

基于雷达图分析法初步评价稻米食味品质的研究

方长云 胡贤巧 邵雅芳 扈战强 卢林 段彬伍

(中国水稻研究所, 杭州 310006)

摘要:本研究建立了一种基于雷达图分析稻米食味评价的新方法。该方法选择胶稠度、碱消值、粒型、直链淀粉含量和蛋白质含量等 5 个对稻米食味品质影响较大的理化指标作为雷达图分析的评价指标。各个评价指标经无量纲化处理后用于绘制雷达图。为消除指标排列顺序不同引起的差异, 本文采用雷达图的平均周长和平均面积作为特征向量构建评价参数, 并对 10 个参试样品的食味品质进行综合评价。结果表明, 采用本文建立的雷达图分析法得到的食味评价排序与常规感官评价法的排序基本一致, 表明本文建立的雷达图分析法适用于稻米食味品质的初步评价。

关键词:水稻; 雷达图; 稻米食味; 评价指标; 综合评价

中图分类号: S511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8082(2017)02-0013-05

水稻作为我国主要的粮食作物, 为大多数人提供主要能量来源。随着生活水平的提高, 稻米食味品质不仅越来越受到消费者的关注, 也越来越受到育种家的注重^[1]。目前, 国内外评价稻米食味品质主要依据人对米饭食味的品尝进行感官评价^[2], 因此存在主观性强、操作繁琐和耗时长等缺点^[3]。近年来, 国外一些研究机构开发出稻米食味品质分析仪, 比如日本生产的米饭食味计(STA1A、STA1B)、大米食味计(JSWL)、图像解析仪以及味度仪(TOYOMATA-90B)等^[4-6]。虽然它们可以对稻米或者米饭进行食味分析, 但价格昂贵, 且我国稻米品种繁杂, 其结果的可靠性有待进一步验证。因此, 只能作为食味品质评价的辅助工具。综上所述, 建立一种可靠的稻米食味品质评价方法, 可以为新品种选育提供支持, 也可以为实现稻米食味品质快速评判奠定基础。

雷达图分析法亦称综合财务比率分析图法, 是一种数据表征技术, 适合于在二维平面上直观、形象地反映多个指标的变动规律, 能够对多个变量指标进行综合处理与统计分析^[7]。目前, 此方法已被许多研究者应用于农作物的综合评价上。魏春阳等^[8]利用雷达图分析法对烟草外观质量进行了综合评价; 刘魁等^[9]采用雷达图分析法对区域试验烤烟品种进行了综合评价; 吴成春等^[10]利用雷达图分析法对卷烟感官质量进行了综合评价; 邓禄军等^[11]利用利用雷达图分析法对马铃薯品种特征进行了综合评价。但尚未见此方法在稻米食味品质上的应用与研究。本研究是根据稻米品质各个性状指标的重要程度, 利用雷达图分析方法建立的一种稻米食味品质初步评价方法, 可为稻米食味品质评价

提供一种新思路。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料共 10 份。其中, 籼稻 5 份, 分别是淦鑫 203、川丰 2 号、德优 16 号、湘早籼 45 和 Y 两优 1 号; 粳稻 5 份, 分别是新稻 18 号、连梗 7 号、南梗 9108、鄂晚 17 和长白 9 号。所用稻米样品均为当年生产。

1.2 试验方法

1.2.1 品质指标测定

收集的稻谷样品经脱壳、磨精等处理后, 参照农业行业标准 NY 147-88《米质测定方法》进行碱消值、胶稠度、直链淀粉含量和蛋白质含量测定^[12]; 依据农业行业标准 NY/T 2334-2013《稻米整精米率、粒型、垩白粒率、垩白度及透明度的测定 图像法》进行粒长、长宽比测定^[13]; 参照国家标准 GB/T 15682-2008《粮油检验、稻谷、大米蒸煮食用品感官评价方法》进行感官食味评价^[14]。每个样品测定 2 次, 取其平均值。

1.2.2 雷达图分析方法

对于每个参试样品, 由其各评价指标形成的数轴分布在中心圆点周围, 并将各评价指标权重转化为相邻指标数轴的夹角, 不同的指标数值体现在对应指标的数轴上, 将相邻的不同数轴上的指标数值用折线连接成多边形即形成雷达图, 用来反映参试样品的总体情况。为了使评价结果更加客观, 通过选取雷达图的特征向量面积(S)和周长(L)来构建综合评价函数进行评

收稿日期: 2016-11-01

表 1 参试样品 5 项品质指标的测定结果

类型	品种名称	产地	碱消值 (级)	胶稠度 (mm)	长宽比	直链淀粉含量 (%)	蛋白质含量 (%)
粳米	新稻 18 号	河南	7.0	68	1.7	14.6	10.8
	连梗 7 号	江苏	6.7	82	1.9	17.1	10.4
	南粳 9108	江苏	7.0	77	1.6	8.7	9.2
籼米	鄂晚 17	湖北	7.0	63	1.8	15.8	9.0
	长白 9 号	吉林	7.0	72	1.8	16.2	9.0
	淦鑫 203	江西	5.1	73	3.1	21.3	10.1
	川丰 2 号	重庆	7.0	70	3.3	16.2	8.6
	德优 16 号	云南	7.0	53	3.0	15.5	8.0
	湘早籼 45	湖南	6.8	62	3.3	14.6	10.6
	Y 两优 1 号	广西	7.0	48	2.9	16.8	9.5

表 2 各参试样品的无量纲化处理结果

类型	品种名称	产地	碱消值	胶稠度	长宽比	直链淀粉含量	蛋白质含量
粳米	新稻 18 号	河南	1.00	0.83	0.96	0.95	0.19
	连梗 7 号	江苏	0.96	1.00	0.94	0.91	0.19
	南粳 9108	江苏	1.00	0.94	0.91	0.70	0.22
籼米	鄂晚 17	湖北	1.00	0.77	0.99	0.98	0.22
	长白 9 号	吉林	1.00	0.88	0.99	0.96	0.22
	淦鑫 203	江西	0.73	0.89	0.97	0.73	0.20
	川丰 2 号	重庆	1.00	0.85	0.97	0.96	0.23
	德优 16 号	云南	1.00	0.65	0.94	1.00	0.25
	湘早籼 45	湖南	0.97	0.76	0.97	0.95	0.19
	Y 两优 1 号	广西	1.00	0.59	0.91	0.92	0.21

价。

2 结果与分析

2.1 评价指标选择与处理

2.1.1 评价指标的选择

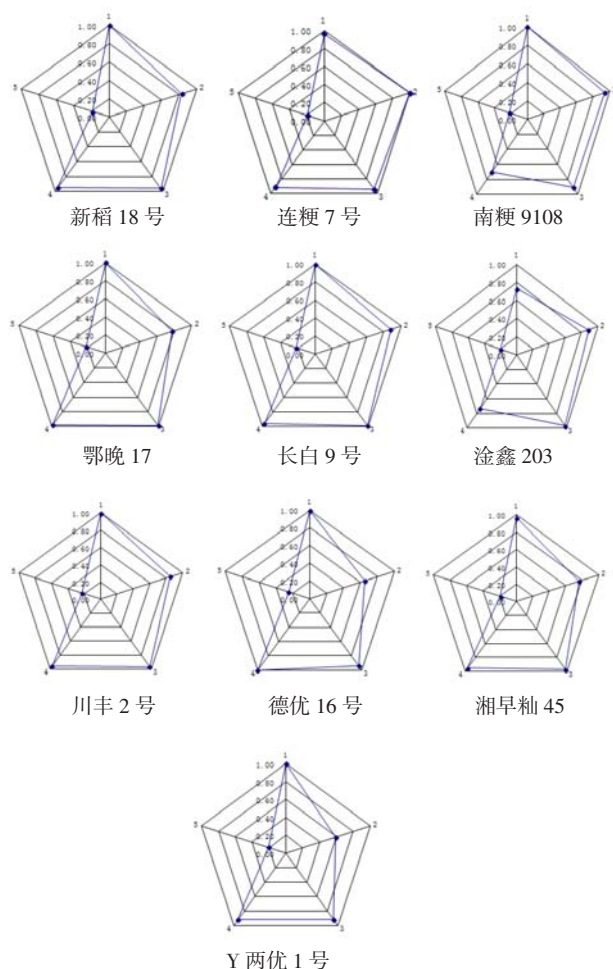
影响稻米食味的指标主要有直链淀粉含量、蛋白质含量、胶稠度、糊化温度等^[15]。直链淀粉含量与稻米食味品质呈显著或极显著的负相关^[16]。直链淀粉含量低的米饭胶稠度较软,米粒拉伸性越好^[17]。但也有研究认为,直链淀粉含量并非越低越好,而是在一定范围内具备更佳食味品质^[2,17-18]。碱消值是评定稻米糊化温度的常用指标,碱消值等级高的,糊化温度则低^[19-20]。有研究认为,糊化温度与米饭食味呈极显著负相关,糊化温度低的,米饭食味较好,高的则较差^[16]。蛋白质含量与米饭食味呈负相关^[21]。蛋白质含量低的大米做成的米饭更具香味、柔软性和黏性^[3]。但也有研究认为,蛋白质含量高不一定是降低米饭食味的主要原因^[22]。稻米胶稠度的长短与米饭的硬度和粘度有关,与米饭食味呈正相关,胶稠度长的米饭较软,短的则较硬^[2,15-16]。稻米的粒长和粒型与米饭食味呈正相关,但是相关系数均较小^[2,17]。对于垩白性状,有研究认为,其对于稻米食味影响较小且品种间差异较大^[23-24];也有研究认为,垩白

对稻米食味没有影响^[25-26]。目前,关于透明度对稻米食味品质的影响研究较少。因此,本文选择了长宽比、胶稠度、碱消值、直链淀粉含量和蛋白质含量 5 个指标作为评价指标,并研究它们对食味品质的影响。

2.1.2 各评价指标无量纲化处理

依据上述的已有研究成果,将碱消值、胶稠度、直链淀粉含量、蛋白质含量和粒型进行分类,其中,碱消值、胶稠度指标的值越大越好属于正向指标,而蛋白质含量、直链淀粉含量和长宽比等指标在某一范围内最适合,为固定性指标,并根据国家标准 GB 1354-2009《大米》^[27]和农业行业标准 NY/T 594-2013《食用粳米》^[28]、NY/T 595-2013《食用籼米》^[29]中优质大米和一级大米质量等级要求设定蛋白质含量合适值为 2.0%,直链淀粉含量合适值为 15.5%,长宽比依据不同的品系设定合适值:粳稻米 1.78,籼稻米 3.20。然后按照公式(1)对两类指标进行无量纲化处理,将值约束在[0,1]范围内,值越接近 1 表明性状越好^[9,11]。各参试样品评价指标平均值及转化结果见表 1 和表 2。

$$r_{ij}' = \begin{cases} \frac{r_{ij}}{\max r_{ij}} & \text{正向指标处理} \\ \frac{r_0}{|r_{ij}-r_0|+r_0} & \text{固定性指标处理} \end{cases} \quad (1)$$



注:图中 1~5 分别表示碱消值、胶稠度、长宽比、直链淀粉含量和蛋白质含量。

图 1 10 个参试样品综合评价雷达图

其中, r_{ij} 为评价指标数值, r_0 为评价指标的合适值。

2.2 雷达图的绘制

在雷达图分析方法中,有 m 个评价指标,则在雷达图中绘制 m 条数轴,而数轴与数轴之间的夹角则根据各个指标的权重来计算。具体步骤:首先通过变异系数法^[30-31](见公式(2)、(3))来确定各个指标的权重(碱消值 0.181,胶稠度 0.322,长宽比 0.063,直链淀粉含量 0.239,蛋白质含量 0.195),再通过公式(4)将权重转化为角度,然后将无量纲化处理数据投影在对应的评价指标数轴上连线形成雷达图,对其直接评价。通过 Excel 2013 绘制各参试样品的雷达图,结果如图 1。从图 1 可以看出,各参试样品的蛋白质性状表现都较差;连梗 7 号、长白 9 号和川丰 2 号除蛋白质指标外,其他指标都较好;南梗 9108 和淦鑫 203 的直链淀粉性状指标表现一般;新稻 18 号、鄂晚 17、德优 16 号、湘早籼

45 和 Y 两优 1 号蛋白质和胶稠度性状都较差。

$$C_i = \frac{D}{x_i} \quad (2)$$

$$W_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (3)$$

$$\theta_i = 360W_i \quad (4)$$

其中, D 为第 i 个评价指标特征值的均方差, \bar{x}_i 为第 i 评价指标特征值的均值, C_i 为第 i 评价指标特征值的变异系数, θ_i 为夹角角度, W_i 为权重。绘图时,相邻两条数轴 X_i 、 X_j 的夹角为 θ_{ij} , $\theta_{ij} = \theta_i$, $\sum \theta_{ij} = 360^\circ$ 。

2.3 雷达图的综合评价

为了全面反应参试样品的综合水平及各个评价指标间的协调性,选取雷达图的面积 S 和周长 L 作为特征向量,构建一个综合评价函数进行评价。但在绘制雷达图时,会因指标的排列顺序不同,其性状、周长、面积也随之变化,导致评价结果也会出现相应的变化,而平均周长和平均面积是固定不变的^[9]。故采取雷达图的平均周长和平均面积作为特征向量构建评价函数,对参试样品进行综合评价。

2.3.1 特征量的计算

由 m 个评价指标形成的雷达图中,其面积有 m 个三角形构成,而三角形的两条边是由 m 条数轴中任意两条组成,其中两条数轴的夹角由各个评价指标的权重计算得到。根据公式(5)、(6)计算得出各参试样品雷达图的平均面积和平均周长,

$$\bar{S}_x = \frac{m \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m r_i r_j \sin \theta_{ij}}{C_m^2} \quad (5)$$

$$\bar{L}_x = \frac{m \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m \sqrt{r_i^2 r_j^2 - 2r_i r_j \cos \theta_{ij}}}{C_m^2} \quad (6)$$

其中, \bar{S}_x 为雷达图的平均面积, \bar{L}_x 为雷达图的平均周长, x 为参试样品, m 为评价指标数, r 为数轴形成的边, i, j 为综合评价指标中第 i, j 个指标, θ 为两条边的夹角。

2.3.2 评价函数构建及评价

根据平均面积和平均周长构造评价向量 \bar{V}_x , 见公式(7),其中平均面积 \bar{S}_x 越大表示品种综合性状越好,反之则较差。 \bar{V}_x 表示评价样品雷达图的平均面积与等同于评价样品雷达图周长的圆面积的比值,反映性状均衡性,其值越大表示性状均衡性越好,反之则较差。评价函数 Y 见公式(8),由此求得各参试样品结果(表

表 3 各参试样品综合评价结果

类型	品种名称	产地	\bar{S}_x	\bar{L}_x	\bar{V}_x	Y	排序	食味评价	食味值
粳米	新稻 18 号	河南	1.2097	5.0620	0.7081	0.8415	4	4	80
	连梗 7 号	江苏	1.2661	5.2010	0.7349	0.8573	2	1	85
	南梗 9108	江苏	1.1365	4.8952	0.6684	0.8176	5	5	77
	鄂晚 17	湖北	1.2216	5.0443	0.7272	0.8528	3	3	81
	长白 9 号	吉林	1.2893	5.1853	0.7666	0.8756	1	2	83
籼米	淦鑫 203	江西	0.9677	4.5856	0.5522	0.7431	5	4	77
	川丰 2 号	重庆	1.2646	5.1113	0.7591	0.8713	1	1	85
	德优 16 号	云南	1.1424	4.8326	0.6930	0.8325	2	3	81
	湘早籼 45	湖南	1.1462	4.9285	0.6707	0.8189	3	2	82
	Y 两优 1 号	广西	1.0168	4.6110	0.6030	0.7765	4	5	75

3)。

$$\bar{V}_x = \frac{\bar{S}_x}{\pi(\bar{L}_x/2\pi)^2} \tag{7}$$

$$Y = \sqrt{\bar{S}_x \times \bar{V}_x} \tag{8}$$

从表 3 可以看出,通过综合评价函数得到的各参试样品的综合评价结果排序为:粳稻中,长白 9 号>连梗 7 号>鄂晚 17>新稻 18 号>南梗 9108;籼稻中,川丰 2 号>湘早籼 45 号>德优 16 号>淦鑫 203>Y 两优 1 号。长白 9 号和川丰 2 号的 \bar{S}_x 和 \bar{V}_x 都较大,说明其综合性状较为突出,性状协调性也较好。利用雷达图构建的评价模型排序与食味感官评价结果基本一致。据此,在以后的实际应用中,我们可以以多个已知食味值及理化指标的稻米样品作为参比样,采用建立雷达图的分析方法,计算未知稻米样品的食味值区间,实现快速、简单的初步预测稻米食味值。

3 结论与讨论

稻米食味品质是指米饭的外观、气味、味道、粘性和硬度等综合特性。本文研究了雷达图分析法在稻米食味品质评价中的应用。通过稻米样品的 5 个特征指标构建雷达图,其平均面积、平均周长可综合评价样品的食味特征,评价结果可较好反映出稻米食味感官品质。

本研究以胶稠度、碱消值、粒型、直链淀粉含量和蛋白质含量 5 个性状指标构建的雷达图评价模型结果表明,10 个参试样品的蛋白质性状表现都较差,这可能是选取的蛋白质指标合适值有关,需要进一步优化;连梗 7 号、长白 9 号和川丰 2 号除蛋白质指标外,其他指标都较好;10 个供试样品评价结果排序与食味感官评价结果基本一致。据此,在以后的实际应用中,我们可以利用计算机软件编程简化计算方法,以多个已知

食味值及理化指标的稻米样品作为参比样,并以此参比样计算出的权重值为预测模型的权重值,采用建立雷达图的分析方法,计算未知稻米样品的食味值,实现快速、简单的初步预测稻米食味值。并且从雷达图可以看出该样品的性状优良情况,为育种家提供参考。

本试验还表明,该研究以稻米品质 5 项理化指标为评价指标,通过变异系数法确定各指标的权重,建立基于雷达图分析方法来判定稻米食味感官品质,其结果更具有客观性。要提高评价的准确度,增加方法的通用性,还需对稻米品质特征参数的选取及处理计算进行优化。

参考文献

[1] 张亚东,陈涛,赵庆勇,等. 稻米食味品质评价方法的建立与应用[J]. 江苏农业科学,2011,39(5):350-352.

[2] 陈能,罗玉坤,朱智伟,等. 优质食用稻米品质的理化指标与食味的相关性研究[J]. 中国水稻科学,1997,11(2):70-76.

[3] 周显青,王雪峰,张玉荣,等. 米饭食味品质评价技术进展[J]. 粮油食品科技,2013,21(1):56-61.

[4] 程爱华,李霞辉,姚鑫森,等. 粳稻米饭图像解析与感官分析的相关性[J]. 粮油食品科技,2006,14(4):25-27.

[5] 沈鹏,金正勋,罗秋香,等. 水稻灌浆过程中籽粒淀粉合成关键酶活性与蒸煮食味品质的关系[J]. 中国水稻科学,2006,20(1):58-64.

[6] 陈能,杨仕华,谢丽虹,等. 我国籼稻产区多点间稻米食味评价的比较[J]. 中国水稻科学,2011,25(4):413-419.

[7] 赵妮,刘爱疆,李瑞. 雷达图分析法在测井解释中的应用[J]. 物探与化探,2013,37(3):524-528.

[8] 魏春阳,王信民,蔡宪杰,等. 基于雷达图的烤烟外观质量综合评价[J]. 烟草科技,2008(12):57-60.

[9] 刘魁,王元英,罗成刚,等. 雷达图分析法在烤烟品种试验中的应用[J]. 中国烟草科学,2010,31(6):64-67.

[10] 吴成春,张莹元,徐磊. 基于雷达图特征量提取的卷烟感官质量综合评价[J]. 烟草科技,2013(6):10-13.

[11] 邓禄军,夏锦辉,卢杨,等. 雷达图分析法在马铃薯品种特征综合评价中的应用[J]. 贵州农业科学,2013,41(7):59-62.

[12] NY/T 147-1988. 米质测定方法[S]. 北京:中国标准出版社,1988.

[13] NY/T 2334-2013. 稻米整精米率、粒型、垩白粒率、垩白度及透明度的测定[S]. 北京:中国农业出版社,2014.

[14] GB/T 15682-2008. 粮油检验 稻谷、大米蒸煮食用品质感官评价方法[S]. 北京:中国标准出版社,2009.

[15] 王志东,赖穗春,李宏,等. 稻米食味品质评价方法的研究进展与展望[J]. 广东农业科学,2011,38(13):18-20.

[16] 吴关庭,李旭晨. 稻米食味的研究与改良 [J]. 中国农学通报, 2000,16(6):21-24.

[17] 刘宜柏,黄英金. 稻米食味品质的相关性研究[J].江西农业大学学报,1989,11(4):1-5.

[18] 蔡一霞,朱智伟,王维,等. 直链淀粉含量与稻米品质主要性状及米饭质地关系的研究 [J]. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2005,26(4):52-55.

[19] 张大鹏,吴建国,石春海,等. 稻米糊化温度 DSC 试验条件的优化及相关分析[J]. 中国粮油学报,2011,26(11):1-4.

[20] 杨昆,陈虹,蒲仕磊,等. 氢氧化钾浓度和温度对水稻碱消值测量的影响[J]. 云南农业大学学报,2013,28(5):613-618.

[21] 施利利,张欣,丁得亮,等. 稻米理化特性与食味品质的相关性研究[J]. 种子,2010,29(11):82-84.

[22] 张启莉,谢黎虹,力仕贵,等. 稻米蛋白质与蒸煮食味品质的关系研究进展[J]. 中国稻米,2012,18(4):1-6.

[23] 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[J]. 作物学报,2002,28(3):363-368.

[24] 刘奇华,蔡健,刘敏,等. 两个籼稻品种垩白对稻米蒸煮食味与营养品质的影响[J]. 中国水稻科学,2007,21(3):327-330.

[25] 汤述翥,孙叶,江宇飞,等. 垩白对粳米蒸煮食味品质的影响[J]. 江苏农业科学,2003(4):4-5.

[26] 张亚东,朱镇,赵凌,等. 稻米垩白性状与食味值的相关性分析 [J]. 江苏农业科学,2006(2):25-26.

[27] GB 1354-2009. 大米[S]. 北京:中国标准出版社,2010.

[28] NY/T 594-2013. 食用粳米[S]. 北京:中国农业出版社,2014.

[29] NY/T 595-2013. 食用籼米[S]. 北京:中国农业出版社,2014.

[30] 张小泓. 基于变异系数法的灰色关联模型在节水灌溉工程投标方案优选中的应用[J]. 节水灌溉,2009(8):54-56.

[31] 门宝辉,梁川. TOPSIS 法在农业综合生产力评价中的应用[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2003,31(3):159-161.

Study on Rice Sensory Quality Evaluation Based on Radar Chart Analysis Method

FANG Changyun, HU Xianqiao, SHAO Yafang, HU Zhanqiang, LU Lin, DUAN Binwu
(China national Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China)

Abstract: A new method for rice sensory quality assessment was developed by using radar chart analysis method in this paper. Gel consistency, alkali spreading value, aspect ratio, amylose content and protein content were selected as evaluating indicators in the radar chart analysis due to their relatively important influence on rice sensory quality. The radar chart was drawn with the five evaluating indicators after dimensionless processed. In order to eliminate the differences caused by the arrangement of evaluating indicators, average area and average perimeter of radar map were chosen as the feature vectors for constructing final evaluation function. The developed method was applied to assess sensory quality of 10 rice samples and compared to traditional sensory evaluation. The sensory quality ranking obtained with developed method was consistent with the traditional sensory evaluation, which indicated that the developed method is a useful method for preliminary assessment of rice sensory quality.

Key words: rice; radar chart; rice sensory quality; evaluating indicators; comprehensive evaluation

·—————·
·综合信息·

云南省 2016 年审定通过的水稻新品种(下)

审定编号 (滇审稻)	品种名称	类型	选育单位	品种来源	全生育期 (d)	区试产量 (kg/667m ²)	生试产量 (kg/667m ²)
2016010 号	楚稻 2 号	粳型常规稻	云南金瑞种业有限公司楚雄分公司	合系 39 号 / 楚恢 12 号	173.5	737.10	673.80
2016011 号	陆育 4 号	粳型常规稻	云南省陆良县农业技术推广中心	96Y-27/ 银光 // 陆育 1 号	177.9	734.80	
2016012 号	思陆选 14	常规旱稻	云南省普洱市农业科学研究所、澜沧县 农业技术推广中心	IRAT216/ 紫谷 -7-3	150.3	203.10	128.50
2016013 号	云陆 142	粳型常规旱稻	云南省农业科学院粮食作物研究所、云 南省砚山县农业和科学技术局	云稻 1 号 /Acc.104613// 云 稻 1 号 /// 云稻 1 号	144.2	236.30	82.50
2016014 号	滇禾优 6611	粳型三系杂交稻	云南农业大学稻作研究所、云南禾朴农 业科技有限公司	榆密 15A × 南 6611	172.0	723.75	664.46
2016015 号	滇禾优 6612	粳型三系杂交稻	云南农业大学稻作研究所、云南禾朴农 业科技有限公司	榆密 15A × 南 6612	160.0	717.30	673.50
2016016 号	中浙优 10 号	籼型三系杂交稻	中国水稻研究所、浙江省勿忘农种业股 份有限公司	中浙 A × 06 制 7-10	164.0	705.63	678.77
2016017 号	泸优 0627	籼型三系杂交稻	四川省农业科学院水稻高粱研究所	系泸 206A × 成恢 727	160.0	716.05	696.90
2016018 号	宜优 5118	籼型三系杂交稻	云南红穗农业科技有限公司	宜 1A × 洪恢 5118	155.0	688.62	690.55

(中稻宣)