

水旱种植下多个品种蒸煮品质和稻米 RVA 谱的比较性研究

蔡一霞¹ 王 维¹ 张祖建¹ 夏广宏² 张洪熙² 杨建昌¹ 朱庆森^{1, * *}

(¹扬州大学农业部作物栽培与生理重点开放实验室,江苏扬州 225009; ²扬州地区农业科学研究所,江苏扬州 225009)

摘 要 研究了多个品种于水旱种植下稻米 RVA 谱曲线的变化及其蒸煮和营养品质,结果表明:旱种条件下米粉的 RVA 谱发生明显的变化,主要表现在最高粘度、崩解值、最终粘度和回复值 RVA 谱特征值上。根据水、旱种植下稻米淀粉谱的变化特点,将供试品种分为三类,第一类品种是生产上可用于旱作的品种,该类品种旱作下蒸煮和食味品质有变优的趋势,其中扬早 1 号可作为首选品种。第二类 and 第三类品种旱作下使得稻米的食味品质变差,是一类不适合旱作的品种。旱种下 RVA 谱读出的糊化温度明显高于水层栽培下(旱 6-235 除外)。此外,旱种对稻米的蒸煮和营养品质有一定的影响,部分品种旱种下胶稠度和直链淀粉含量变化明显。除 3 个旱稻品种和扬稻 6 号外,旱种下精米中粗蛋白与水种下相比明显增加。

关键词 水、旱种植;直链淀粉含量;RVA 谱;水稻

中图分类号: S511 文献标识码: A

Comparative Studies on Cooking Quality and RVA Profile of Several Rice Varieties under Water- and Dry-cultivation

CAI Yi-Xia¹ WANG Wei¹ ZHANG Zu-Jian¹ XIA Guang-Hong² ZHANG Hong-Xi² YANG Jian-Chang¹

ZHU Qing-Sen^{1, * *}

(¹ Key Lab of Crop Cult. and Physio, MOA, Yangzhou Univ., Yangzhou, Jiangsu 225009; ² Agricultural Scientific Research Institute of Yangzhou Region, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

Abstract Change of rice starch RVA profile, cooking and nutrient quality of rice varieties were studied. The results indicated the change of rice starch RVA profile was occurred obviously under dry-cultivation, such as peak viscosity, breakdown, final viscosity and setback. According to the changes of RVA profile under dry-cultivation, the materials used in this study could be divided into three groups. The first group contained are the dry-rice cultivars, whose cooking and eating quality had been improved under dry-cultivation. The second group and the last group included those varieties that were not available to be planted in dry-cultivation. Pasting temperature under dry-cultivation obtained by RVA was higher than that under water-cultivation except Han 6-235. In addition, cooking and nutrient quality of rice were also related to cultivation type in some extent, the difference of gel consistency and amylose content among some cultivars under water and dry-cultivation was observed obviously, the content of crude protein in dry-cultivation was increased comparing with that in water-cultivation except three dry rice cultivars and Yangdao6.

Key words Water-and Dry-cultivation; Amylose content; RVA profile; Rice

稻米淀粉 RVA 谱是指一定量的米粉浆在加热、升温、冷却过程中用粘度速测仪(Rapid Viscosity Analyzer, 简称 RVA)测定淀粉糊粘滞性系列变化所形成的粘度曲线。RVA 谱在稻米的蒸煮与食品

质评价以及优质水稻品种的选育中具有重要的应用价值,我国有关稻米的 RVA 谱在稻米品质上的研究还刚刚起步,而美国、日本等国已将其作为评价稻米蒸煮食味品质优劣的重要指标之一^[1]。从 RVA 谱

*基金项目:农业部跨越计划资助(1999-3)。

作者简介:蔡一霞(1976-),江苏如皋人,扬州大学农学院作物栽培学与耕作学专业博士生。 *通讯作者:朱庆森。

Received(收稿日期):2002-06-20,Accepted(接受日期):2002-10-15.

中可以得到最高粘度 (Peak viscosity)、热浆粘度 (Hot viscosity)、最终粘度 (Final viscosity)、崩解值 (Break-down)、消减值 (Setback) 以及糊化温度 (Pasting temperature) 等参数。舒庆尧等^[2]研究表明, RVA 谱能较好地区分表观直链淀粉含量 (Apparent Amylose Content, AAC) 相似品种食味品质的优劣, 米饭质地与 RVA 谱特征存在密切关系, 米饭的硬度与消减值呈极显著正相关, 与崩解值呈极显著负相关; 而米饭的粘性与消减值呈显著负相关。金正勋等^[3]研究认为食味品质优良的品种具有最高粘度及崩解值大, 而消减值小等特点。目前国内外关于稻米 RVA 谱的品种间差异、遗传特征以及基因定位等方面已有不少的研究报道^[3~5], 但在对不同生态环境条件下品种的稻米 RVA 谱的变化的研究甚少。本研究选用了多个不同类型的品种, 通过水种和旱种两种种植方式形成了两种不同的土壤水分环境, 旨在探明水分胁迫对稻米淀粉 RVA 谱的影响以及与稻米蒸煮食味品质变化的关系, 揭示不同土壤水分条件下稻米蒸煮食味品质差异的原因, 以期抗旱优质品种的选育提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料和种植概况

试验在江苏省里下河地区农业科学研究所实施, 供试品种和杂交稻组合 (以下统称品种) 为 10 个, 包括三系杂交稻半优香占、汕优 63、协优 63, 早熟中粳扬早 1 号 (旱稻)、迟熟中粳扬稻 6 号, 早粳白珍珠 (旱稻), 早熟中粳早 6-235 (旱稻), 中粳武育粳 3 号和中熟杂粳 9 优 138、30 优 917。分旱种和水种两种种植方式, 形成了两种土壤水分状况, 即: (1) 旱种 (dry cultivation), 用 DC 表示, 于 5 月 3 日播种, 干籽粒条播, 播种量杂交稻 30 kg/hm², 常规稻 60 kg/hm²。播种后浇水促进出苗。总施氮量 202.5 kg/hm², 其中, 基肥占 80%, 追肥占 20%。用土壤水分张力计 (中国科学院南京土壤研究所生产, 每小区 1 支) 监测土壤水分, 每天 7:00~8:00 和 11:00~12:00 时分别读记土水势值 1 次, 以两次的平均值代表该小区的当日土水势。利用天然降雨, 在土水势过低时 (5~10 cm 土层约 -75 kPa) 浇水, 共浇水 7 次。试验小区面积 13.33 m², 重复 2 次。(2) 水层灌溉 (Water Cultivation), 用 WC 表示, 全生育期以浅水层为主, 生育中期轻搁田; 各品种栽培措施与当地大面积生产上相同, 行距 24.67 cm, 株距 13.33 cm, 单

本栽插, 30 苗/m², 小区面积为 3.29 m²。

本试验主要对水、旱种植下稻米品质进行比较性研究, 所以只观察了籽粒灌浆期间旱作耕作层土壤水分的状况 (见图 1)。纵观本试验期间的气候状况及旱作耕作层土壤水分状况可知: 整个灌浆期间无异常高温和低温, 日均气温 25.8℃, 总降雨量为 139.3 mm, 总日照时数为 390.0 h。本试验条件下, 水旱种植的各品种在籽粒灌浆期间天气晴朗, 热量充足, 日照时数多, 从而导致旱作下耕作层土壤水势也较低。

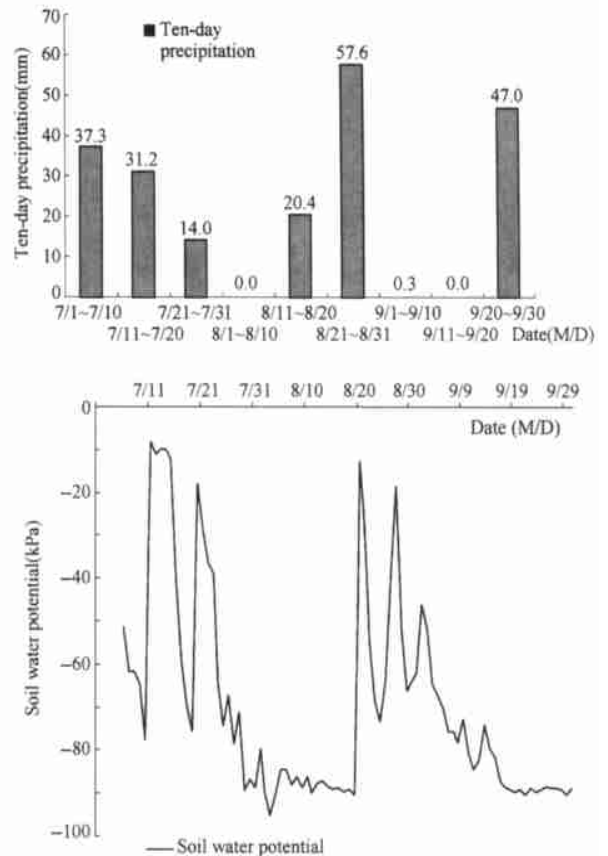


图 1 抽穗后旱作耕作层日平均土水势变化及旬降雨量

Fig. 1 Daily average soil water potential of soil tillth under dry-cultivation and ten-day precipitation from heading to harvest

图 1 是旱作耕作层全生育期日均土水势和降雨量变化图。由图中土水势变化曲线可以看出, 供试品种出穗时土水势较低, 土壤处于一个严重的水分胁迫状态下, 且这种较低的土水势一直延续到成熟期。从图中还可看出, 旱作下各供试品种的孕穗期前期土水势也较低 (一般低于 -75 kPa), 后期土水势的变化幅度较大。

1.2 稻米理化品质的测定

1.2.1 理化特性测定

成熟期各处理收取 50 穗(剔除虫伤株),手工脱粒,晒干,放于自制的铁皮箱内贮藏 2 个月后进行主要稻米品质性状的测定。测定前各处理统一用 NP-4350 型风选机等风量风选,测定方法参照中华人民共和国国家标准《GB/T17891-1999 优质稻谷》^[6],其中碱消值的测定按 1988 年农业部颁标准《NY147-88 米质测定方法》^[7],蛋白质含量用凯氏定氮法测定精米中的含氮量,换算系数为 5.95。

1.2.2 淀粉粘滞性测定

采用澳大利亚 Newport Scientific 仪器公司生产的 Super3 型 RVA (Rapid Viscosity Analyzer) 快速测定淀粉谱粘滞特性,用 TWC (thermal cycle for windows) 配套软件进行分析;按照 AACC^[8] (美国谷物化学协会) 规程 (1995-61-02) 标准方法,当米粉含水量为 12.00 % 时,样品量为 3.0000 g,蒸馏水为 25.0000 g。

在搅拌过程中,罐内温度变化如下:50 下保持 1 min,以 11.84 / min 的速度上升到 95 (3.8 min) 并保持 2.5 min,再以 11.84 / min 的速度下降到 50 并保持 1.4 min。搅拌器的转动速度在起始 10 s 内为 960 r/min,之后保持在 160 r/min。

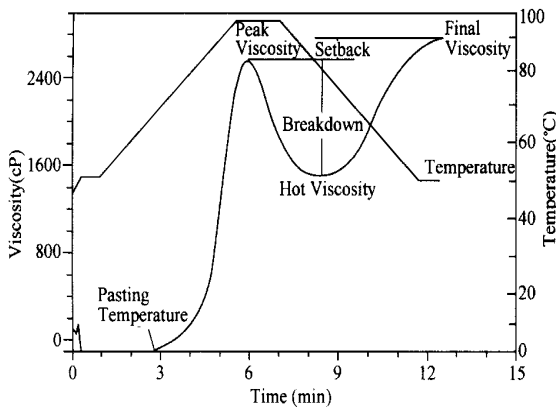


图2 水稻米粉的 RVA 谱模式图

Fig. 2 The general RVA profile of rice flour

稻米 RVA 谱模式图见图 2。用最高粘度 (Peak viscosity)、热浆粘度 (Hot viscosity)、最终粘度 (Final viscosity)、崩解值 (Breakdown, 最高粘度—热浆粘度)、消减值 (Setback, 最终粘度—最高粘度) 及糊化温度 (Pasting temperature) 等特征值来表示。粘滞性单位为 cP (centipoise)。

2 结果与分析

2.1 水、旱种植下各品种的始穗和成熟期

供试品种于水、旱作下的始穗和成熟日期列于表 1。与水作条件下生长的始穗期相比,旱稻扬早 1 号和白珍珠于旱作下生长的始穗期早,而旱稻旱 6-235 的旱作始穗期 (7/27) 略迟于水作 (7/26),其余多数品种旱作始穗期均明显迟于水层灌溉,造成这种现象的原因是旱作下,多数水稻品种穗分化进程迟缓或穗抽出不畅所致。由表 1 还可看出,供试品种的成熟期却均早于水层灌溉下,从而导致供试品种旱作时籽粒灌浆历期比水层灌溉下的短,这也是旱作下粒重降低的原因之一。

表 1 供试品种于水、旱种植下的始穗和成熟日期

Table 1 The dates of heading and ripening of all cultivars under water- and dry-cultivation

品种 Cultivar	始穗期 Heading date		成熟期 Ripening date	
	WC	DC	WC	DC
扬早 1 号 Yangzhan 1	8/12	7/29	9/18	8/31
白珍珠 Baizhenzhu	7/24	7/20	8/30	8/25
旱 6-235 Han 6-235	7/26	7/27	9/12	9/3
半优香占 Banyouxiangzhan	8/12	9/5	9/24	9/22
汕优 63 Shanyou 63	8/10	9/4	9/21	9/20
协优 63 Xieyou 63	8/8	9/4	9/20	9/20
扬稻 6 号 Yangdao 6	8/18	9/6	9/30	9/28
武育粳 3 号 Wuyujing 3	8/20	9/9	10/3	9/28
9 优 138 9 you 138	8/16	9/4	9/29	9/28
30 优 917 30 you 917	8/23	9/7	10/8	10/3

注: WC 表示水种, DC 表示旱种, 下同。

Note: WC means water cultivation, DC means dry cultivation, same as following.

2.2 同一品种内水旱种植下蒸煮品质的比较

由表 2 可以看出,与浅水层相比,旱种对稻米的蒸煮品质的影响因品种而异。胶稠度旱种下半优香占和 9 优 138 胶长显著变短,扬早 1 号和白珍珠胶长显著增加,胶稠度变软,其他 6 个品种的胶长无显著性变化。直链淀粉含量扬早 1 号、汕优 63、协优 63 和 9 优 138 三品种于旱种时显著降低,其他品种直链淀粉含量没有显著变化。以碱消值表示的糊化温度,在旱种下变化较小,除协优 63 和 9 优 138 两品种旱种时碱消值显著增加,其余品种均无显著性变化。

表 2 水旱种植下同一品种内稻米蒸煮品质比较

品种 Cultivar	胶长 Gel consistency (mm)		直链淀粉含量 Amylose content (%)		碱消值 Alkali spreading value	
	浅水层 WC	旱作 DC	浅水层 WC	旱作 DC	浅水层 WC	旱作 DC
	扬早 1 号 Yangshan 1	74.0a	93.0b	13.72a	11.61b	7.0a
白珍珠 Baizhenzhu	67.5a	85.0b	12.66a	12.34a	6.0a	6.0a
旱 6-235 Han 6-235	65.0a	58.5a	12.74a	12.32a	7.0a	7.0a
半优香占 Banyouxiangzhan	80.0a	63.5b	13.61a	13.47a	6.4a	7.0a
汕优 63 Shanyou 63	49.5a	40.5a	20.51a	18.94b	5.4a	5.9a
协优 63 Xieyou 63	56.5a	47.0a	19.27a	16.68b	4.8a	6.0b
扬稻 6 号 Yangdao 6	66.5a	58.0a	13.80a	13.50a	7.0a	6.9a
武育粳 3 号 Wuyujing 3	75.0a	72.0a	14.09a	14.27a	7.0a	7.0a
9 优 138 9 you 138	84.0a	66.5b	13.07a	14.16b	6.2a	7.0b
30 优 917 30 you 917	60.5a	64.5a	13.83a	12.77a	7.0a	7.0a

注:同一品种内水种和旱种之间在 0.05 水平上的比较。

Note: Difference comparison at 0.05 level in WC and DC of the cultivars.

2.3 同一品种水、旱种植下稻米营养品质的比较

稻米营养品质在这里主要指精米中粗蛋白含量。与水种相比,旱作方式对精米中粗蛋白含量的影响因品种而异(见图 3)。由图中可以看出,3 个旱稻品种(扬早 1 号、白珍珠、旱 6-235)和扬稻 6 号精米中的粗蛋白含量于水、旱种植下没有明显的差异;其他品种旱作下精米中的粗蛋白含量明显高于水作下的,增加幅度在 1.01 ~ 5.12 个百分点。

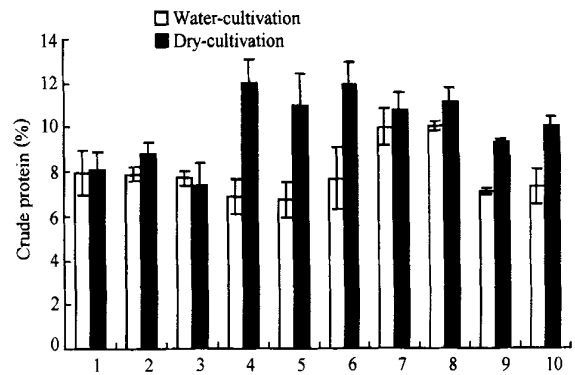


图 3 水旱种植下供试品种精米中粗蛋白含量

Fig. 3 Crude protein contents of all cultivar between water and dry-cultivation

1:扬早 1 号 (Yangshan 1); 2:白珍珠 (Baizhenzhu); 3:旱 6-235 (Han 6-235); 4:半优香占 (Banyouxiangzhan); 5:汕优 63 (Shanyou 63); 6:协优 63 (Xieyou 63); 7:扬稻 6 号 (Yangdao 6); 8:武育粳 3 (Wuyujing 3); 9:9 优 138 (9 you 138); 10:30 优 917 (30 you 917)

2.4 水、旱种植条件下稻米淀粉 RVA 谱的比较

供试品种于水、旱种植下稻米淀粉谱特征值列于表 3。由表 3 可知,不同基因型品种稻米 RVA 谱特征值也存在明显差异,每一个基因型品种(水作或旱作下)都有自己特定的淀粉谱特征值,即有特定的淀粉粘滞性曲线。根据旱种下米粉 RVA 粘滞谱的变化特点(与水种下相比),将供试品种分为三类,此类品种水旱种植下 3 种典型的稻米淀粉粘滞曲线如图 4 所示。

表 3 稻米淀粉谱特征值

品种 Cultivar	最高粘度 Peak viscosity			热浆粘度 Hot viscosity			最终粘度 Final viscosity			崩解值 Breakdown			消减值 Setback		
	WC	DC	DC-WC	WC	DC	DC-WC	WC	DC	DC-WC	WC	DC	DC-WC	WC	DC	DC-WC
扬早 1 号 Yangshan 1	2707	3083	376	1220	1302	82	2210	2092	- 118	1487	1781	294	- 497	- 991	- 494
白珍珠 Baizhenzhu	3021	3352	331	1559	1693	134	2461	2595	134	1462	1659	197	- 560	- 757	- 197
旱 6-235 Han 6-235	2790	2772	- 18	1343	1211	- 132	2234	2122	- 112	1447	1561	114	- 556	- 650	- 94
半优香占 Banyouxiangzhan	2966	2153	- 813	1493	1155	- 338	2453	2163	- 290	1473	998	- 475	- 513	10	523
汕优 63 Shanyou 63	2618	1595	- 1023	1787	1196	- 591	3194	2506	- 688	831	399	- 432	576	911	335
协优 63 Xieyou 63	2920	1725	- 1195	1653	1230	- 423	3127	2583	- 544	1267	495	- 772	207	858	651
扬稻 6 号 Yangdao 6	2539	1979	- 560	1288	1165	- 123	2342	2290	- 52	1251	814	- 437	- 197	311	508
武育粳 3 号 Wuyujing 3	2566	1800	- 766	1314	1282	- 32	2392	2370	- 22	1252	518	- 734	- 174	570	744
9 优 138 9 you 138	2844	1914	- 930	1263	974	- 289	2199	1929	- 270	1581	940	- 641	- 645	15	660
30 优 917 30 you 917	2261	1834	- 427	1014	1015	1	1978	1994	16	1247	819	- 428	- 283	160	443

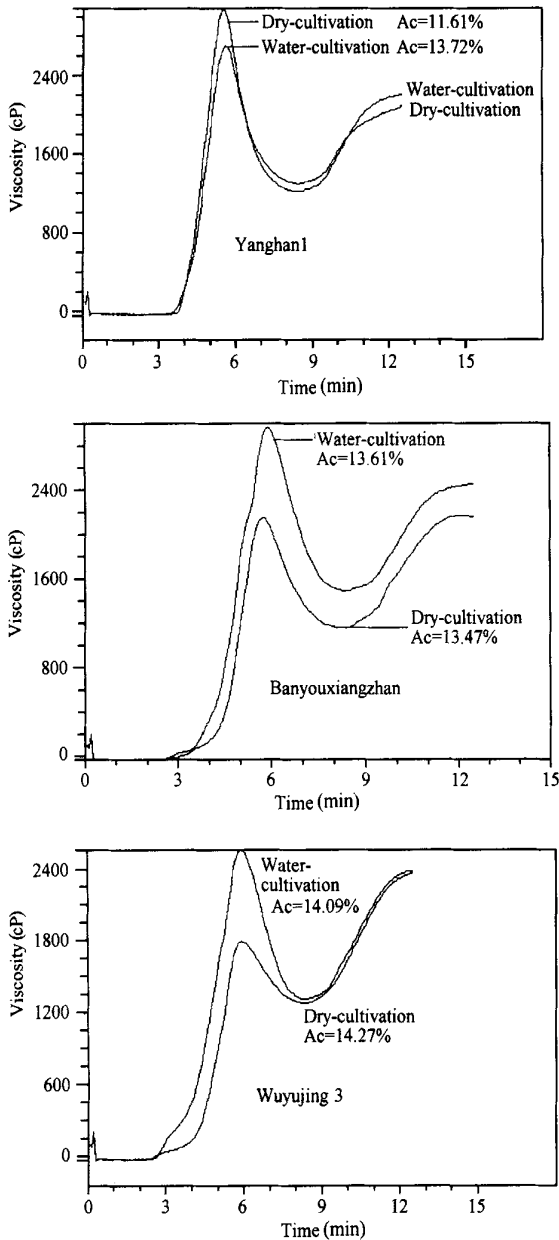


图4 水旱种植下三类典型品种稻米淀粉 RVA 谱的比较
Fig. 4 The comparison of RVA profile of three typical varieties in water and dry cultivation

第一类,旱稻品种,包括扬早 1 号、白珍珠和旱 6-235。该类品种旱种下米粉粘滞谱与水种下的差异较小(见图 4,扬早 1 号)。该类品种旱种下最高粘度明显升高(扬早 1 号和白珍珠)或略降低(旱 6-235),这与表 2 中扬早 1 号旱种下直链淀粉含量显著降低,白珍珠和旱 6-235 旱种下直链淀粉含量有降低的趋势是一致的。3 个旱稻品种淀粉谱崩解值旱种下明显高于水种下的,这说明旱种下该类品种的食味有变优的趋势。消减值与水种下的相比,旱种下均呈现负增加。消减值与米饭的硬度呈极显著

正相关,而与米饭的粘性呈显著负相关^[2],这就说明该类品种旱种下米饭有变软和变粘的趋势。

第二类,半优香占、汕优 63、协优 63 和 9 优 138,此类品种旱种下稻米淀粉胶稠化过程中粘度值的变化,与水种相比差异相当明显,在米粉糊化的整个过程中旱种下米粉胶稠粘度明显低于水种,从与食味品质有关的主要之指标最高粘度、崩解值、最终粘度和消减值来看,前三者明显降低(见图 4,半优香占),旱种下消减值增大,其中半优香占和 9 优 138 这两个品种旱种下消减值比水种下消减值绝对值要小得多。

第三类,扬稻 6 号、武育粳 3 号和 30 优 917,该类品种旱种下稻米淀粉谱特征与水种相比差异主要表现在最高粘度和崩解值上(见图 4,武育粳 3 号),旱种下的最高粘度和崩解值明显低于水种下的,但是最终粘度差别较小。消减值的变化与第二类品种相似,旱种的要高于水种。

由以上分析可知,3 个旱稻品种的蒸煮食味品质,在旱作下有变优的趋势,其中旱稻品种扬早 1 号在旱作条件下的蒸煮食味品质要明显优于水作下。第二类和第三类品种旱作下蒸煮食味品质比水作下差。

2.5 旱种对稻米淀粉糊化温度的影响

糊化温度为淀粉的物理性质,是指淀粉粒在热水中开始吸水并不可逆地膨胀时的温度,反映在 RVA 谱上指的是粘度曲线开始偏离零基准线时的温度。从图 5 可以看出,与水种相比,除旱 6-235 外,旱种下其他品种的糊化温度明显地提高。

3 讨论

3.1 旱种对蒸煮和营养品质的影响

本研究表明:旱种对稻米的蒸煮和营养品质有一定的影响,旱种时部分品种直链淀粉含量显著降低,蛋白质含量明显增加。同一品种旱种条件下其稻米淀粉谱特征值也发生明显的变化,尤其表现在最高粘度、崩解值、最终粘度和回复值上。根据水、旱种植下稻米淀粉谱的变化特点,可将供试品种分为三类,第一类品种是生产上可用于旱作的品种,该类品种旱作下蒸煮和食味品质有变优的趋势,其中扬早 1 号可作为首选品种。第二类和第三类品种旱作下使得稻米的食味品质变差,是一类不适合旱作的品种。

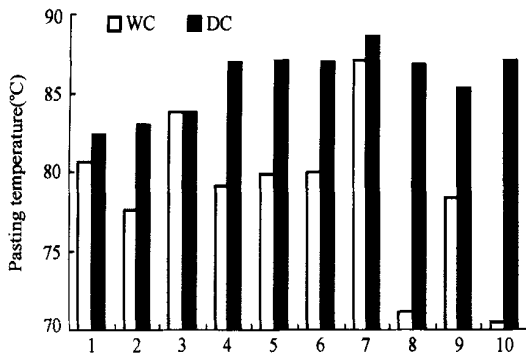


图 5 供试品种水旱种植下糊化温度

Fig. 5 Pasting temperature of the varieties tested in water and dry cultivation

1: 扬早 1 号 (Yangzhan 1); 2: 白珍珠 (Baizhenzhu); 3: 旱 6-235 (Han6-235); 4: 半优香占 (Banyouxiangzhan); 5: 汕优 63 (Shanyou 63); 6: 协优 63 (Xieyou 63); 7: 扬稻 6 号 (Yangdao 6); 8: 武育粳 3 (Wuyujing 3); 9: 优 138 (9 you 138); 10: 30 优 917 (30 you 917)

3.2 水、旱种植下稻米 RVA 谱与直链淀粉含量的关系

目前用以评定稻米蒸煮食味品质的指标之一是精米中的直链淀粉含量,这种用碘比色法测定而来的直链淀粉含量实际上包括了两个部分:真正的直链淀粉含量和部分支链淀粉分支链的长链 B,因此,通常称表观直链淀粉含量(AAC)^[9]。本试验研究结果表明水旱种植下 AAC 无显著差异变化的品种其淀粉谱却发生明显的变化。Jane J. 等^[10,11]研究指出,真正直链淀粉含量的增加,将伴随着淀粉糊化温度的增加和最高粘度的降低;支链淀粉分支链长和分配决定淀粉的胶稠化温度、热焓变化和糊化特征,且淀粉胶稠化温度随着分支链长的增加而增加。因此水旱种植下淀粉谱之间的差异是由于真正直链淀粉含量的变化引起还是因支链淀粉中分支链的结构及分配的不同而造成的,还有待于对两种种植方式下的米粉中淀粉结构进行分析,对于 AAC 与 RVA 谱特征值之间的关系不可一概而论。但是凭 RVA 谱区别相似表观直链淀粉含量的稻米蒸煮食味品质不失为一种较全面和准确的方法。如本试验的供试品种扬稻 6 号和 30 优 917 而言,其水、旱种条件下的直链淀粉含量相当,分别为 13.80% 和 13.83%,胶长和碱消值差异也较小,但其 RVA 谱的特征值却存在明显的差异,因此可用 RVA 谱来区分两者的蒸煮食味品质。

此外,本研究以碱消值表示的糊化温度有 4 个品种(半优香占,汕优 63,协优 63,9 优 138)在旱作

情况下其碱消值有所增加,即糊化温度下降,其他品种水旱种植下无显著差异,但在 RVA 谱上反映的糊化温度旱种条件下明显高于水种下的(旱 6-235 除外),造成这种现象可能是碱消法测定的判断等级少,较难区分微小差异所致。因此从淀粉粘度谱上读出的糊化温度值更为准确。对于这种由于栽培条件引起微小变化的蒸煮品质指标如碱消值,用常规方法不能区分其差异,但可用 RVA 谱来区分,而在综合评价米质时具有较好的效果。

References

- [1] Bason ML, et al. Assessing rice quality using the RVA-Results of an international collaborative trial. *RVA World*. 1994, (6) : 2—5
- [2] Shu Q-Y(舒庆尧), Wu D-X(吴殿星), Xia Y-W(夏英武), et al. Relationship between RVA profile character and eating quality in *Oryza sativa* L. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 1998, 31 (3) : 25—29
- [3] Jin Z-X(金正勋), Qiu T-Q(秋太权), Sun Y-L(孙艳丽), et al. Study on the varietal variation of the cooking and eating quality properties of rice grain in Heilongjiang. *Heilongjiang Agricultural Science* (黑龙江农业科学), 2000, (1) : 1—4
- [4] Shu Q-Y(舒庆尧), Bao J-S(包劲松), Wu D-X(吴殿星), et al. The Application of Rapid Viscosity Analyzer on the Improvement of Rice Quality(RVA 谱在水稻品质改良方面的应用). Hangzhou: Zhejiang University Press, 1999. 125—131
- [5] Bao J-S(包劲松), He P(何平), Xia Y-W(夏英武), et al. The RVA profile character of rice starch mainly controlled by *Wx* gene. *Chinese Science Bulletin* (科学通报), 1999, 44(18) : 1973—1976
- [6] Supervising Department of Quality and Technology of China (国家质量技术监督局). 1999, The national standard of the People's Republic of China (中华人民共和国国家标准), High Quality Paddy (优质稻谷), GB/T17891—1999, carried out on 2000-04-01
- [7] Ministry of Agriculture, People's Republic of China (中华人民共和国农业部). The Standard for the Method of the Rice Quality Determination (米质测定方法), NY147-88, 1988
- [8] American Association of Cereal Chemist (AACC). Approved Methods of the AACC, 9th ed. Methods 61-02 for RVA. The Association: St. Paul, MN. 1999
- [9] Shu Q-Y(舒庆尧), Xu GH(徐光华), Xia Y-W(夏英武), et al. A review of rice apparent amylose content. *Acta Agriculturae Zhejiangensis* (浙江农业学报), 1998, 10(1) : 47—54
- [10] Jay-Lin Jane, Jen-Fang Chen. Effect of amylose molecular size and amylopectin branch chain length on paste properties of starch. *Cereal Chem*. 1992, 69(1) : 60—65
- [11] Jane J, Chen Y Y, Lee L F, et al. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. *Cereal Chem*, 1999, 76(5) : 629—637