

品种、栽培方式与气象因子对稻米蛋白质含量的影响

徐富贤 周兴兵 刘茂 蒋鹏 张林 郭晓艺 朱永川 熊洪

(四川省农业科学院水稻高粱研究所/农业部西南水稻生物学与遗传育种重点实验室, 四川 德阳 618000;

第一作者: xu6501@163.com)

摘要:以杂交中稻品种旌优 127 和 II 优 602 为材料, 在 5 个播期和 2 种栽培方式下, 研究了品种、栽培方式及气象因子对稻米蛋白质含量的影响。结果表明, 播期、栽培方式及品种对籽粒蛋白质含量均有显著影响, 从大到小依次为播期、品种、栽培方式, 但三者的互作效应不显著。随着播期推迟, 蛋白质含量呈增加趋势, 高氮低密处理比低氮高密处理显著提高, II 优 602 的蛋白质含量显著高于旌优 127。水稻抽穗前各生育阶段气温高、降水量大有利于稻米蛋白质的积累; 但不同品种的关键气象因子有所不同, 旌优 127 整个水稻生育期的降水量越多越有利于蛋白质的积累, 而 II 优 602 则表现为拔节-齐穗期的日最低气温越高、移栽-拔节期的日照时数和齐穗-成熟期日照时数偏少有利于提高稻米蛋白质含量。

关键词:杂交中稻; 气象因子; 栽培方式; 品种; 蛋白质含量

中图分类号: S511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8082(2018)04-0045-05

发展优质稻已成为我国水稻产业的重要方向^[1]。稻米品质除受遗传因素影响外, 还受环境条件与栽培技术的影响^[2]。水稻品种的库源特征^[3-4]、气象因子^[5-7]与栽培措施^[8-14]对米质的影响已有较多研究, 但主要围绕精米率、垩白度、垩白粒率、长宽比、胶稠度和直链淀粉含量等指标, 涉及蛋白质含量方面的研究相对较少^[15]。水稻籽粒蛋白质含量是衡量稻米营养品质的重要指标, 同时对口感影响较大。为此, 本文以优质品种旌优 127 和高产品种 II 优 602 为材料, 在分期播种条件下, 研究了品种、栽培方式与气象因子对稻米蛋白质的影响, 以期改良稻米营养品质提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验于 2016 年在四川省农业科学院水稻高粱研究所泸县基地冬水田进行, 稻田土壤质地均匀, 中上等肥力。

1.2 试验材料与试验设计

以杂交中稻品种 II 优 602 和旌优 127 为材料, 分别于 3 月 5 日、3 月 25 日、4 月 20 日、5 月 4 日和 5 月 24 日播种, 湿润培育中苗秧, 4.5 叶左右移栽, 每丛栽 2 株。本田采用高氮低密(纯 N 210 kg/hm², 9 万丛/hm²)和低氮高密(纯 N 105 kg/hm², 18 万丛/hm²)2 种栽培方式, 共 20 个处理。小区面积 14 m², 3 次重复。采用裂一裂区设计, 以播种期为主区, 栽培方式为裂区, 品种为再裂区。试验处理因素以外的田间栽培管理与大面积

高产技术相同。

1.3 考查项目及方法

记载播种期、移栽期、拔节期、齐穗期和成熟期。成熟期每小区取稻谷 2 kg 放入沙网袋吊挂室内自然风干, 贮藏 3 个月送农业部稻米及制品质量监督检验测试中心分析稻米蛋白质含量。并统计 3 月至 9 月(各播种期处理的播种至成熟期)逐日的日最高气温(℃)、日最低气温(℃)、日平均气温(℃)、降水量(mm)、日平均相对湿度(%)、日照时数(小时), 数据取自距试验田 1 200 m、海拔相差 1.9 m 的泸县气象站资料。

1.4 数据处理

所有数据运算由 DPS 数据处理系统和 Excel 软件完成。

2 结果与分析

2.1 不同处理对稻米蛋白质含量的影响

从表 1 可见, 处理间稻米蛋白质含量差异显著。从表 2 可见, 不同播期、栽培方式和品种对蛋白质含量影响达显著或极显著水平, 但播期、栽培方式和品种三者间的交互作用不显著。从表 3 可见, 在 5 个播期中, 蛋

收稿日期: 2018-01-04

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-01-25); 国家公益性行业(农业)专项(20120302); 国家粮食丰产科技工程(2013BAD07B13-05); 四川省财政基因工程项目

表 1 不同播种期、栽培方式与品种处理下的蛋白质表现

播期 (月-日)	栽培方式	施氮量 (kg/hm ²)	密度 (万/hm ²)	品种	蛋白质含量 (%)
03-05	低 N 高密	7	1.2	旌优 127	9.4 ij
		7	1.2	Ⅱ 优 602	9.8 hi
	高 N 低密	14	0.6	旌优 127	9.4 ij
		14	0.6	Ⅱ 优 602	10.6 ef
03-25	低 N 高密	7	1.2	旌优 127	10.0 gh
		7	1.2	Ⅱ 优 602	9.0 j
	高 N 低密	14	0.6	旌优 127	10.5 ef
		14	0.6	Ⅱ 优 602	11.3 cd
04-20	低 N 高密	7	1.2	旌优 127	10.4 fg
		7	1.2	Ⅱ 优 602	10.9 de
	高 N 低密	14	0.6	旌优 127	10.6 ef
		14	0.6	Ⅱ 优 602	11.5 c
05-04	低 N 高密	7	1.2	旌优 127	10.5 ef
		7	1.2	Ⅱ 优 602	11.3 cd
	高 N 低密	14	0.6	旌优 127	10.5 c
		14	0.6	Ⅱ 优 602	12.3 b
05-24	低 N 高密	7	1.2	旌优 127	11.5 c
		7	1.2	Ⅱ 优 602	12.8 a
	高 N 低密	14	0.6	旌优 127	11.8 c
		14	0.6	Ⅱ 优 602	13.0 a

同列数据后不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

表 2 不同处理下蛋白质的方差分析

变异来源	平方和	df	均方	F 值	显著水平
播期(A)	14.58	4	3.65	29.05	0.0033
栽培方式(B)	1.74	1	1.74	13.87	0.0204
品种(C)	3.12	1	3.12	24.86	0.0076
A×B	0.85	4	0.21	1.70	0.3105
A×C	1.27	4	0.32	2.53	0.1949
B×C	0.76	1	0.76	6.06	0.0696
误差	0.50	4	0.13		
总和	22.83	19			

表 3 不同处理下蛋白质含量的多重比较

播期 (月-日)	蛋白质含量 (%)	栽培方式	蛋白质含量 (%)	品种	蛋白质含量 (%)
03-05	9.80 c	低 N 高密	10.56 b	旌优 127	10.46 b
03-25	10.20 bc	高 N 低密	11.15 a	Ⅱ 优 602	11.25 a
04-20	10.85 bc				
05-04	11.15 b				
05-24	12.28 a				

白质含量有随着播期推迟呈增加的趋势。3 月 5 日播种的蛋白质含量最低,为 9.80%,5 月 24 日播种的最高,为 12.28%,最高处理比最低的高 25.31%;2 种栽培方式中,高氮低密处理蛋白质含量比低氮高密处理高 5.59%,差异显著;Ⅱ 优 602 的蛋白质含量为 11.25%,比旌优 127 高 7.55%。

2.2 影响稻米蛋白质含量的关键气象因子分析

如前所述,对稻米蛋白质含量影响从大到小依次

为播期(25.31%)> 品种(7.55%)> 栽培方式(5.59%)。因此,有必要进一步分析影响稻米蛋白质含量的关键气象因子。以表 4 所示的 2 个水稻品种在 5 个播种期下的 4 个生育阶段的 24 个气象因子为自变量(x),以不同播期、栽培方式与品种处理下的蛋白质含量为因变量(y),进行相关分析与多元逐步回归分析。结果(表 5)表明,旌优 127 和Ⅱ 优 602 一致表现为:蛋白质含量分别与播种-移栽期的日最高气温(x₁)、拔节-齐穗期

表 4 2 个品种在不同播种期下的气象因素表现

气候因素	播种期 (月-日)	旌优 127				Ⅱ 优 602			
		播种-移栽	移栽-拔节	拔节-齐穗	齐穗-成熟	播种-移栽	移栽-拔节	拔节-齐穗	齐穗-成熟
日最高气温(℃)		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
	03-05	20.73	25.55	29.53	33.50	20.73	25.48	30.31	33.79
	03-25	23.23	26.94	31.47	33.57	23.23	27.16	31.78	34.15
	04-20	25.94	28.84	33.30	34.66	25.94	28.94	33.63	34.22
	05-04	26.93	31.19	33.42	33.87	26.93	31.27	33.66	34.22
	05-24	29.16	31.54	34.23	29.04	29.16	31.76	34.58	27.83
日最低气温(℃)		X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
	03-05	13.64	17.63	21.62	24.67	13.64	17.67	22.18	24.67
	03-25	15.28	18.97	23.48	24.67	15.28	19.20	23.56	24.99
	04-20	17.90	21.34	24.33	25.68	17.90	21.32	24.92	25.67
	05-04	18.66	22.45	24.77	25.13	18.66	22.56	22.81	24.44
	05-24	20.89	23.33	23.53	22.41	20.89	23.13	24.13	21.80
日平均气温(℃)		X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂
	03-05	16.49	20.96	25.01	28.53	16.49	20.89	25.64	28.67
	03-25	18.46	22.38	26.94	28.32	18.46	22.87	27.05	30.83
	04-20	21.31	24.55	28.13	29.39	21.31	24.53	28.41	29.11
	05-04	22.09	25.98	28.30	28.68	22.09	26.06	28.43	27.44
	05-24	24.32	26.82	28.84	25.12	24.32	26.97	29.21	24.02
降水量(mm)		X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆
	03-05	104.7	211.5	324.3	309.8	104.7	217.6	319.2	358.2
	03-25	76.8	258.8	374.1	477.9	76.8	266.6	512.7	223.5
	04-20	144.2	282.5	371.1	196.4	144.2	346.8	419.5	95.2
	05-04	125.3	336.6	410.8	89.2	125.3	502.1	308.2	97.3
	05-24	93.9	414.3	322.2	183.4	93.9	513.0	223.6	196.0
日平均相对湿度(%)		X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀
	03-05	81.08	81.84	82.54	81.48	81.08	81.94	82.30	81.18
	03-25	81.68	81.07	84.23	82.88	81.68	81.06	84.97	81.82
	04-20	81.24	82.35	82.31	79.12	81.24	82.91	82.24	77.19
	05-04	80.35	81.38	83.15	76.74	80.35	82.53	82.57	79.15
	05-24	78.44	84.13	81.00	84.26	78.44	84.06	79.78	86.69
日照时数(Hour)		X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄
	03-05	108.3	180.8	189.1	218.0	108.3	190.7	206.4	212.9
	03-25	97.5	246.8	166.9	241.1	97.5	270.2	175.9	230.8
	04-20	127.8	180.8	232.2	206.7	127.8	195.0	253.4	195.4
	05-04	93.0	259.5	181.0	200.8	93.0	274.9	214.2	153.1
	05-24	119.9	177.4	265.2	121.2	119.9	200.6	273.4	93.3

的日最高气温(x₃)、播种-移栽期的日最低气温(x₅)、移栽-拔节期的日最低气温(x₆)、播种-移栽期的日平均气温(x₉)、移栽-拔节期的日平均气温(x₁₀)、移栽-拔节期的降水量(x₁₄)呈显著或极显著正相关。说明水稻抽穗前各生育阶段气温高、降水量大有利于稻米蛋白质的积累。

由于不同品种生育期有一定差异,以致其各生育阶段的气象因子有所不同,加上品种特性不一,最终造成影响品种间稻米蛋白质含量的关键气象因子不同。从多元逐步回归分析结果(表 6)看出,旌优 127 稻米蛋白质主要受播种-移栽期的降水量(x₁₃)、移栽-拔节期的降水量(x₁₄)和齐穗-成熟期的降水量(x₁₆)影响,其

决定系数高达 99.57%,说明整个水稻生育期的降水量越多越有利于旌优 127 稻米蛋白质的积累。而Ⅱ 优 602 则表现为拔节-齐穗期的日最低气温(x₇)越高、移栽-拔节期的日照时数(x₂₂)和齐穗-成熟期日照时数(x₂₄)越少越有利于提高稻米蛋白质含量。

3 讨论与结论

有研究^[2]指出,蛋白质含量与施氮量呈正相关关系。从本研究结果看,播期、栽培方式、品种对籽粒蛋白质含量均有显著影响,由大到小依次为播期、品种、栽培方式。随着播期推迟蛋白质含量呈增加趋势;高氮低密处理比低氮高密处理显著提高,可能与施氮量高有

表 5 气象因子与蛋白质含量的相关系数

项目	旌优 127		Ⅱ 优 602	
	相关系数	显著水平 P	相关系数	显著水平 P
X ₁	0.9437*	0.0159	0.9251*	0.0243
X ₂	0.8569	0.0636	0.8840*	0.0466
X ₃	0.9029*	0.0358	0.8760*	0.0515
X ₄	-0.7361	0.1561	-0.8392	0.0755
X ₅	0.9428*	0.0163	0.9496**	0.0135
X ₆	0.8910*	0.0425	0.8843*	0.0464
X ₇	0.5452	0.3420	0.4544	0.4421
X ₈	-0.6561	0.2292	-0.8008	0.1035
X ₉	0.9399*	0.0175	0.9381*	0.0183
X ₁₀	0.8919*	0.0420	0.8929*	0.0414
X ₁₁	0.8974*	0.0389	0.8629	0.0597
X ₁₂	-0.7424	0.1507	-0.9227*	0.0255
X ₁₃	-0.0540	0.9312	0.1326	0.8317
X ₁₄	0.9554**	0.0112	0.8793*	0.0494
X ₁₅	-0.0633	0.9194	-0.7243	0.1664
X ₁₆	-0.4157	0.4864	-0.4345	0.4647
X ₁₇	-0.8008	0.1035	-0.9327*	0.0208
X ₁₈	0.7448	0.1487	0.9443*	0.0156
X ₁₉	-0.5709	0.3148	-0.8515	0.0672
X ₂₀	0.2828	0.6448	0.5189	0.3703
X ₂₁	0.3442	0.5706	0.4280	0.4722
X ₂₂	-0.1132	0.8562	-0.2338	0.7051
X ₂₃	0.7380	0.1546	0.8633	0.0594
X ₂₄	-0.8301	0.0819	-0.9708	0.0060

*、** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著。

表 6 气象因素对蛋白质影响的多元逐步回归分析

品种	回归方程	F 值	R ²	偏相关	t 检验值
旌优 127	Y=3.63+0.0142X ₁₃ +0.0143X ₁₄ +0.0039X ₁₆	76.88**	0.9957	r(y, X ₁₃)= 0.9597	3.41
				r(y, X ₁₄)= 0.9963	11.61**
				r(y, X ₁₆)= 0.9742	4.31*
Ⅱ 优 602	Y=8.80+0.2481X ₇ -0.0008X ₂₂ -0.0186X ₂₄	26 306.6**	1.0000	r(y, X ₇)= 0.9999	139.37**
				r(y, X ₂₂)= -0.9984	17.44**
				r(y, X ₂₄)= -1.0000	542.78**

关^[2]; Ⅱ 优 602 的蛋白质含量显著高于旌优 127, 说明选择品种十分重要。

在气象因子对蛋白质含量影响方面, 关于环境条件对稻米蛋白质的影响, 李卫国等^[15]研究认为, 气象因素对籼稻籽粒蛋白质作用的决定系数由大到小的依次为生态高度>日平均气温>最低气温>最高气温>纬度>海拔。本研究进一步明确了水稻不同生育阶段气象因子对蛋白质含量的影响, 即总体表现为水稻抽穗前各生育阶段气温高、降水量大有利于稻米蛋白质的积累; 而不同品种的关键气象因子则不同, 旌优 127 整个水稻生育期的降水量越多越有利于蛋白质的积累, 而Ⅱ 优 602 则表现为拔节-齐穗期的日最低气温越高、移栽-拔节的日照时数和齐穗-成熟期日照时数偏少有利于提高稻米蛋白质含量。

参考文献

[1] 程式华. 2016 年中国水稻产业发展报告[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2016: 125-156.

[2] 徐富贤, 洪松. 环境因素对稻米品质影响的研究进展[J]. 西南农业学报, 1994, 7(2): 101-105.

[3] 吕文彦, 邵国军, 裴忠友, 等. 辽宁省水稻品质兼及品质与产量关系的研究 IV. 不同源库关系与稻米品质[J]. 辽宁农业科学, 2001 (2): 1-4.

[4] 徐富贤, 郑家奎, 朱永川, 等. 川东南高温伏旱区杂交中稻品种库源结构对稻米整精米率与垩白粒率的影响 [J]. 作物学报, 2004, 30(5): 432-437.

[5] 王小珍, 张国勇, 潘明志. 灌浆结实期气象因素对稻米品质的影响[J]. 中国稻米, 2004, 10(6): 29-30.

[6] 徐富贤, 郑家奎, 朱永川, 等. 灌浆期气象因子对杂交中稻稻米碾米品质和外观品质的影响 [J]. 植物生态学报, 2003, 27 (1): 73-

- 77.
- [7] 刘博,吕军,姚继攀,等.不同温光条件对北方粳稻产量和品质的影响[J].中国稻米,2017,23(2):38-40.
- [8] 胡群,夏敏,张洪程,等.氮肥运筹对钵苗机插优质食味水稻产量及氮素吸收利用的影响[J].作物学报,2016,42(11):1666-1676.
- [9] 胡群,夏敏,张洪程,等.氮肥运筹对钵苗机插优质食味水稻产量及品质的影响[J].作物学报,2017,43(3):420-431.
- [10] 王小珍,潘明志,张国勇.不同群体质量对稻米品质的影响[J].中国稻米,2004,10(4):28-29.
- [11] 徐富贤,熊洪,朱永川,等.川东南高温伏旱区杂交中稻超稀栽培对稻米整精米率的影响与组合间库源结构关系[J].植物生态学报,2005,29(5):829-835.
- [12] 李小刚,赵胜利,王俊义,等.播期对陕南不同粳稻品种产量和稻米品质的影响[J].中国稻米,2016,22(5):89-92.
- [13] 陈国军,雷舜,唐湘如,等.新型栽培技术对水稻产量及稻米品质的影响[J].中国稻米,2016,22(6):66-70.
- [14] 瞿华香,赵萍,刘洋,等.栽培模式对稻米品质特性的影响[J].中国稻米,2017,23(1):31-35.
- [15] 李卫国,戴廷波,朱艳,等.基于生态效应的水稻籽粒蛋白质含量预测模型研究[J].植物生态学报,2005,29(4):630-635.

Effects of Varieties, Cultivation Methods and Meteorological Factors on Protein Content of Rice

XU Fuxian, ZHOU Xingbing, LIU Mao, JIANG Peng, ZHANG Lin, GUO Xiaoyi, ZHU Yongchuan, XIONG Hong

(Rice and Sorghum Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory of Southwest Rice Biology and Genetic Breeding, Ministry of Agriculture, Deyang, Sichuan 618000, China; 1st author: xu6501@163.com)

Abstract: In this paper, a field experiment were conducted under two cultivation patterns in 5 sowing dates, using mid-season hybrid rice varieties II you 602 and Jingyou 127 as materials, to study the effects of meteorological factors at different growth stages on grain protein. The results indicated that, the sowing dates, cultivation patterns and varieties had significant effects on the protein content of rice, and the effect on grain protein content ranged from big to small order for sowing dates, varieties, cultivation patterns. There were increasing trend for the protein as the sowing date delayed, the protein increased significantly of the high-nitrogen and low-density treatment than those of low-nitrogen and high-density treatment. The protein content of II you 602 were significantly higher than that of Jingyou 127, but the interaction effects of them were not significant at 0.05 level. It is good to the accumulation of grain protein in the condition of higher temperature and more precipitation before earing, and the key weather factors is different between different rice varieties, more precipitation in the whole growth period of rice is beneficial to the accumulation of protein for Jingyou 127, but II you 602 would improve rice protein content in the condition of higher daily minimum temperature from jointing to full heading stage, less sunshine time from transplanting to jointing stage and from full heading to mature stage.

Key words: mid-season hybrid rice; meteorological factor; cultivation pattern; rice variety; protein content

·····
(上接第44页)

(¹Taizhou Academy of Agricultural Sciences, Linhai, Zhejiang 317000, China; ²National Agro-tech Extension and Service Center, Ministry of Agriculture, Beijing 100125, China; # Co-first author; *Corresponding author: skliu001@163.com)

Abstract: In order to screen the excellent conventional early *indica* rice varieties in Zhejiang province in recent years, guide the breeding and application of early *indica* rice. In this paper, the yield, resistance, rice quality, growth period, grain structure, promotion areas and genetic relationship of 65 conventional early *indica* rice varieties registered in Zhejiang province during 2001-2015 were compared and analyzed. The results showed that, the cultivars registered during the 12th five year plan period showed a higher plant height, less effective panicles, bigger spike, increased 1 000-grain weight, decreased seed setting rate and delayed growth period compared to the cultivars registered in the 11th and the 10th five-year plan period. All cultivars registered in the three periods showed good resistance to rice blast disease. The number of high quality edible rice cultivars tend to decrease, while that of the processing cultivars tend to increase. The accumulative promoting areas of the 62 cultivars listed in the statistics of Ministry of Agriculture was 9 215 khm². The cultivars Jiayu 253, Zhou 903 and Zhefu 802 made important contribution to the production. The cultivars registered during the 12th five-year plan period showed problems such as cultivar homogeneity, over-long growth period and small promotion areas. In conclusion, to keep ahead in the conventional early *indica* rice breeding, Zhejiang province should make more efforts in the germplasm resources creation, continuously adjust breeding aim and increase cultivar popularization.

Key words: Zhejiang province; conventional early *indica* rice; cultivar registration; promotion areas; genetic relationship