

抽穗前水分供应对寒地水稻品质的影响

郭晓红¹, 郑桂萍¹, 殷大伟², 张淼淼³, 赵洋¹, 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. 黑龙江北大荒农业股份有限公司 七星研发中心, 黑龙江 建三江 156300)

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, 研究了抽穗前水分供应对寒地水稻品质的影响。研究结果表明, 抽穗前进行 $-8 \sim -10$ kPa 的间歇控水处理, 有利于提高垦鉴稻 5 号的整精米率, 不利于提高垦稻 12 号的整精米率; 两品种的长/宽值呈减小趋势; 两品种优势粒的垩白率和垩白度均有增加, 两品种中势粒的垩白率和垩白度表现为减小, 这有利于两品种直链淀粉含量的降低; 两品种各粒位的蛋白质含量增加; 二者优势粒的米饭食味评分值提高, 中势粒的米饭食味评分值降低。结实前进行 $-18 \sim -20$ kPa 和 $-28 \sim -30$ kPa 的持续控水处理, 有利于提高垦鉴稻 5 号的整精米率, 不利于提高垦稻 12 号的整精米率; 两种处理减小了两品种各粒位糙米的长和宽; 减少了两品种的垩白率和垩白度; 有利于两品种直链淀粉含量的降低; 两种处理增加了两品种各粒位的蛋白质含量; 两种处理降低了两个品种的米饭食味评分值。

关键词: 寒地水稻; 水分供应; 品质

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)02-0040-07

中图分类号: S511.06

Effects of Before-heading Water Supply on Quality of Rice in Cold Regions

GUO Xiao-hong¹, ZHENG Gui-ping¹, YIN Da-wei², ZHANG Miao-miao³, ZHAO Yang¹, LÜ Yan-dong¹

(1. College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319, China;
2. Rice Institute of Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China; 3. The Research and Development Centre of Seven Stars Branch of Heilongjiang Beidahuang Agriculture Co. Ltd., Jiansanjiang, Heilongjiang 156300, China)

Abstract: With Kenjiandao 5 and Kendao 12 as experiment materials, the effects of before-heading water supply on the quality of rice in cold region were studied through pot planting in a rainproof chamber. The soil water potential (SWP) was monitored with negative pressure soil moisture tensiometers. The results show that with intermittent water control at SWP ranged from -10 to -8 kPa during the before heading stage, the whole rice rate was significantly improved for Kenjiandao 5 rather than Kendao 12, and the ratios of length to width decreased for the grains of both varieties. With the before-heading water control, the chalkiness rate and chalkiness degree were improved for the dominant grains and were reduced for the middle grains, implying possible reductions of amylose content for both varieties. Protein contents of all the grains of both varieties were enhanced, while the dominant grains received higher grades in regard to the taste and the middle grains had lower grades. With water controls at SWP of $-18 \sim -20$ kPa and $-28 \sim -30$ kPa before heading, the plants of the two varieties performed similar to those with the first treatment, except the chalkiness rate, chalkiness degree and taste grades were reduced for all the grains of both varieties.

Keywords: rice in cold region; water supply; rice quality

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,制约着社会的可持续发展^[1]。中国是人均水资源较少的国家,由于缺水,每年造成国民经济损失巨大^[2]。对于中国这样一个缺水国家来说,发展节水型水稻育种和

生产迫在眉睫。为此,科研工作者从生理、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,并取得了大量的结果,但大多均侧重于产量与水分的关系研究^[3-8]。随着人们生活水平提高和发展商品生产的需要,稻米品质日益重要,粮食生产从“高产数

收稿日期: 2011-05-23

修回日期: 2011-07-03

资助项目: 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); 黑龙江省科技攻关项目(GA09B102-4); 黑龙江省教育厅科学技术研究面上项目(11551318); 黑龙江八一农垦大学博士启动基金(B2010-5)

作者简介: 郭晓红(1980—),女(汉族),黑龙江省宁安市人,博士,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,博士,副研究员,主要从事水稻节水栽培研究。E-mail: luyandong336@sohu.com。

量型”向“质量效益型”转变,进行水分逆境研究时,从品质方面入手研究水稻与土壤水分的关系,也显得十分必要。研究者对水稻品质与水分胁迫间的关系也进行了大量的研究,但大多都侧重于结实期水分与品质的关系研究^[9-13],抽穗前不同生育阶段水分处理与品质的关系也有研究^[14-15],而关于抽穗前整个生育阶段的水分处理与品质关系的研究却鲜有报道。本研究通过抽穗前水分处理,从品质方面研究水分胁迫的影响,以为水稻节水、高产、优质栽培提供理论依据。

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。土壤的基础条件为: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值为7.61。

供试品种垦鉴稻5号(J)和垦稻12号(D),主茎均为12片叶。两品种处理及表示方法详见表1。2009年4月10日浸种,4月19日播种(水9 L/m²,可溶性育苗专用肥60 g/m²,移栽灵2.0 ml/m²,3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P₂O₅计);钾肥为硫酸钾,用量1.16 g/盆(以K₂O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K₂O计)。

表1 两品种的不同处理及表示方法

| 处理时期 | 水分管理 | 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 |
| 整个生育期 | 对照 | JCK | DCK |

采用盆栽人工控制水分方法,盆钵直径为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。采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和14:00 2次读表,根据处理要求及时补水。处理1为插秧后浅水层3~5 cm,返青后,

自然落干至-8~-10 kPa,然后覆水至3~5 cm,再自然落干至-8~-10 kPa,如此反复直至出穗,出穗至蜡熟末期浅水层3~5 cm;处理2为插秧后浅水层3~5 cm,返青后,自然落干至-18~-20 kPa,持续控水-18~-20 kPa直至出穗,出穗至蜡熟末期浅水层3~5 cm;处理3为插秧后浅水层3~5 cm,返青后,自然落干至-28~-30 kPa,持续控水-28~-30 kPa直至出穗,出穗至蜡熟末期浅水层3~5 cm;对照为插秧后至蜡熟末期浅水层3~5 cm。生育期间人工除草。供试盆数为两品种各处理各35盆,随机排列。9月末收获。

1.2 测试内容与方法

根据每穗上的一次枝梗数,将每个单穗分为上、中、下3部分,如果一次枝梗数能被3整除,上、中、下部平均分配,如果不能被3整除,下部优先分配,其次中部分配。将每穗分成优势粒(上部一次枝梗上的粒)、中势粒(枝梗上除了优势粒和劣势粒的所有粒)和劣势粒(下部二次枝梗上的粒)3部分。风干2~3个月后,按《中国农业标准汇编:粮油作物卷》的标准测定品质。

1.2.1 加工品质的测定 用FC-2K型实验砬谷机(YAMAMOTO,离心式)加工成糙米,用日本公司生产的VP-32型实验碾米机(YAMAMOTO,直立式)加工精米。

1.2.2 外观品质的测定 采用日本静冈机械株式会社生产的ES-1000便携式品质分析仪测定不同粒位糙米及精米。糙米粒长、糙米粒宽、精米长、精米宽、垩白率、垩白度等。

1.2.3 理化品质的测定 用德国BRUKER公司生产的VECTOR 22/N型近红外光谱仪测定不同粒位糙米的直链淀粉含量、脂肪含量、蛋白质含量。凯式定氮法测定蛋白组分。采用AACC 61-02快速黏度测试方法,采用澳大利亚Newport Scientific仪器公司生产的RVA-Super 3仪测定RVA黏滞谱,并用TCW(thermal cycle for windows)配套软件分析,测定指标有最高黏度、热浆黏度、冷胶黏度、消减值等。

1.2.4 食味品质的测定 食味品质用日本佐竹公司(SATAKE)生产的米饭食味计(STA1A)进行测定。本试验以黑龙江省佳木斯市生产的空育131(感官食味综合评分75分)为对照。

2 结果与分析

2.1 抽穗前水分供应对稻谷碾磨品质的影响

抽穗前进行不同强度控水,碾磨品质详见表2。与JCK相比,J₁优、中势粒部分的糙米率、精米率和

整精米率均增加。与 JCK 相比, J_2 和 J_3 优、中势粒部分的糙米率降低; J_2 和 J_3 优势粒部分的精米率降低, 中势粒部分的精米率增加; J_2 和 J_3 优、中势粒部分的整精米率增加。与 DCK 相比, D_1 、 D_2 和 D_3 优势粒部分的糙米率、精米率和整精米率均降低。与 DCK 相比, D_1 中势粒部分的糙米率和精米率增加, D_2 和 D_3

中势粒部分的糙米率、精米率降低, D_1 、 D_2 和 D_3 中势粒部分的整精米率均降低。单从最有经济意义的整精米率来考虑, 抽穗前进行不同强度控水, 有利于提高垦鉴稻 5 号优、中势粒的整精米率, 不利于提高垦稻 12 号优中势粒的整精米率。

表 2 两品种各处理不同粒位的碾米品质比较

%

| 处理 | | 糙米率 | | 精米率 | | 整精米率 | |
|-----|-------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|
| | | 数值 | $\pm \Delta$ | 数值 | $\pm \Delta$ | 数值 | $\pm \Delta$ |
| 优势粒 | JCK | 82.86 | 0.00 | 75.25 | 0.00 | 66.35 | 0.00 |
| | J_1 | 83.00 | 0.17 | 75.95 | 0.94 | 70.23 | 5.84 |
| | J_2 | 78.53 | -5.22 | 71.69 | -4.73 | 67.22 | 1.30 |
| | J_3 | 78.13 | -5.71 | 70.85 | -5.85 | 66.92 | 0.86 |
| 中势粒 | JCK | 81.77 | 0.00 | 71.82 | 0.00 | 66.48 | 0.00 |
| | J_1 | 83.02 | 1.53 | 75.02 | 4.45 | 70.65 | 6.27 |
| | J_2 | 80.34 | -1.74 | 72.92 | 1.52 | 70.71 | 6.36 |
| | J_3 | 80.08 | -2.07 | 72.50 | 0.94 | 69.69 | 4.83 |
| 优势粒 | DCK | 80.29 | 0.00 | 72.87 | 0.00 | 60.98 | 0.00 |
| | D_1 | 80.18 | -0.13 | 72.45 | -0.59 | 56.04 | -8.11 |
| | D_2 | 76.07 | -5.25 | 68.91 | -5.43 | 58.10 | -4.72 |
| | D_3 | 72.15 | -10.14 | 66.03 | -9.39 | 57.40 | -5.88 |
| 中势粒 | DCK | 80.56 | 0.00 | 72.83 | 0.00 | 67.20 | 0.00 |
| | D_1 | 81.44 | 1.09 | 74.15 | 1.81 | 67.10 | -0.15 |
| | D_2 | 76.94 | -4.50 | 69.07 | -5.17 | 61.00 | -9.23 |
| | D_3 | 74.82 | -7.12 | 67.03 | -7.96 | 60.30 | -10.28 |

注: $\pm \Delta$ 表示与对照相比较的增减百分率。下同。

2.2 抽穗前水分供应对稻米外观品质的影响

两品种不同粒位糙米的长/宽, 对控水的反应不同(图 1)。与 JCK 相比, J_1 优、中势粒的长/宽无变化, 劣势粒的长/宽减小。与 JCK 相比, J_2 优、中势粒的长/宽增大, 劣势粒的长/宽减小。与 JCK 相比, J_3 优势粒的长/宽增大, 中、劣势粒的长/宽减小。与 DCK 相比, D_1 优、中势粒的长/宽减小, 劣势粒的长/宽无变化。与 DCK 相比, D_2 优的长/宽增大, 中势粒的长/宽无变化, 劣势粒的长/宽减小。与 DCK 相比, D_3 优、中势粒的长/宽增大, 劣势粒的长/宽减小。相同的规律表现为抽穗前期进行 -8 ~ -10 kPa 的间歇控水处理两品种的长/宽有减小的趋势; 抽穗前期进行 -18 ~ -20 kPa 和 -28 ~ -30 kPa 的控水处理两品种优势粒的长/宽增加, 劣势粒的长/宽减小。不同之处主要表现为抽穗前期进行 -18 ~ -20 kPa 控水处理增加垦鉴稻 5 号中势粒的长/宽, 对垦稻 12 号中势粒的长/宽无影响; 抽穗前进行 -28 ~ -30 kPa 控水处理减小了垦鉴稻 5 号中势粒的长/宽, 增加了垦稻 12 号中势粒的长/宽。

抽穗前进行不同程度的控水处理, 两品种垩白率、垩白度的变化结果详见表 3。两品种不同粒位各处理

垩白率、垩白度变化规律基本一致。抽穗前进行 -8 ~ -10 kPa 的间歇控水处理增加了两品种优势粒垩白率和垩白度, 减小了两品种中势粒垩白率和垩白度。抽穗前进行 -18 ~ -20 kPa 和 -28 ~ -30 kPa 的控水处理减少了两品种优、中势粒的垩白率和垩白度。

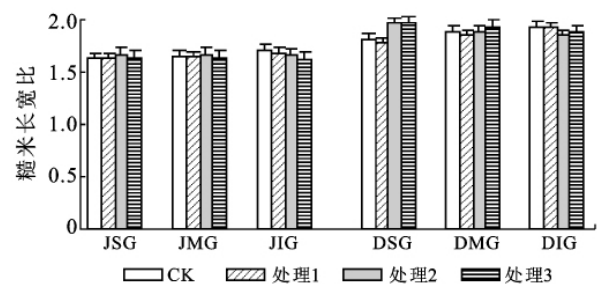


图 1 两品种各处理不同粒位糙米长宽比的比较

注: SG, MG, JG 分别表示优势粒、中势粒和劣势粒。下同。

2.3 抽穗前水分供应对水稻理化品质的影响

抽穗前进行不同程度的控水处理, 两品种直链淀粉、脂肪和蛋白质含量的变化详见表 4。由表 4 可以看出, 3 种控水处理使垦鉴稻 5 号优势粒和中势粒直链淀粉含量降低, 劣势粒直链淀粉含量增加; 使垦稻 12 号各

粒位直链淀粉含量均降低。3 种控水处理使垦鉴稻 5 号各粒位脂肪含量均增加; 使垦稻 12 号优、劣势粒脂肪含量增加, 中势粒脂肪含量降低。除了 JCK 的中势粒蛋白质含量低于 7% 外, 两品种其它各处理各粒位的蛋白质含量都高于 7%; 抽穗前进行本试验的 3 种控水处理, 提高了两品种各粒位的蛋白质含量。

表 3 两品种各处理不同粒位垩白率及垩白度 %

| 处理 | 垩白率 | | 垩白度 | |
|-----|----------------|--------|-----|--------|
| | 数值 | ± Δ | 数值 | ± Δ |
| JCK | 1.5 | 0.00 | 0.9 | 0.00 |
| 优势粒 | J ₁ | 40.00 | 1.2 | 33.33 |
| | J ₂ | -40.00 | 0.5 | -44.44 |
| | J ₃ | -20.00 | 0.7 | -22.22 |
| JCK | 10.0 | 0.00 | 5.5 | 0.00 |
| 中势粒 | J ₁ | -44.00 | 3.0 | -45.45 |
| | J ₂ | -95.00 | 0.2 | -96.36 |
| | J ₃ | -94.00 | 0.3 | -94.55 |
| DCK | 1.3 | 0.00 | 0.8 | 0.00 |
| 优势粒 | D ₁ | 38.46 | 0.9 | 12.50 |
| | D ₂ | -23.08 | 0.6 | -25.00 |
| | D ₃ | -23.08 | 0.7 | -12.50 |
| DCK | 4.3 | 0.00 | 2.4 | 0.00 |
| 中势粒 | D ₁ | -18.60 | 1.8 | -25.00 |
| | D ₂ | -30.23 | 1.4 | -41.67 |
| | D ₃ | -23.26 | 1.7 | -29.17 |

抽穗前进行不同程度的控水处理, 降低了垦鉴稻 5 号优、中势粒的白蛋白和球蛋白含量, 其中 J₁、J₂ 和 J₃ 优势粒的白蛋白含量分别低于对照 (JCK) 10.65%、0.88% 和 7.38%, 中势粒白蛋白含量分别低于对照 16.03%、12.98% 和 19.85%, 相对应各处理降低幅度为: 中势粒 > 优势粒; J₁、J₂ 和 J₃ 优势粒的球蛋白含量分别低于对照 0.01%、4.35% 和 5.07%, 中势粒球蛋白含量分别低于对照 0.06%、4.62% 和 6.92%。相对应各处理降低幅度为: 中势粒 > 优势粒, 并且随着控水强度的增加, 优、中势粒球蛋白含量随之降低。抽穗前进行不同程度的控水处理, 增加了垦鉴稻 5 号优、中势粒的谷蛋白和醇溶蛋白含量, 其中 J₁、J₂ 和 J₃ 优势粒的谷蛋白含量分别高于对照 2.09%、4.39% 和 14.85%, 中势粒谷蛋白含量分别高于对照 0.21%、8.82% 和 9.68%, 可以看出随着控水强度的增加, 优、中势粒谷蛋白含量随之增加; J₁、J₂ 和 J₃ 优势粒的醇溶蛋白含量分别高于对照 8.98%、4.54% 和 18.89%, 中势粒醇溶蛋白含量分别高于对照 27.83%、1.31% 和 6.63% (图 2)。说明抽穗前进行不同程度的控水处理抑制了垦鉴稻 5 号优势粒、中势粒白蛋白和球蛋白的合成, 促进了该品种优、中势粒谷蛋白和醇溶球蛋白的合成。

表 4 两品种各处理不同粒位直链淀粉含量、脂肪含量和蛋白质含量的比较

%

| 处理 | 直链淀粉 | | 脂肪 | | 蛋白质 | | |
|-----|----------------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|
| | 数值 | ± Δ | 数值 | ± Δ | 数值 | ± Δ | |
| JCK | 17.313 | 0.00 | 1.941 | 0.00 | 7.661 | 0.00 | |
| 优势粒 | J ₁ | 16.210 | -6.37 | 2.060 | 6.12 | 8.061 | 5.22 |
| | J ₂ | 16.383 | -5.37 | 2.036 | 4.92 | 8.011 | 4.56 |
| | J ₃ | 15.803 | -8.72 | 1.992 | 2.63 | 8.093 | 5.63 |
| JCK | 16.769 | 0.00 | 1.931 | 0.00 | 6.953 | 0.00 | |
| 中势粒 | J ₁ | 16.381 | -2.31 | 2.011 | 4.18 | 7.478 | 7.54 |
| | J ₂ | 14.880 | -11.26 | 2.001 | 3.63 | 7.994 | 14.97 |
| | J ₃ | 15.653 | -6.66 | 2.042 | 5.77 | 7.774 | 11.81 |
| JCK | 15.910 | 0.00 | 1.948 | 0.00 | 7.232 | 0.00 | |
| 劣势粒 | J ₁ | 16.439 | 3.32 | 2.168 | 11.28 | 7.481 | 3.44 |
| | J ₂ | 16.328 | 2.63 | 2.065 | 5.97 | 7.942 | 9.81 |
| | J ₃ | 16.452 | 3.41 | 2.079 | 6.69 | 8.112 | 12.17 |
| DCK | 16.205 | 0.00 | 1.899 | 0.00 | 7.866 | 0.00 | |
| 优势粒 | D ₁ | 15.701 | -3.11 | 1.913 | 0.73 | 8.105 | 3.03 |
| | D ₂ | 13.936 | -14.00 | 2.098 | 10.47 | 8.646 | 9.91 |
| | D ₃ | 12.307 | -24.05 | 2.007 | 5.67 | 9.545 | 21.34 |
| DCK | 16.406 | 0.00 | 1.855 | 0.00 | 7.490 | 0.00 | |
| 中势粒 | D ₁ | 15.856 | -3.35 | 1.768 | -4.69 | 7.742 | 3.37 |
| | D ₂ | 13.971 | -14.84 | 1.818 | -1.99 | 9.054 | 20.88 |
| | D ₃ | 10.916 | -33.47 | 1.848 | -0.33 | 9.615 | 28.37 |
| DCK | 15.543 | 0.00 | 1.873 | 0.00 | 7.455 | 0.00 | |
| 劣势粒 | D ₁ | 15.413 | -0.84 | 2.184 | 16.65 | 7.534 | 1.06 |
| | D ₂ | 14.062 | -9.53 | 1.936 | 3.39 | 8.993 | 20.63 |
| | D ₃ | 7.026 | -54.80 | 3.553 | 89.76 | 10.532 | 41.28 |

抽穗前进行不同程度的控水处理, 垦稻 12 号 4 种蛋白组分的变化规律与垦鉴稻 5 号的相似。抽穗前进行不同程度的控水处理, 降低了垦稻 12 号优、中势粒的白蛋白和球蛋白含量, 其中 D_1 、 D_2 和 D_3 优势粒的白蛋白含量分别低于对照 (DCK) 12.31%、3.07% 和 9.64%, 中势粒白蛋白含量分别低于对照 0%、0% 和 2.44%; D_1 、 D_2 和 D_3 优势粒的球蛋白含量分别低于对照 0.75%、0.10% 和 1.88%, 中势粒球蛋白含量分别低于对照 4.60%、0.03% 和 6.87%。抽穗前进行不同程度的控水处理, 增加了垦稻 12 号优、中势粒的谷蛋白和醇溶蛋白含量, 其中 D_1 、 D_2 和 D_3 优势粒的谷蛋白含量分别高于对照 6.84%、17.19% 和 25.26%, 中势粒谷蛋白含量分别高于对照 1.47%、21.06% 和 42.67%, 可以看出随着控水强度的增加, 优、中势粒谷蛋白含量随之增加; D_1 、 D_2 和 D_3 优势粒的醇溶蛋白含量分别高于对照 29.79%、1.07% 和 26.60%, 中势粒醇溶蛋白含量分别高于对照 0.51%、0.51% 和 14.57% (图 3)。说明抽穗前进行不同程度的控水处理抑制了垦稻 12 号优势粒、中势粒白蛋白和球蛋白的合成, 促进了该品种优、中势粒谷蛋白和醇溶球蛋白的合成。

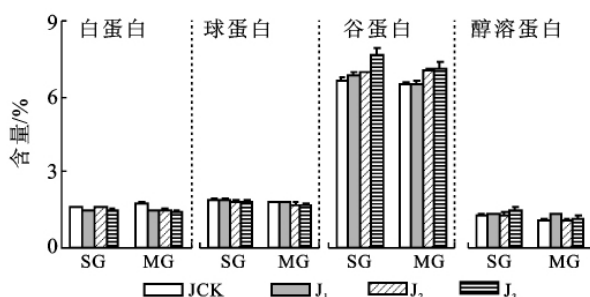


图 2 垦鉴稻 5 号各处理不同粒位 4 种蛋白组分比较

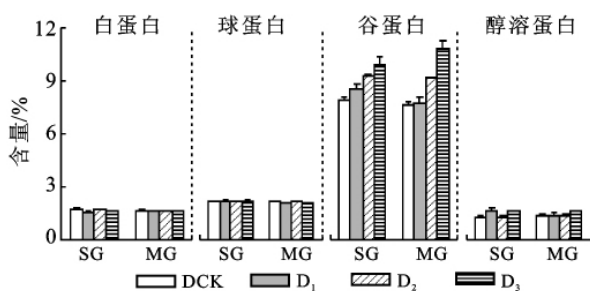


图 3 垦稻 12 号各处理不同粒位 4 种蛋白组分比较

垦鉴稻 5 号优、中势粒中白蛋白、球蛋白、谷蛋白、醇溶蛋白含量比率 JCK 的分别为 14.73% 和 16.33%、16.67% 和 16.21%、57.73% 和 57.98%、10.87% 和 9.48%; J_1 的分别为 13.08% 和 13.70%、16.56% 和 16.18%、58.58% 和 58.03%、11.77% 和 12.10%; J_2 的分别为 14.29% 和 13.89%、15.60% 和

15.10%、58.98% 和 61.63%、11.12% 和 9.38%; J_3 的分别为 12.56% 和 12.85%、14.56% 和 14.81%、61.00% 和 62.42%、11.89% 和 9.92%。对照和各个处理均以谷蛋白所占的比率最高, 且均大于 50%, 球蛋白的比率次之 (JCK 中势粒除外), 醇溶蛋白所占的比率最低。

垦稻 12 号优、中势粒中白蛋白、球蛋白、谷蛋白、醇溶蛋白含量比率 DCK 的分别为 13.63% 和 13.01%、16.77% 和 17.20%、59.75% 和 58.71%、9.85% 和 11.08%; D_1 的分别为 11.36% 和 12.99%、15.82% 和 16.39%、60.67% 和 59.50%、12.15% 和 11.12%; D_2 的分别为 12.01% 和 11.57%、15.24% 和 15.30%、63.69% 和 63.23%、9.06% 和 9.90%; D_3 的分别为 10.61% 和 10.14%、14.18% 和 12.80%、64.47% 和 66.92%、10.75% 和 10.14%。对照和各个处理均以谷蛋白所占的比率最高, 且均大于 50%, 球蛋白的比率次之, 醇溶蛋白所占的比率最低 (D_1 和 D_3 优势粒除外)。

本试验控水条件下对两品种不同粒位黏度 (RVA) 特征值的影响详见表 5。3 种控水处理均增加了垦鉴稻 5 号优、中势粒的最高黏度值、热浆黏度值 (J_1 优势粒除外) 和冷胶黏度值。抽穗前进行 -8 ~ -10 kPa 的间歇控水处理、-18 ~ -20 kPa 控水处理, 使得垦稻 12 号的最高黏度值、热浆黏度值和冷胶黏度值均增加; 抽穗前进行 -28 ~ -30 kPa 控水处理降低了垦稻 12 号优势粒最高黏度值、热浆黏度值和冷胶黏度值, 增加了垦稻 12 号中势粒最高黏度值、热浆黏度值和冷胶黏度值。

本试验的控水条件下, 对两品种不同粒位消减值 (PVU) 的影响如图 4 所示。抽穗前进行 3 种不同程度的控水处理, 均增加了垦鉴稻 5 号优、中势粒的消减值。抽穗前进行 3 种不同程度的控水处理, 除了 D_1 中势粒的消减值降低外, 其它处理优、中势粒的消减值均增加。说明抽穗前进行不同程度的控水处理, 不利于两品种消减值的降低, 即不利于两品种米饭的硬度降低。

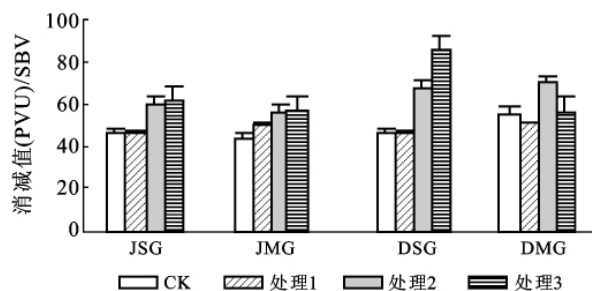


图 4 两品种各处理不同粒位消减值的比较

表5 两品种各处理不同粒位的 RVA 特征值

| 处理 | 最高黏度/ RVU | 热浆黏度/ RVU | 冷胶黏度/ RVU | |
|-----|----------------|--------------|--------------|--------|
| 优势粒 | JCK | 187.58 | 131.58 | 233.67 |
| | J ₁ | 194.75 | 128.67 | 240.92 |
| | J ₂ | 191.08 | 137.25 | 251.33 |
| | J ₃ | 190.42 | 140.92 | 252.00 |
| 中势粒 | JCK | 182.67 | 122.08 | 226.17 |
| | J ₁ | 187.42 | 134.33 | 237.25 |
| | J ₂ | 190.42 | 140.75 | 246.58 |
| | J ₃ | 187.33 | 138.08 | 244.67 |
| 优势粒 | DCK | 225.75 | 148.58 | 271.83 |
| | D ₁ | 232.25 | 154.17 | 278.83 |
| | D ₂ | 226.42 | 162.50 | 293.92 |
| | D ₃ | 147.92 | 95.50 | 233.25 |
| 中势粒 | DCK | 208.92 | 146.58 | 264.75 |
| | D ₁ | 228.08 | 154.42 | 278.83 |
| | D ₂ | 238.00 | 183.75 | 308.17 |
| | D ₃ | 216.42 | 146.67 | 272.75 |

2.4 抽穗前水分供应对稻米食味品质的影响

米饭食味计测定的食味值结果如图5所示。抽穗前进行-8~-10 kPa的间歇控水处理,使两品种优势粒的米饭食味评分值提高,抽穗前进行-18~-20 kPa和-28~-30 kPa控水处理使两品种优势粒的米饭食味评分值降低;抽穗前进行3种不同程度的控水处理使两品种中势粒的米饭食味评分值降低。说明抽穗前进行3种不同程度的控水处理不利于两品种米饭食味评分值的提高。

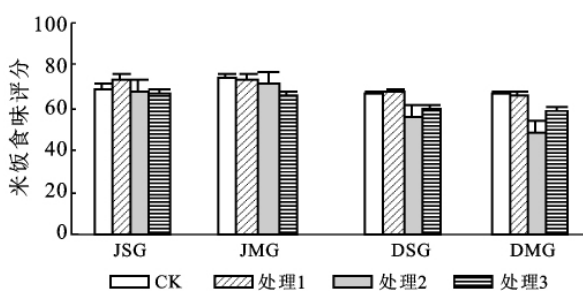


图5 两品种各处理不同粒位米饭食味评分值比较

3 结论

抽穗前进行3种不同程度的控水处理,降低了两品种优、中势粒的白蛋白和球蛋白含量,增加了两品种优、中势粒的谷蛋白和醇溶蛋白含量,增加了垦鉴稻5号优、中势粒的消减值,垦稻12号除了D₁中势粒的消减值降低外,其它处理优、中势粒的消减值均增加。

以往的品质研究大多集中在抽穗以后各种逆境条件的影响方面。前人的研究认为^[16-17]水稻的食味和产量与生育前期状况密切相关,这一时期是充实茎叶和根系的时期,是形成穗和籽实的基础时期。成熟期淀粉的生产力、穗、根系的活力,是受生育中期的营养状态、生育状态决定的^[16]。穗分化期控水对子粒品质影响最大,穗分化期不仅是水稻产量的水分敏感期,也是食味品质的水分敏感期^[18-19]。解文孝等^[18]认为,水分胁迫对稻米粒长、粒宽及长宽比影响规律性不强,使稻谷厚度降低;不同时期水分胁迫都使稻米垩白粒率、垩白大小和垩白度上升,蛋白质和脂肪含量增加,直链淀粉含量降低,食味值总体表现为升高的趋势。孕穗中期和孕穗后期干旱胁迫会使糙米率、整精米率明显下降^[14]。而柯传勇^[20]认为,分蘖期内和拔节孕穗期内水分胁迫提高了稻米的整精米率,降低了垩白率。抽穗前控水,土壤水分胁迫整体趋势表现为使加工品质变劣,但轻度土壤水分胁迫(-20 kPa)和适度土壤水分胁迫(-40 kPa)对加工品质的影响和正常供水无显著性差异^[21]。吕艳东等^[22]研究表明,上育397在长穗期控水都显著抑制了子粒的伸长,也不同程度的抑制了子粒增宽和长厚,绥粳3号主要是长穗期控水显著抑制了粒长、粒宽和粒厚,土壤水分对两品种子粒长/宽的影响很小,这与长/宽主要是由遗传基因控制的有关;分蘖期控水处理上育397的垩白率和垩白度有所升高。本研究结果表明,抽穗前进行-8~-10 kPa的间歇控水处理,有利于提高垦鉴稻5号的整精米率,不利于提高垦稻12号的整精米率,两品种的整精米率对控水的反应不同是由品种特性决定的;两品种的长/宽有减小的趋势;两品种优势粒的垩白率和垩白度增加,两品种中势粒的垩白率和垩白度减小;有利于两品种直链淀粉含量的降低,两品种各粒位的蛋白质含量增加;两品种优势粒的米饭食味评分值提高,中势粒的米饭食味评分值降低。抽穗前进行-18~-20 kPa和-28~-30 kPa的持续控水处理,有利于提高垦鉴稻5号的整精米率,不利于提高垦稻12号的整精米率,两品种的整精米率对控水的反应不同是由品种特性决定的;两品种优势粒的长/宽增加,劣势粒的长/宽减小;两品种的垩白率和垩白度减少;有利于两品种直链淀粉含量的降低,两品种各粒位的蛋白质含量增加;两品种粒的米饭食味评分值降低。

[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] 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.
- [3] 蔡亮. 持续中度水分胁迫对水稻耗水量和产量的影响[J]. 节水灌溉, 2010(10): 29-31.
- [4] 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及其通径分析[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(1): 96-99.
- [5] 董淑喜, 徐淑琴. 水分胁迫对寒区水稻生长特性及产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(6): 64-66.
- [6] 邵玺文, 刘红丹, 杜震宇, 等. 不同时期水分处理对水稻生长及产量的影响[J]. 水土保持学报, 2007, 21(1): 193-196.
- [7] 张瑞珍, 邵玺文, 董淑媛, 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.
- [8] 张卫星, 朱德峰, 林贤青, 等. 干旱胁迫对不同穗型超级稻品种产量及穗部性状的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(1): 255-260.
- [9] 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[J]. 作物学报, 2002, 28(5): 601-608.
- [10] 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.
- [11] 杨建昌, 袁莉民, 唐成, 等. 结实期干湿交替灌溉对稻米品质及籽粒中一些酶活性的影响[J]. 作物学报, 2005, 31(8): 1052-1057.
- [12] 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, 25(1): 46-50.
- [13] 郑家国, 任光俊, 陆贤军. 花后水分亏缺对水稻产量和品质的影响[J]. 中国水稻科学, 2003, 17(3): 239-243.
- [14] 王成瑗, 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.
- [15] 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.
- [16] 徐一戎. 水稻优质米生产技术与研究[M]. 哈尔滨: 黑龙江朝鲜民族出版社, 1998.
- [17] 朱庆森, 邱泽森, 姜长鉴, 等. 水稻各生育期不同土壤水势对产量的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 27(6): 15-22.
- [18] 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.
- [19] 郑桂萍, 郭晓红, 陈书强, 等. 水分胁迫对水稻产量和食味品质抗旱系数的影响[J]. 中国水稻科学, 2005, 19(2): 142-146.
- [20] 柯传勇. 不同水分处理对水稻生长、产量及品质的影响[J]. 湖北 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [21] 陈新红. 土壤水分与氮素对水稻产量和品质的影响及其生理机制[J]. 江苏 扬州: 扬州大学, 2004.
- [22] 吕艳东, 李红宇, 郭晓红, 等. 土壤水分对稻米外观品质的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(7): 238-242.

(上接第 39 页)

- [8] 黄奕龙, 陈利顶, 傅伯杰, 等. 黄土丘陵小流域沟坡水热条件及其生态修复初探[J]. 自然资源学报, 2004, 19(2): 183-189.
- [9] 连纲, 郭旭东, 傅伯杰, 等. 黄土高原小流域土壤养分空间变异特征及预测[J]. 生态学报, 2008, 28(3): 946-954.
- [10] 魏孝荣, 邵明安. 黄土高原沟壑区小流域坡地土壤养分分布特征[J]. 生态学报, 2007, 27(2): 604-612.
- [11] 秦树高, 吴斌, 张宇清. 林草复合系统地下部分种间互作关系与化感作用研究进展[J]. 草业学报, 2011, 20(2): 253-261.
- [12] Georich E G, Ellert B H. Light fraction and macroorganic matter in mineral soils [M]//Carter M R, ed. Soil Sampling and Methods of Analysis. Canadian Society of Soil Science. Boca Raton: Lewis Publishers, Division of CRC Press, 1993: 397-405.
- [13] 隋媛媛, 杜峰, 张兴昌. 黄土丘陵区撂荒群落土壤速效养分空间变异性研究[J]. 草业学报, 2011, 20(2): 76-84.
- [14] 薛蕙, 刘国彬, 戴全厚, 等. 侵蚀环境生态恢复过程中人工刺槐林(*Robinia pseudoacacia*)土壤微生物量演变特征[J]. 生态学报, 2007, 27(3): 909-917.
- [15] 杨绒, 严德翼, 周建斌, 等. 黄土区不同类型土壤可溶性有机氮的含量及特性[J]. 生态学报, 2007, 27(4): 1397-1403.
- [16] 杜峰, 梁宗锁, 徐学选, 等. 陕北黄土丘陵区撂荒草地群落生物量及植被土壤养分效应[J]. 生态学报, 2007, 27(5): 1673-1683.
- [17] Paul S, Veldkamp E, Flessa H. Soil organic carbon in density fractions of tropical soils under forest-pasture-secondary forest land use changes [J]. Eur. J. Soil Sci., 2008, 59(2): 359-371.
- [18] 刘中奇, 朱清科, 邝高明, 等. 半干旱黄土丘陵沟壑区封禁流域植被枯落物分布规律研究[J]. 草业科学, 2010, 27(4): 20-24.