

# 不同地力水平下施氮量对水稻淀粉 RVA 谱特征的影响

刘艳阳<sup>1,2</sup> 张洪程<sup>1,\*</sup> 戴其根<sup>1</sup> 霍中洋<sup>1</sup> 许 轲<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>扬州大学 江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏 扬州 225009; <sup>2</sup>扬州大学 农学院 农学系, 江苏 扬州 225009; \* 通讯联系人)

## Effects of Nitrogen Application on RVA Profile Characters under Different Soil Fertility Levels

LIU Yan yang<sup>1,2</sup>, ZHANG Hong cheng<sup>1,\*</sup>, DAI Qi gen<sup>1</sup>, HUO Zhong yang<sup>1</sup>, XU Ke<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Key Laboratory for Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; <sup>2</sup>Agronomy Department, Agricultural College, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; \* Corresponding author)

Abstract: By using rice varieties Wuxiangjing 14 and Wujing 15 as materials, the effects of nitrogen application on RVA profile characters under different soil fertility levels were studied. The curves of RVA profile decreased with the increased nitrogen rate. Soil fertility level and nitrogen rate had remarkable effects on the RVA profile characteristic value except one or two characteristic values. The interactive effect of soil fertility level and nitrogen was remarkable on hot viscosity, breakdown, cool viscosity, and consistence. With the increase of nitrogen rate, peak viscosity, hot viscosity, breakdown, cool viscosity, consistence and peak time decreased remarkably. The nitrogen rate of 225 kg/hm<sup>2</sup> was the critical on the cooking and eating quality of rice.

Key words: rice; nitrogen rate; soil fertility level; starch viscosity profile

摘 要: 以武香粳 14 和武粳 15 为材料, 研究了不同地力水平下施氮量对稻米淀粉 RVA 谱特性的影响。结果表明: 1) 两供试品种在高、中、低 3 种地力水平下, RVA 谱曲线随施氮量的增加而降低。2) 除个别指标外, 地力水平、施氮量对 RVA 谱特征值的影响, 均达到显著或极显著的差异。3) 在 RVA 特征值中, 热浆黏度、崩解值、最终黏度和回复值存在显著的地力与施氮量互作效应。4) 峰值黏度、热浆黏度、崩解值、最终黏度、回复值、峰值黏度时间随施氮量的增加呈显著或极显著下降, 每 1 hm<sup>2</sup> 追施氮量 225 kg 是稻米蒸煮食味品质变劣的临界施氮量。

关键词: 水稻; 施氮量; 地力水平; 淀粉黏滞性谱

中图分类号: S147.22; S511.01; S511.06

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2006)05-0529-06

淀粉 RVA 谱是指一定量的淀粉和水在加热 - 高温 - 冷却过程中, 发生的黏滞性变化所形成的淀粉浆的糊化黏度谱, 反映了淀粉化学、热变性作用。由于稻米主要成分是淀粉, 而黏度速测仪 (RVA) 模拟了稻米蒸煮过程, 因此, RVA 谱正成为国内外评价稻米蒸煮食味品质优劣的一项重要指标<sup>[1-3]</sup>。近年来, 在稻米淀粉 RVA 谱特征与食用品质关系、稻米 RVA 谱特性的品种差异与稻米品质评定等方面开展了一系列研究<sup>[4-6]</sup>, 如舒庆尧等<sup>[7]</sup>研究了 23 个品种稻米 RVA 谱与表观直链淀粉 (AAC) 和米饭质地的关系。研究结果表明米饭质地与 RVA 谱特征存在密切关系, 米饭硬度与消减值呈极显著正相关, 与崩解值呈极显著负相关, 米饭黏性与消减值和回复值呈负相关, 还发现 RVA 谱能区分 AAC 相似的优质和劣质品种。稻米淀粉 RVA 谱既受品种遗传的控制, 又受环境因素的影响<sup>[8-15]</sup>。虽然温度、氮肥、密度、播期等对稻米淀粉 RVA 谱的影响已有一些报道<sup>[16-19]</sup>, 但稻米品质形成十分复杂, 土壤生态因子的影响十分显著<sup>[25-29]</sup>。因此, 在不同地力水平下, 研究并阐明品种和施氮量对稻米淀粉 RVA 谱特征的效应, 无疑对水稻生产中因种、因地优质施肥

具有重要的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验于 2003 年和 2004 年在江苏省苏中稻区姜堰市梅垛镇进行, 土壤为砂土。试验设品种、地力和施氮量三因素处理组合, 其中品种为该稻区主推的、产量潜力与品质上有明显差异的武香粳 14 和武粳 15 两个品种, 地力为通过前茬小麦测产和土壤养分所选取的高、中、低肥力田各 1 块共 3 个水平 (2003 年、2004 年 3 块田的肥力指标见表 1); 施氮量为 0、112.5、150.0、187.5、225.0、262.5、300.0、337.5 kg/hm<sup>2</sup> 等 8 个水平。共 48 个处理, 重复 3 次, 小区面积为 12 m<sup>2</sup>, 随机排列。5 月 15 日播种, 6 月 18 日移栽, 行距 30 cm, 株距 13.3 cm, 每 1 hm<sup>2</sup> 插 25.05 万穴。各施肥处理均按照基肥与穗肥质量

收稿日期: 2005-10-08; 修改稿收到日期: 2006-03-07。

基金项目: 国家粮食丰产工程江苏水稻项目 (2004BA520A03); 江苏省科技攻关项目 (BE2005369)。

第一作者简介: 刘艳阳 (1979 - ), 男, 博士研究生, E-mail: liuyanyang1979@sohu.com。

表 1 试验前茬小麦产量及土壤养分含量

Table 1 . Yield of wheat and contents of soil nutrient before the tests in 2003 and 2004 .

地力水平 Soil fertility level	前茬小麦产量 Wheat yield /(kg · hm <sup>-2</sup> )		全 N Total N content /(g · kg <sup>-1</sup> )		有机质 Organic matter /%		碱解氮 Available N /(mg · kg <sup>-1</sup> )		速效磷 Available P /(mg · kg <sup>-1</sup> )		速效钾 Available K /(mg · kg <sup>-1</sup> )	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
	高 High	7085.35	6733.50	1.03	1.24	1.98	2.08	87.59	114.45	17.95	13.24	58.31
中 Middle	5891.25	5017.50	0.89	1.17	1.84	1.91	79.43	110.03	18.81	13.42	50.62	48.67
低 Low	4950.21	4462.50	0.74	0.99	1.76	1.80	71.47	93.57	15.71	7.31	37.03	50.37

表 2 淀粉 RVA 谱特征值方差分析(F值)

Table 2 . Analysis of variance of RVA profile characteristic values(F value) .

变异来源 Source	峰值黏度 Peak viscosity	热浆黏度 Hot viscosity	崩解值 Breakdown	最终黏度 Cool viscosity	回复值 Consistence	消减值 Setback	峰值黏度 时间 Peak time	起始糊化温度 Pasting temperature
品种 Cultivar(C)	0.07	515.82**	553.70**	1051.80**	774.69**	1701.25**	562.89**	39.58**
地力水平 Soil fertility level(S)	0.99	9.35**	3.15*	11.16**	2.49	7.75**	8.87**	3.60*
施氮量 Nitrogen rate(N)	19.62**	39.51**	4.16**	40.42**	4.95**	2.89*	19.26**	0.96
品种 × 地力 C × S	3.34*	2.23	3.50*	1.15	2.00	5.09**	0.20	3.73*
品种 × 施氮量 C × N	0.67	1.93	1.09	1.08	0.50	1.26	3.05*	1.50
地力 × 施氮量 S × N	1.73	1.96*	2.42*	2.69*	1.90*	1.62	1.36	1.06

注:品种 × 地力 × 施氮量达不到显著水平,归入误差项。\*,\*\* 分别表示差异达 0.05 和 0.01 显著水平。

Note: Cultivar × Soil fertility level × N rate is not significant and is referred to as error. \*,\*\* Significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

比为 5:5,基肥与蘖肥质量比为 8:2,穗肥分倒 4 叶、倒 3 叶两次施用,其质量比为 7:3。各处理施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120 kg/hm<sup>2</sup>,K<sub>2</sub>O 187.5 kg/hm<sup>2</sup>,磷钾肥一次性基施,其他管理措施统一按高产栽培进行。

## 1.2 测定方法

用澳大利亚 Newport Scientific 仪器公司生产的 RVA(Rapid Viscosity analyzer)快速测定淀粉黏滞特性,并用 TCW(Thermal Cycle for Windows)配套软件分析,测定程序按 AACC 规程(1995-61-02)。

## 2 结果与分析

试验结果表明,2003 年和 2004 年 RVA 特征谱在品种、地力与施氮量间的变化趋势相似,考虑到 2003 年和 2004 年两年所选的高、中、低肥力田块缺乏对等性,为了便于分析,本文仅对 2004 年数据展开分析。

### 2.1 不同地力水平下施氮量对淀粉 RVA 特征谱的影响

淀粉 RVA 谱直观分析表明(图 1,为便于直观比较,图中仅标出高、中、低 3 种地力下施氮量为 0、150、225、300 kg/hm<sup>2</sup> 的 RVA 谱),RVA 谱的走势

大体相似,但品种间、地力间和施氮量间在谱的形态上存在着明显的差异。武香粳 14 起始糊化温度低且糊化起始后有一缓慢提升的过程,而武粳 15 起始糊化温度高,也没有缓慢提升的过程。此外,武香粳 14 峰值黏度(RVA 特征谱第一个峰)低于最终黏度,而武粳 15 正好相反。两供试品种在高、中、低 3 种地力下均表现为随施氮量增加,RVA 谱曲线降低,稻米黏性减弱,这与前人研究结果类似[22-23]。同时,在高地力下,不施氮处理的 RVA 谱曲线呈现出明显高于施氮处理的曲线的趋势。

### 2.2 不同地力水平下施氮量对淀粉 RVA 特征值的影响

地力水平、施氮量、品种对淀粉 RVA 谱特征值影响的方差分析表明(表 2),对于主效,在淀粉 RVA 谱 8 个特征值(峰值黏度、热浆黏度、崩解值、最终黏度、回复值、消减值、峰值黏度时间、起始糊化温度)中,除峰值黏度外其他特征值的品种间差异均达到极显著水平;地力水平间除峰值黏度、回复值外,其他特征值的差异均达到显著或极显著水平;施氮量间除起始糊化温度外,其他特征值的差异均达到极显著或显著水平。对于互作效应,在峰值黏度、崩解值、消减值、起始糊化温度指标上存在显著或极

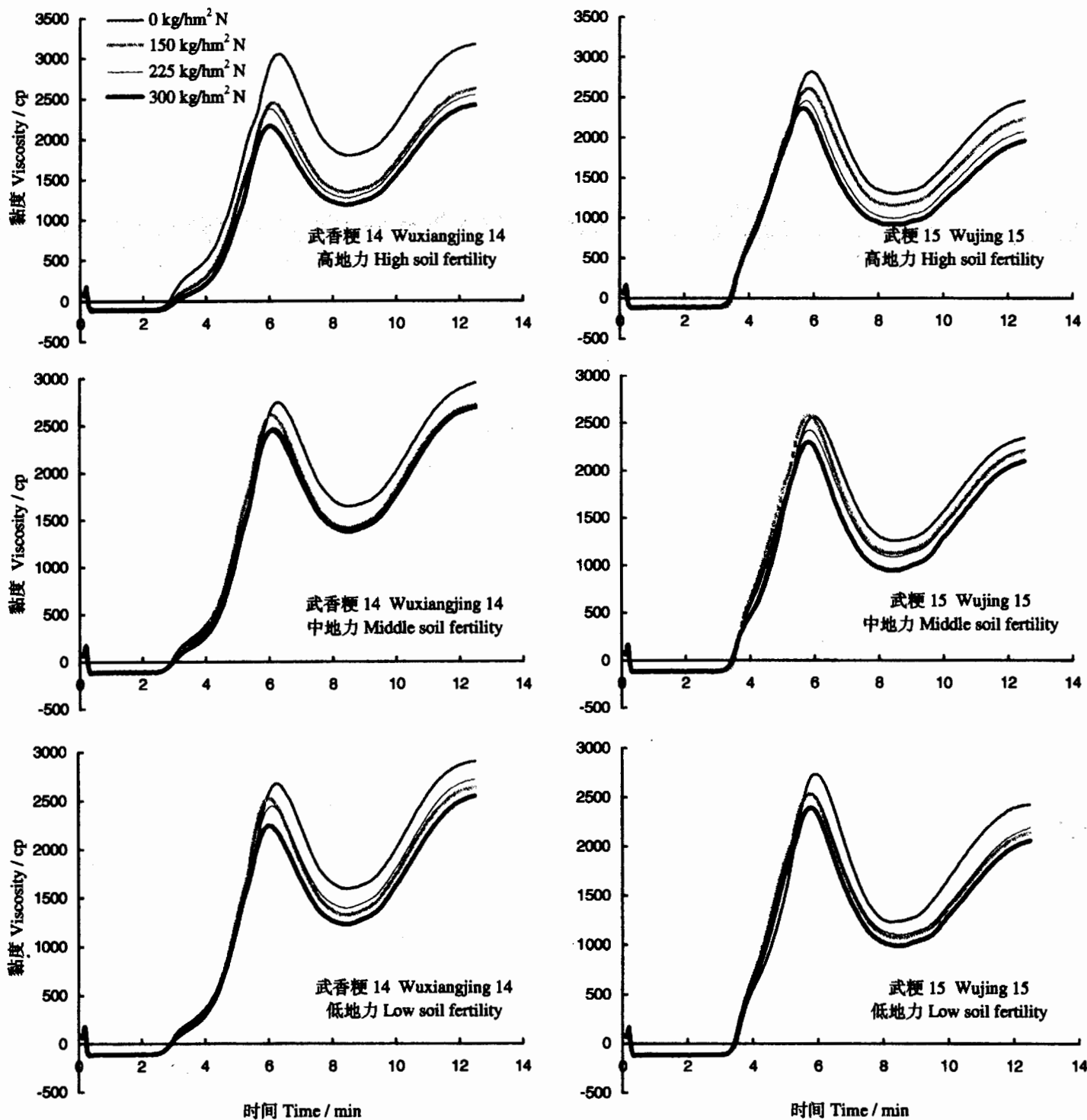


图1 高、中、低3种地力水平不同施氮量下武香粳14和武粳15的淀粉RVA图谱  
 Fig. 1. RVA profiles of Wuxiangjing 14 and Wujing 15 at different N rates under different soil fertility levels.

显著的品种与地力互作效应,在峰值黏度时间指标上存在显著的品种与施氮量互作效应,在热浆黏度、崩解值、最终黏度、回复值指标上也存在显著的地力与施氮量互作效应。

### 2.3 淀粉RVA特征值对品种、地力水平和施氮量的响应

#### 2.3.1 淀粉RVA特征值对品种的响应

多重比较表明(表3),武香粳14的热浆黏度、最终黏度、回复值、消减值及峰值黏度时间均显著大于武粳15,其中武粳15的消减值为负值,而武香粳14的崩解值小于武粳15。由于RVA特征值中崩解值、消减值和回复值与稻米质地和口感关系密

切<sup>[7,20,23-24]</sup>,一般认为峰值黏度大、崩解值大、回复值小、消减值小的稻米蒸煮食味较好。从本试验结果看,武粳15的RVA谱特性优于武香粳14,但在生产上普遍认为武粳15口感逊于武香粳14,这可能与武粳15这一品种消减值为负值,其米饭过黏,还不符合人们的习惯有关。

#### 2.3.2 淀粉RVA特征值对地力水平的响应

淀粉RVA特征值对地力水平的响应及其多重比较表明(表4),高地力时的崩解值最大,为1283.75 cp,消减值最小,为-102.30 cp;中地力时崩解值最小,为1243.31 cp,消减值最大,为-41.50 cp,均与高地力的崩解值、消减值差异显著;而低地

表 3 RVA 各特征值在品种上的比较

Table 3 . Comparison of RVA profile characteristic values for rice cultivar .

品种 Cultivar	峰值黏度 Peak viscosity/cp	热浆黏度 Hot viscosity/cp	崩解值 Breakdown /cp	最终黏度 Cool viscosity/cp	回复值 Consistence /cp	消减值 Setback /cp	峰值黏度时间 Peak time /min	起始糊化温度 Pasting temperature/
武香粳 14 Wuxiangjing 14	2471 .17 a	1370 .54 a	1100 63 b	2665 .92 a	1295 42 a	194 .79 a	6 .11a	73 .12 b
武粳 15 Wujing 15	2477 .50 a	1057 .08 b	1420 .42 a	2144 .83 b	1087 .75 b	- 332 .67 b	5 .81 b	77 .76 a

在同一列中 数据后带相同字母者表示差异未达 0 .05 显著水平。表 4、表 5 同。

Within a column , data followed by the same letters indicate no significant difference at 0 .05 level . The same as in Table 4 and Table 5 .

表 4 RVA 各特征值在地力水平上的多重比较

Table 4 . Comparison of RVA profile characteristic value at different soil fertility levels .

地力 Soil fertility level/cp	峰值黏度 Peak viscosity/cp	热浆黏度 Hot viscosity/cp	崩解值 Breakdown /cp	最终黏度 Cool viscosity/cp	回复值 Consistence /cp	消减值 Setback /cp	峰值黏度时间 Peak time /min	起始糊化温度 Pasting temperature/
高 High	2467 .88 a	1184 .13 b	1283 .75 a	2365 .50 b	1181 .44 a	- 102 .30 b	5 .93 b	76 .84 a
中 Middle	2497 .94 a	1254 .63 a	1243 .31 b	2456 .44 a	1201 .81 a	- 41 .50 a	5 .99 a	74 .76 b
低 Low	2457 .19 a	1202 .69 b	1254 .50 ab	2394 .19 b	1191 .50 a	- 63 .00 a	5 .96 b	74 .72 b

表 5 RVA 各特征值在施氮量上的多重比较

Table 5 . Comparison of RVA profile characteristic value at the amount of nitrogen applied .

施氮量 Nitrogen rate /(kg · hm <sup>-2</sup> )	峰值黏度 Peak viscosity/cp	热浆黏度 Hot viscosity/cp	崩解值 Breakdown /cp	最终黏度 Cool viscosity/cp	回复值 Consistence /cp	消减值 Setback /cp	峰值黏度时间 Peak time /min	起始糊化温度 Pasting temperature/
0 .0	2763 .33 a	1467 .67 a	1295 .67 ab	2705 .83 a	1238 .17 a	- 57 .50 ab	6 .12 a	74 .62 a
112 .5	2575 .67 b	1289 .67 b	1286 .00 ab	2487 .33 b	1197 .67 b	- 88 .33 bc	6 .01 b	74 .65 a
150 .0	2549 .00 bc	1234 .83 bc	1314 .17 a	2424 .50 bc	1189 .67 bc	- 124 .50 c	5 .97 bc	74 .90 a
187 .5	2478 .67 bc	1194 .67 c	1284 .00 abc	2388 .67 c	1194 .00 b	- 90 .00 bc	5 .96 c	74 .62 a
225 .0	2449 .67 c	1202 .50 c	1247 .17 bcd	2400 .50 c	1198 .00 b	- 49 .17 ab	5 .97 bc	74 .92 a
262 .5	2331 .33 d	1111 .83 d	1219 .50 d	2269 .67 d	1158 .00 c	- 61 .50 ab	5 .92 cd	75 .94 a
300 .0	2317 .33 d	1106 .17 d	1211 .17 d	2292 .83 d	1186 .67 bc	- 24 .50 a	5 .90 d	76 .98 a
337 .5	2329 .67 d	1103 .17 d	1226 .50 cd	2273 .67 d	1170 .50 bc	- 56 .00 ab	5 .87 d	76 .90 a

力时的崩解值、消减值均介于高地力与中地力之间，低地力时的崩解值与高地力、中地力的崩解值未达到显著差异，低地力时的消减值与中地力消减值差异不显著，与高地力的消减值存在显著差异。从本试验结果看，高地力下水稻淀粉 RVA 特征谱略优于低地力和中地力的水稻 RVA 特征谱。

### 2.3.3 淀粉 RVA 特征值对施氮量的响应

淀粉 RVA 特征值对施氮量的响应表明(表 5)，峰值黏度、热浆黏度、崩解值、最终黏度、回复值、峰值黏度时间随施氮量的增加呈显著或极显著下降(相关系数  $r$  分别为 - 0 .9808<sup>\*\*</sup>、- 0 .9676<sup>\*\*</sup>、- 0 .8244<sup>\*\*</sup>、- 0 .9585<sup>\*\*</sup>、- 0 .8779<sup>\*</sup>、- 0 .9753<sup>\*\*</sup>)，而消减值随施氮量的增加呈上升的趋势。上述结果表明增加施氮量使稻米蒸煮食味有变劣趋势。多重比较表明，除不施氮对照外，每 1 hm<sup>2</sup> 追施氮量 225 kg 是稻米蒸煮食味品质变劣的

临界施氮量。

### 2.3.4 地力与施氮量对淀粉 RVA 特征值影响的互作效应

在 RVA 特征值中，热浆黏度、崩解值、最终黏度和回复值存在显著的地力与施氮量互作效应。分析表明(图 2、图 3)，热浆黏度和最终黏度随施氮量的增加，在高、中、低 3 种地力水平下均呈极显著的线性下降(热浆黏度的相关系数  $r$  分别为 - 0 .9487<sup>\*\*</sup>、- 0 .9615<sup>\*\*</sup>、- 0 .9402<sup>\*\*</sup>，最终黏度的相关系数  $r$  分别为 - 0 .9564<sup>\*\*</sup>、- 0 .9476<sup>\*\*</sup>、- 0 .9157<sup>\*\*</sup>)，且热浆黏度和最终黏度的直线斜率表现为高地力 > 低地力 > 中地力，说明施氮量对高地力水平下热浆黏度和最终黏度的影响程度大于低地力和中地力。进一步分析表明，中地力下热浆黏度值和最终黏度值均比低地力下大；高地力在较低施氮量(< 100 kg/hm<sup>2</sup> 左右)下热浆黏度值和最终

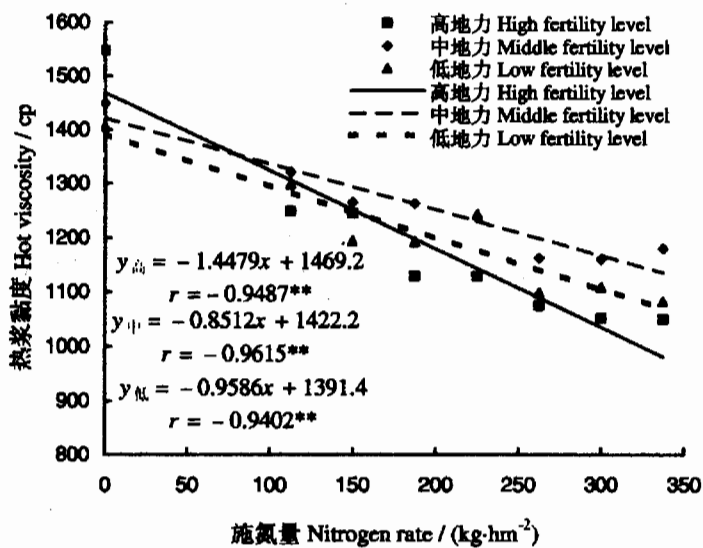


图2 施氮量与热浆黏度关系

Fig. 2. Relationship between nitrogen rate and hot viscosity.

黏度值高于中地力和低地力,而在较高施氮量(>100 kg/hm<sup>2</sup>左右)时低于低地力和中地力。

崩解值、回复值也存在显著的地力水平与施氮量的互作效应,但在高、中、低3种地力水平下随施氮量增加并未表现出明显的规律。由表6可以看出,在高地力时,崩解值随施氮量的增加呈下降趋势,最大值出现在无肥区(1385 cp),最小值出现在施氮量300.0 kg/hm<sup>2</sup>时(1211 cp);在中地力时,崩解值随施氮量的增加呈先升后降趋势,最大值出现在施氮量为150.0 kg/hm<sup>2</sup>(1330 cp),最小值出现在337.5 kg/hm<sup>2</sup>(1184 cp);在低地力时,也表现出先升后降的趋势,最大值出现在施氮量为150.0 kg/hm<sup>2</sup>(1331 cp),最小值出现在262.5 kg/hm<sup>2</sup>(1125 cp)。崩解值在各地力水平下的平均值表现为高地力>低地力>中地力。在高地力时,回复值随施氮量的增加呈下降趋势,最大值出现在无肥区

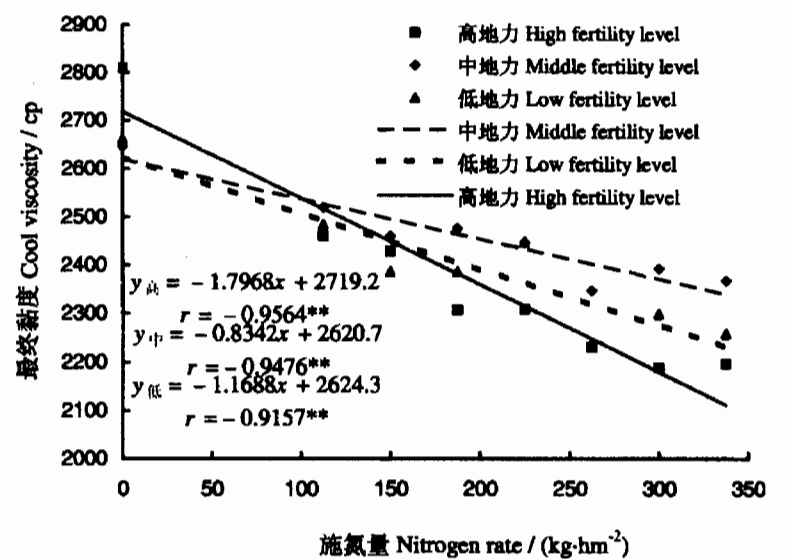


图3 施氮量与最终黏度关系

Fig. 3. Relationship between nitrogen rate and cool viscosity.

(1262 cp),最小值出现在施氮量为300.0 kg/hm<sup>2</sup>(1138 cp);在中地力时,回复值随施氮量的增加无明显变化趋势,极差仅为44 cp;在低地力时,回复值随施氮量的增加呈下降趋势,最大值出现在无肥区(1255 cp),最小值出现在262.5 kg/hm<sup>2</sup>(1135 cp)。回复值在各地力水平下的平均值表现为中地力>低地力>高地力。

### 3 讨论

从本试验结果来看,稻米淀粉RVA谱基本轮廓特征主要受遗传控制,品种间差异大且特性明显,但也受地力、施氮量显著影响,主要表现为RVA谱的高低。由于RVA谱是反映稻米淀粉在加热—高温—冷却过程的糊化曲线,不仅有8个重要参数,而且稻米成分复杂,淀粉中又有直链和支链淀粉,还有相当含量的蛋白质,因此谱的特征值差异复杂。在

表6 高、中、低3种地力下不同施氮量下RVA谱的崩解值及回复值

Table 6. Breakdown and consistence of RVA profile at different N rates under different soil fertility levels.

施氮量 Nitrogen rate (kg·hm <sup>-2</sup> )	崩解值 Breakdown/cp			回复值 Consistence/cp		
	高地力	中地力	低地力	高地力	中地力	低地力
	High fertility level	Middle fertility level	Low fertility level	High fertility level	Middle fertility level	Low fertility level
0.0	1385	1206	1297	1262	1198	1255
112.5	1342	1267	1250	1210	1198	1185
150.0	1282	1330	1331	1183	1195	1192
187.5	1256	1266	1330	1177	1212	1194
225.0	1284	1215	1243	1179	1209	1206
262.5	1268	1267	1125	1156	1184	1135
300.0	1211	1214	1210	1138	1232	1191
337.5	1244	1184	1253	1148	1188	1176
平均值 Average	1284	1243	1255	1181	1202	1192

本试验中,峰值黏度、热浆黏度、最终黏度、峰值黏度时间、起始糊化温度在处理间变化规律性强,而崩解值、回复值、消减值相对规律性弱,增加了研究分析的复杂性。此外,近年来通过优质米与劣质米的比较研究,发现一般峰值黏度大、崩解值大、最终黏度小、消减值小和糊化温度低的稻米食味好,具有这种特性的米饭,冷热均较软而黏,但还存在许多不确定性,特别是食味还受饮食习惯的影响。在评判食味品质的优劣程度时还缺乏具体的谱特征值数量范围来界定,在应用中还有很大的局限性,还难以代替感官品尝。

通过本研究,可以发现地力水平对稻米 RVA 谱特征有一定的影响,但影响较为复杂,不仅一些 RVA 谱特征值存在显著的地与施肥量的互作效应,而且存在显著的地与品种的互作效应。这也从一个方面说明在优质栽培中因地因种的重要性。本试验结果表明地力水平对产量有明显的调节效应,在试验的施氮量范围内,在高、中、低地力下武香粳 14 最高产的施氮量分别为 187.5、225.0 和 300.0 kg/hm<sup>2</sup>,相应的产量为 10 296、10 053 和 9 936 kg/hm<sup>2</sup>;武粳 15 最高产的施氮量分别为 187.5、262.5 和 300.0 kg/hm<sup>2</sup>,相应的产量为 10 152、9 587 和 9 265 kg/hm<sup>2</sup>。表明获得高产适宜施氮量高地力 < 中地力 < 低地力,而产量潜力高地力 > 中地力 > 低地力。在本试验条件下,从 RVA 谱特征角度并结合其他品质性状,高产优质的适宜施氮量如下:在高地力水平时,两供试品种施氮量为 187.5 kg/hm<sup>2</sup>;在中地力时,武香粳 14 施氮量为 225.0 kg/hm<sup>2</sup>,而武粳 15 施氮量为 262.5 kg/hm<sup>2</sup>;在低地力时,两供试品种施氮量为 300.0 kg/hm<sup>2</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 包劲松,何平,夏英武. 稻米淀粉 RVA 谱特征主要受 Wx 基因控制. 科学通报, 1999, 44(18): 1973-1976.
- [2] 李欣,张蓉,隋炯明,等. 稻米淀粉粘滞性谱特征的表现及其遗传. 中国水稻科学, 2004, 18(5): 384-390.
- [3] 金正勋,秋太权,孙艳丽,等. 结实期温度对稻米理化特性及淀粉谱特性的影响. 中国农业气象, 2001, 22(2): 1-11.
- [4] 程方民,钟连进,舒庆尧,等. 早籼水稻垩白部位淀粉的蒸煮食味品质特征. 作物学报, 2002, 28(3): 363-368.
- [5] 金正勋,秋太权,孙艳丽,等. 稻米蒸煮食味品质特性间的相关性研究. 东北农业大学学报, 2001, 32(1): 1-7.
- [6] 吴殿星,舒庆尧,夏英武,等. 利用 RVA 谱快速鉴别不同表观直链淀粉含量早籼稻的淀粉粘滞特性. 中国水稻科学, 2001, 15(1): 57-59.
- [7] 舒庆尧,吴殿星,夏英武,等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与食用品质的关系. 中国农业科学, 1998, 31(3): 1-4.
- [8] Bason M L, Blakeney A B, Booth R I. Assessing rice quality using the RVA results of an international collaborative trial. *RVA World*, 1994(6): 2-5.
- [9] Reddy K R, Subramanian R, Zakiuddin S A. Viscoelastic properties of rice flour pastes and the rice relationship to amylose content and rice quality. *Cereal Chem*, 1994, 71: 548-552.
- [10] American Association of Cereal Chemistry(AACC). Methods 6102 for RVA. 9th ed. St Paul, MN: AACC, 1995.
- [11] 黄发松,孙宗修,胡培松. 食用稻米品质形成研究的现状与展望. 中国水稻科学, 1998, 12(3): 172-176.
- [12] Lim S. Varietal variation of amylogram properties and its relationship with other eating quality characteristics in rice. *Korean J Breeding*, 1995, 27(3): 268-275.
- [13] Kim K H. Varietal variation of cooking quality and interrelationship between cooking and physicochemical properties of rice grain. *Korean J Crop Sci*, 1994, 39(1): 45-54.
- [14] Kim K H. Varietal and environmental variation of gel consistency of rice flour. *Korean J Crop Sci*, 1993, 38(1): 38-45.
- [15] Cheong J I. Effects of slow release fertilizer application on rice grain quality at different culture methods. *Korean J Crop Sci*, 1996, 41(3): 286-294.
- [16] 刘建,魏亚凤,夏礼如. 不同氮肥水平对稻米品质和淀粉 RVA 谱特征的影响. 金陵科技学院学报, 2004, 20(1): 34-38.
- [17] 姚月明,沈新平,沈明星. 播种期对“苏香粳 2 号”稻米淀粉粘滞性的影响. 江苏农业学报, 2003, 19(3): 163-165.
- [18] 金军,徐大勇,蔡一霞,等. 施氮量对水稻主要米质性状及 RVA 谱特征参数的影响. 作物学报, 2004, 30(2): 154-158.
- [19] 叶全宝,张洪程,李华,等. 施氮水平和栽插密度对粳稻淀粉 RVA 谱特性的影响. 作物学报, 2005, 31(1): 124-130.
- [20] 吴殿星,舒庆尧,夏英武. RVA 分析辅助选择食用优质早籼稻的研究. 作物学报, 2001, 27(2): 165-172.
- [21] 舒庆尧,吴殿星,夏英武,等. 稻米淀粉 RVA 谱特性的亚种间差异初析. 作物学报, 1999, 25(3): 279-283.
- [22] 孙艳丽,沈鹏,金正勋,等. 氮素营养对稻米理化特性及淀粉谱特性的影响. 东北农业大学学报, 2002, 33(2): 134-138.
- [23] 金正勋,秋太权,孙艳丽,等. 氮肥对稻米垩白及蒸煮食味品质特性的影响. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(1): 33-35.
- [24] 王丰,程方民,钟连进,等. 早籼稻米 RVA 谱特性的品种间差异及其温度效应特征. 中国水稻科学, 2003, 17(4): 328-332.
- [25] 熊洪,唐玉明,任道群,等. 不同土壤类型、不同气候条件与稻米品质的关系研究. 西南农业学报, 2004, 17(4): 445-449.
- [26] 夏建国,邓良基,谭宏,等. 影响稻米品质的主要土壤生态因子研究. 四川农业大学学报, 2000, 18(4): 343-347.
- [27] 刘建,吴奎. 稻米品质的生态改良及优质稻保优栽培技术. 南京农专学报, 2002, 18(3): 5-12.
- [28] 刘建. 环境因子对稻米品质影响研究进展. 湖北农学院学报, 2002, 22(6): 550-554.
- [29] 杨化龙,杨泽敏,卢碧林. 生态环境对稻米品质的影响. 湖北农业科学, 2001(6): 14-16.