各处理穗节数、穗颈节枝梗数及穗长比较

Fig. 2. Comparison on numbers of panicle nodes and branches on the panicle-neck and panicle length in Shangyu 397 and Suijing 3 under different treatments.

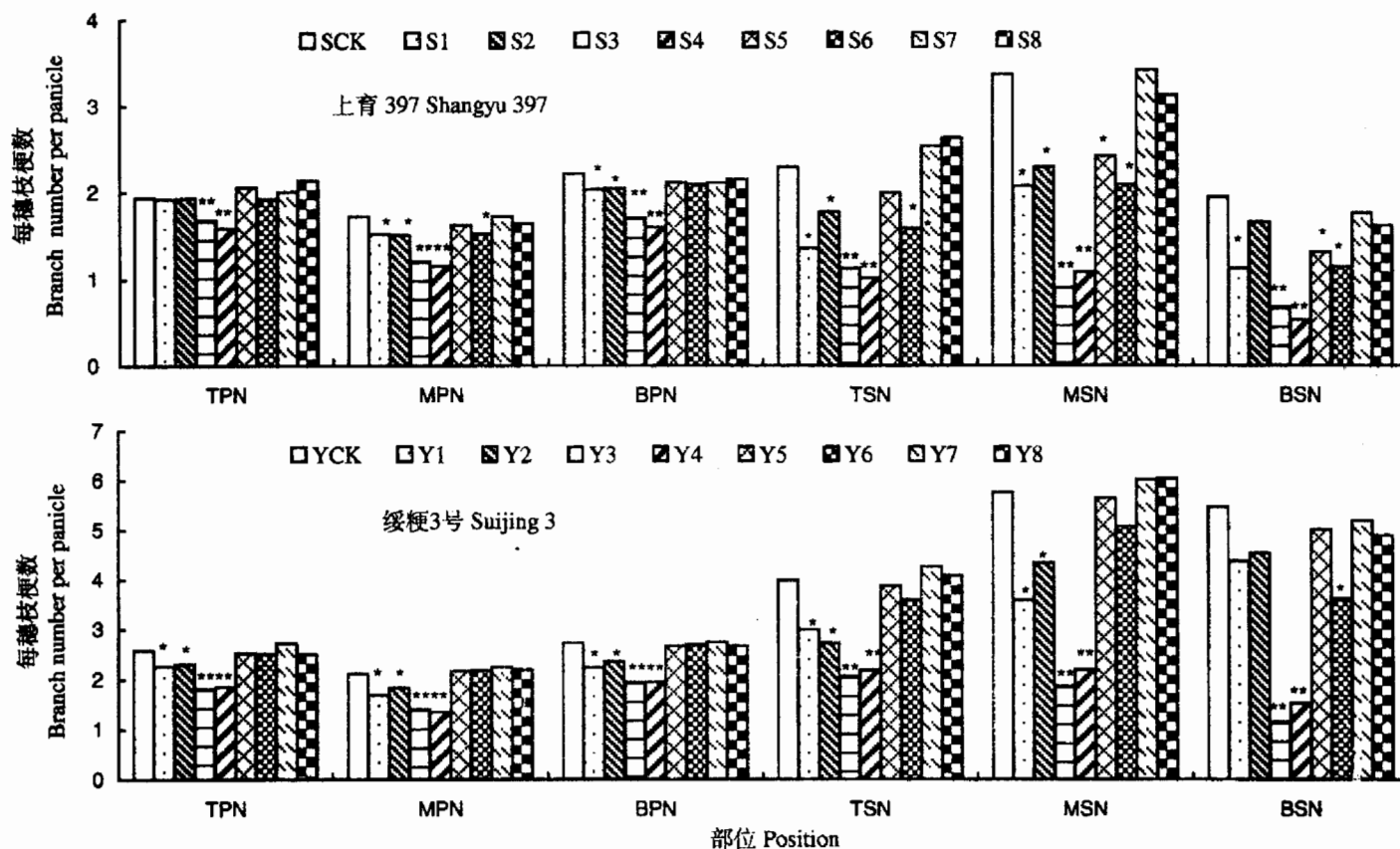


图3 上育397和绥梗3号不同部位各处理枝梗数比较

Fig. 3. Comparison of branch number at different positions in Shangyu 397 and Suijing 3 under different treatments.

TPN—上部一次枝梗；MPN—中部一次枝梗；BPN—下部一次枝梗；TSN—上部二次枝梗；MSN—中部二次枝梗；BSN—下部二次枝梗。

*, ** 分别表示与对照差异达5%和1%显著水平。

TPN, Top primary branches; MPN, Middle primary branches; BPN, Bottom primary branches; TSN, Top secondary branches; MSN, Middle secondary branches; BSN, Bottom secondary branches.

*, ** indicate significance at 5% and 1% levels compared with CK, respectively.

Y11各处理下,穗节数在Y1、Y2处理下,穗颈节枝梗数在Y1处理下均显著低于对照,穗长、穗节数、穗颈节枝梗数在各处理间的变异系数(CV)分别为8.58%、9.88%、23.73%。可见,几个穗部性状的变异系数均表现为绥梗3号大于上育397,表明不同

处理对绥梗3号这些性状的影响程度要大于上育397;2个品种各处理间的变异系数均以穗颈节枝梗数>穗节数>穗长,穗节数与穗长的变异系数相差不大。因此,不同处理对穗颈节枝梗数的影响最大,而对穗节数与穗长的影响相对要小。

表 3 两水稻品种不同处理产量比较

Table 3 . Comparison of grain yield in two rice varieties at different treatments .

品种处理 Treatment	产量 Yield (Mean ± SE) /(g · hill ⁻¹)	品种处理 Treatment	产量 Yield (Mean ± SE) /(g · hill ⁻¹)
Y11	20.00 ± 3.67 a A	S11	20.99 ± 2.06 a A
Y8	18.39 ± 3.86 ab A	S9	20.73 ± 1.82 a A
Y7	17.91 ± 4.94 ab A	S12	20.57 ± 2.12 a A
Y12	16.60 ± 4.79 abc AB	SCK	19.91 ± 2.20 ab AB
YCK	15.60 ± 3.80 bcd ABC	S8	18.52 ± 2.67 bc ABC
Y9	15.28 ± 4.23 bcd ABC	S7	18.33 ± 2.98 bc ABC
Y6	13.03 ± 3.64 cde BC	S10	17.42 ± 2.34 cd BCD
Y10	12.78 ± 3.62 de BC	S5	15.88 ± 2.91 d CDE
Y2	12.51 ± 0.93 de BC	S6	15.47 ± 1.93 d DEF
Y5	11.53 ± 3.60 e CD	S1	13.42 ± 1.41 e EFG
Y1	11.45 ± 1.79 e CD	S2	12.79 ± 0.76 ef FGH
Y4	7.55 ± 3.15 f D	S3	10.91 ± 1.05 fg GH
Y3	7.47 ± 1.61 f D	S4	10.21 ± 1.43 g H

同一列内,数据后带相同大小写字母者表示平均数差异未达 0.01 和 0.05 显著水平。

Within a column, means followed by the common uppercase and lowercase letters indicate no significant difference at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

2.2.2 不同土壤水势下水稻穗部不同部位枝梗数的变化

将稻穗上的枝梗分为上部、中部、下部的一次枝梗和二次枝梗共 6 部分,土壤水势对 2 个品种不同部位枝梗数的影响见图 3。2 个品种的一次枝梗数和二次枝梗数都以长穗期处理所受的影响最大,均低于对照,经 LSD 多重比较,差异达到了极显著水平;其次是分蘖期和抽穗后 1~10 d 处理,上育 397、绥粳 3 号分蘖期两个处理的 12 个部位中分别有 9 个和 10 个部位枝梗数低于对照,差异达到显著水平,即在 2 个品种中各处理对不同部位枝梗数的影响大小基本为长穗期 > 分蘖期 > 抽穗后 1~10 d 的处理,而且对二次枝梗数的影响程度均大于一次枝梗,且后两期处理多表现出水分胁迫强度越大,枝梗数量越少的趋势。2 个品种同一时期不同控水强度间除了上部、中部、下部的二次枝梗数抽穗后 1~10 d 的 -30~-35 kPa 处理均大于 -60~-65 kPa 处理外,其他处理间变化无规律。对上育 397 一次枝梗数的影响,由大到小依次为中部 > 下部 > 上部,各部位分别有 6 个、4 个、2 个处理与对照的差异达显著水平,对二次枝梗数的影响,由大到小依次为中部 > 下部 > 上部,各部位分别有 6 个、5 个、5 个处理与对照的差异达极显著水平。对绥粳 3 号一次枝梗数的影响,上部、中部、下部各有 4 个处理与对照差异达到显著水平,对二次枝梗数的影响由大到小依次为中部 > 上部 > 下部,分别有 6 个、4 个、3 个处理

与对照差异达极显著水平。

2.3 土壤水势对水稻产量的影响

不同时期不同强度的控水处理对 2 个水稻品种产量的影响不同(表 3)。2 个品种的经济产量均表现为处理 1~处理 6 低于对照和其他处理,S1~S6 与对照之间差异达极显著水平,减产幅度依次为 32.61%、35.75%、45.22%、48.72%、20.27%、22.32%,以长穗期处理产量最低,其他处理(除 S10 外)与对照之间的差异均不显著;Y3 和 Y4 与对照的差异达到极显著水平,Y1 和 Y5 与对照的差异达显著水平,Y1~Y6 减产幅度分别为 26.61%、19.80%、52.12%、51.63%、26.06%、16.50%,仍以长穗期处理产量最低。总之,长穗期控水对水稻产量影响最大,其次为分蘖期,然后为抽穗后 1~10 d 的处理,抽穗后持续控水和抽穗 10 d 以后控水的处理对产量的影响较小。2 个品种同一时期不同控水强度间产量的差异除 S9 和 S10 间达到极显著水平,其他处理间的差异均不显著,表明在抽穗前和抽穗后 1~10 d 土壤水势为 -30~-35 kPa 时已经对产量造成了严重影响,再进一步降低土壤水势对产量影响不大。分蘖期控水减产幅度上育 397 > 绥粳 3 号,长穗期控水减产幅度绥粳 3 号 > 上育 397。

2.4 穗部性状与穗数及产量的关系

本试验条件下,穗长、穗节数、穗颈节枝梗数与每穴穗数均呈负相关,穗长与每穴穗数的相关程度最大,2 个品种均达到极显著水平,穗节数与

表 4 两品种穗部性状与不同部位产量的相关系数

Table 4 . Coefficient of correlation between panicle traits and the yield of rice .

品种和性状 Variety and trait	产量 Grain yield			每穴穗数 No . of panicles per hill	穗长 Panicle length	穗节数 No . of panicle nodes
	优势粒 Superior grain	中位粒 Middle grain	劣势粒 Inferior grain			
上育 397 Shangyu 397						
每穴穗数 No . of panicles per hill	0 .072	- 0 .213	- 0 .359			
穗长 Panicle length	0 .405	0 .727* *	0 .820* *	- 0 .790* *		
穗节数 No . of panicle nodes	0 .493	0 .628*	0 .595*	- 0 .683*	0 .848* *	
穗颈节枝梗数 No . of branches on panicle neck	0 .443	0 .823* *	0 .933* *	- 0 .496	0 .841* *	0 .579*
绥粳 3 号 Suijing 3						
每穴穗数 No . of panicles per hill	- 0 .233	- 0 .471	- 0 .665*			
穗长 Panicle length	0 .214	0 .645*	0 .870* *	- 0 .808* *		
穗节数 No . of panicle nodes	0 .406	0 .788* *	0 .804* *	- 0 .590*	0 .812* *	
穗颈节枝梗数 No . of branches on panicle neck	0 .407	0 .773* *	0 .815* *	- 0 .685* *	0 .765* *	0 .932* *

每穴穗数的相关系数也达到显著水平,绥粳 3 号穗颈节枝梗数与穗数的相关系数达到极显著水平,说明每穴穗数越多穗越小、每穗的节数和穗颈节上的枝梗数越少,尤其是绥粳 3 号的穗颈节枝梗数更为明显(表 4)。因此,土壤水分是通过影响分蘖和分枝而导致了穗长、穗节数、穗颈节枝梗数的变化。

相关分析表明,穗长、穗节数、穗颈节枝梗数与不同部位籽粒的产量均呈正相关,并且与中位粒和劣势粒产量的相关系数都达到了显著或极显著水平(表 4),表明本试验品种不同处理的穗越长、每穗节数和穗颈节枝梗数越多则产量越高,尤其是中位粒和劣势粒。在两品种中产量与不同部位枝梗数的相关系数均达到极显著水平,上育 397 产量与上部、中部、下部一次枝梗数的相关系数分别为 0.758* *、0.827* *、0.873* *,与上部、中部、下部二次枝梗数的相关系数分别为 0.845* *、0.877* *、0.827* *;绥粳 3 号产量与上部、中部、下部一次枝梗数的相关系数分别为 0.891* *、0.813* *、0.839* *,与二次枝梗数的相关系数分别为 0.854* *、0.841* *、0.730* *,表明供试品种在本试验条件下不同处理各部位的一、二次枝梗数越多则产量越高。

3 讨论

不同时期不同程度的控水处理对 2 个水稻品种穗部性状及产量的影响程度不同。长穗期 - 30 ~ - 35 kPa 的控水处理使上育 397、绥粳 3 号的穗数高于对照,分别达到显著和极显著水平,而使穗节数、穗颈节枝梗数、穗长、一次枝梗数、二次枝梗数及产量极显著地低于对照和其他多数处理,对二次枝梗数的影响程度均大于一次枝梗;其次是分蘖期及

抽穗后 1 ~ 10 d 的处理影响也较大。同一时期不同控水强度间差异大多不显著。说明在长穗期土壤水势为 - 30 ~ - 35 kPa 时已经严重影响了水稻穗节、枝梗和颖花的分化形成及分蘖等生长发育,进一步降低土壤水势不会使它们再显著降低。因此,长穗期是各品种穗部性状及产量的水分敏感期,这与有关水分胁迫减产最大的时期是穗分化期和开花期的结果基本相同^[17]。由于长穗期是穗器官的分化形成期,研究表明,枝梗和颖花退化的时间是花粉母细胞形成期到减数分裂期,这段时间里,幼穗急剧伸长,需要大量养料^[18],水分胁迫使光合速率降低,养分积累减少或养分运输不畅导致枝梗及颖花分化过程中营养不良而使发育中途停顿或因为缺水而不能正常分化,最终导致枝梗数和穗粒数减少。在穗上优先分化的上部枝梗和颖花在生理上占有很大的优势,首先得到大量营养物质的供应,同时输导组织发育好,接受养分供应的能力也强,不容易退化,而后发育的穗下部枝梗和颖花由于接受养分的时间晚,输导组织发育不好,输送能力弱,在养分、水分供应不足的情况下,容易退化。由于一次枝梗先分化、先发育,输导组织发育优于二次枝梗,故它获得水分、养分等的能力要强,所以其分化形成受控水的影响程度明显低于二次枝梗。因此,水分胁迫对二次枝梗颖花分化的影响程度更大。分蘖期控水影响了水稻植株的正常生长、分蘖等生育过程,穗长变短,可能与水稻植株不是以正常生理状态进入长穗形成阶段有关,或由于寒地水稻是重叠生长型,复水后进入长穗期又进行了分蘖,与长穗争夺养分,因而影响了枝梗的分化形成,最终使不同部位的枝梗数也明显减少。抽穗后 1 ~ 10 d 控水,可能是迟发分蘖的枝梗还未完全分化形成即开始控水导致枝梗数减少,

减少幅度二次枝梗高于一次枝梗。2个品种抽穗后持续控水的处理与对照产量差异不大,有研究认为这是水稻在水分严重亏缺条件下具有较强的自我调节能力导致的^[19-21]。因此,有必要对根系的形态、结构、功能及植株的生理生化方面的机制进行深入探讨。

从土壤水分与水稻穗长、穗节数、穗颈节枝梗数三者的关系看,2个品种不同处理对穗颈节枝梗数的影响最大,而对穗节数和穗长的影响相对要小。因此,在穗部性状中要首先注意控水对穗颈节枝梗数的影响。

本试验条件下穗长、穗节数、穗颈节枝梗数与每穴穗数均呈负相关,穗长与穗数的相关程度最大,2个品种均达到极显著水平,穗节数与穗数的相关系数也达到显著水平。因此,土壤水分是通过影响分蘖(分蘖期控水对茎数影响最大)和分枝(长穗期控水使分枝数显著增加)而导致穗部性状的变化,节水栽培要充分注意控水处理对分蘖和分枝的影响。

不同土壤水分下水稻产量与穗节数、穗颈节枝梗数相关分析表明,本试验条件下2个品种的穗长、穗节数、穗颈节枝梗数与不同粒位的籽粒产量均呈正相关,并且与中位粒和劣势粒产量的相关系数均达到了显著或极显著水平。因此,控水处理通过影响穗长、穗节数、穗颈节枝梗数而影响产量,尤其是显著或极显著地影响了中位粒和劣势粒的产量。

总之,节水栽培要考虑水稻品种不同时期的需水特点,在不同的生育阶段进行不同程度的控水处理,抽穗前尤其是长穗期不宜持续进行土壤水势为 $-30 \sim -35$ kPa以下的控水处理。这与杨建昌等低限土壤水势控制在 $-20 \sim -40$ kPa的报道不一致^[22],可能与土壤类型、土壤质地不同有关。

参考文献：

- [1] 吴良欢,祝增荣.水稻覆膜旱作节水节肥高产栽培技术.浙江农业大学学报,1999,25(1):41-42.
- [2] 杨建昌,朱庆森.土壤水分对水稻籽粒增重过程的影响.江苏农学院学报,1994,15(3):9-14.
- [3] 朱庆森,黄丕生.水稻节水栽培研究论文集.北京:中国农业科技出版社,1995:48-58.
- [4] 陈国林.水稻节水灌溉的生理生态效应研究.江西农业大学学报,1996,18(2):160-166.
- [5] 陆建飞,丁艳锋.持续土壤水分胁迫对水稻生育与产量构成的影响.江苏农学院学报,1998,19(2):43-48.
- [6] 彭世彰,郝树荣,刘庆,等.节水灌溉水稻高产优质成因分析.灌溉排水,2000,19(3):3-7.
- [7] 黄英金,漆映雪.灌浆成熟期气候因素对早籼稻米蛋白质及其4种组分含量的影响.中国农业气象,2002,23(2):9-31.
- [8] 蔡一霞,朱庆森,王志琴,等.结实期土壤水分对稻米品质的影响.作物学报,2002,28(5):601-608.
- [9] 黄文江,黄义德,王纪华,等.水稻旱作对其生长量和经济产量的影响.干旱地区农业研究,2003,21(4):15-19.
- [10] 邵玺文,张瑞珍,齐春艳,等.拔节孕穗期水分胁迫对水稻生长发育及产量的影响.吉林农业大学学报,2004,26(3):237-241.
- [11] 王平荣,邓晓建,高晓玲,等.干旱对稻米品质的影响研究.中国农学通报,2004,20(6):282-284,324.
- [12] 邵玺文,阮长春,赵兰坡,等.分蘖期水分胁迫对水稻生长发育及产量的影响.吉林农业大学学报,2005,27(1):6-10.
- [13] 李德福,李金才,魏凤珍.拔节长穗期水分胁迫对旱作水稻若干生理特性和经济产量的影响.植物生态学报,2005,29(5):819-828.
- [14] 张明炷,李远华,崔远来.非充分灌溉条件下水稻生长发育及生理机制研究.灌溉排水,1994,13(4):6-10.
- [15] 陆建飞,张卫建.持续土壤水分胁迫对水稻生育与产量构成的影响.江苏农业学报,1998,19(2):43-48.
- [16] 张玉屏,朱德峰,林贤青,等.不同时期水分胁迫对水稻生长特性和产量形成的影响.干旱地区农业研究,2005,23(2):48-53.
- [17] 潘瑞炽.水稻生理.北京:科学出版社,1979:347-352.
- [18] 黄文江,王纪华,赵春江,等.旱作水稻幼穗发育期若干生理特性及节水机理的研究.作物学报,2002,28(3):411-416.
- [19] 周广生,徐才国,靳德明,等.分蘖期节水处理对水稻生物学特性的影响.中国农业科学,2005,38(9):1767-1773.
- [20] 胡田田,康绍忠.植物抗旱性中的补偿效应及其在农业节水中的应用.生态学报,2005,25(4):865-891.
- [21] 杨建昌,王维,王志琴,等.水稻旱秧大田期需水特性与节水灌溉指标研究.中国农业科学,2000,33(2):34-42.