

# 粳稻重组自交系的品质性状分析

贾旭东<sup>1</sup>, 陈虎<sup>1</sup>, 李永杰<sup>2</sup>, 刘建<sup>1</sup>, 赵飞<sup>1\*</sup>

(1. 天津农学院农学与资源环境学院, 天津 300380; 2. 天津农垦渤海农业集团有限公司, 天津 300000)

**摘要** 以粳稻重组自交系为研究材料, 对其糙米率、精米率、整精米率、垩白粒率、垩白度、白度、直链淀粉含量、蛋白质含量等品质性状进行了分析。结果表明, 各品质性状都在重组自交系群体中都呈连续变异, 且存在双向超亲分离现象。对品质性状进行相关性分析, 结果显示在碾磨品质性状中, 糙米率与精米率、整精米率呈显著正相关; 外观品质性状中, 白度与垩白粒率、垩白度、长宽比, 垩白度与垩白粒率呈极显著正相关; 长宽比与垩白粒率、垩白度呈极显著负相关; 食味品质性状中, 蛋白质含量与脂肪酸值, 直链淀粉含量与蛋白质含量、脂肪酸值呈极显著正相关。此外, 粳稻其他不同品质性状之间也存在不同程度的相关性。

**关键词** 粳稻; 重组自交系; 碾磨品质; 外观品质; 营养品质

中图分类号 S511.2<sup>+</sup>2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)10-0029-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.10.007



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Analysis of Quality Characters of Japonica Rice Recombination Inbred Lines

JIA Xu-dong<sup>1</sup>, CHEN Hu<sup>1</sup>, LI Yong-jie<sup>2</sup> et al (1. College of Agronomy & Resources and Environment, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300380; 2. Tianjin Agricultural Reclamation Bohai Agricultural Group Co., Ltd., Tianjin 300000)

**Abstract** The quality traits of brown rice percentage, head rice percentage, head rice percentage, chalky grain percentage, chalkiness, whiteness, amylose content and protein content of Japonica rice recombinant inbred line were analyzed. Results showed that the quality traits showed continuous variation in the recombinant inbred line population, and there was bidirectional hyperparental separation. The correlation analysis of quality traits showed that the brown rice rate had a significant positive correlation with milled rice rate and head rice rate. Among appearance and quality traits, whiteness was positively correlated with chalky grain percentage, chalky degree, length to width ratio, chalky degree and chalky grain percentage. The ratio of length to width was negatively correlated with chalky grain percentage and chalky degree. There was a significant positive correlation between protein content and fatty acid value, amylose content and protein content, fatty acid value. In addition, there were correlations among other quality traits of japonica rice.

**Key words** Japonica rice; Recombinant inbred lines; Processing quality; Appearance quality; Nutritional quality

稻米是我国人民的主食, 全世界也有 50% 左右的人以稻米为食<sup>[1]</sup>。在过去相当长的时间, 为了解决温饱问题, 我国水稻生产和研究片面强调高产, 对品质有所忽视。直到 20 世纪 80 年代左右, 我国才较为系统地开展稻米品质育种以及品质分析研究, 其中碾磨品质、蒸煮食味品质、外观品质、营养品质关注较多。随着生活水平的提高, 人们开始追求从吃饱到吃好方向转变, 稻米的食味品质被人们广泛关注。粳稻在我国主要作为人们的口粮进行消费, 种植面积也在进一步扩大。因此, 提高粳稻的食味品质已经成为品种改良的一个重要方向。鉴于此, 笔者以粳稻重组自交系为材料, 对亲本及群体的品质性状进行分析, 以期选育品质优良的粳稻新品系提供参考。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 该研究以粳稻品种辽星 1 号与粳稻品系 GY4 为亲本构建的重组自交系(RIL)群体为研究材料。

**1.2 试验方法** 试验在天津西青区王稳庄国家粳稻工程技术研究中心进行, 试验设立 215 个小区种植 213 个 RIL 群体及亲本, 每个小区 4 行, 行长 1.2 m, 行距 0.3 m, 小区面积 1.44 m<sup>2</sup>, 整个生育期各个小区管理一致。待水稻成熟期, 每个小区收获 2 行, 适当晾晒后使用脱粒机脱粒, 每脱粒一个样品, 清理脱粒机。得到脱粒样品后, 去除残留枝梗、空瘪

粒、沙石等, 称重, 记录数据。使用糙米机碾磨稻谷, 得到糙米, 称重之后算出糙米率。使用 SATAKA 食味分析仪, 测定糙米的蛋白质含量、直链淀粉含量以及脂肪酸值; 使用精米机碾磨糙米, 得到精米, 称重之后算出精米率; 使用 SATAKA 食味分析仪, 测定精米的蛋白质含量和直链淀粉含量; 使用 SATAKA 外观品质分析, 测定精米粒型、整精米率、垩白粒率、垩白度、白度值等外观品质。

**1.3 数据处理** 采用 Excel 和 SPSS 25.0 进行分析数据。

## 2 结果与分析

**2.1 亲本及 RIL 群体的品质性状表现** 由表 1、2 和图 1 可知, RIL 群体的品质性状糙米率、精米率、整精米率、直链淀粉含量、蛋白质含量、脂肪酸值、垩白粒率、垩白度、长宽比、白度值基本上表现出连续分布现象。

图 1 中横坐标表示各个性状表型值的区间范围, 纵坐标表示区间范围内的株系数占群体的百分比, 2 个亲本(辽星 1 号和 GY4)的性状表型值也在图中标出。2 个亲本的糙米率分别为 79.11% 和 77.58%, 群体平均数为 79.55%, 变异范围为 73.78%~85.57%, 属于双向超亲, 但是变异系数很小。2 个亲本的精米率分别为 71.67% 和 66.84%, 群体的变异系数也很小, 变异范围为 48.28%~73.78%。2 个亲本的整精米率分别为 82.80% 和 76.70%, 群体最小值为 16.00%, 最大值为 91.00%, 极差很大。2 个亲本的直链淀粉含量、蛋白质含量、脂肪酸值差别不大, RIL 群体后代呈单峰分布, 峰值在亲本之间, 但群体的变异范围很大, 出现了明显的超亲现象, 群体直链淀粉含量最低为 20.0%, 蛋白质含量最低为 7.5%。2 个

**基金项目** 小站稻绿色高效栽培技术的研究应用(21YFNSN00100)。  
**作者简介** 贾旭东(1997—), 男, 河南驻马店人, 硕士研究生, 研究方向: 水稻育种工作。\* 通信作者, 高级农艺师, 博士, 从事水稻育种及栽培研究工作。  
**收稿日期** 2022-07-17

亲本的垩白粒率分别为 0.4% 和 0, 垩白度为 0.1% 和 0, RIL 群体后代的垩白粒率和垩白度平均值分别为 3.9% 和 1.0%, 明显高于亲本的株系很少。2 个亲本的粒型差别也不大, 都属

于长粒型, 但是群体却出现了部分偏圆粒株系。2 个亲本的白度值分别为 30.8 和 33.9, 群体平均值为 35.0, 变异范围为 28.2~39.0。

表 1 亲本群体的品质性状的比较分析

Table 1 Comparative analysis of quality traits of the parent population

亲本 Parents	糙米率 Brown rice rate//%	精米率 Milled rice ratio//%	整精米率 Head rice rate//%	直链淀粉 含量 Amylose content//	蛋白质含量 Protein content %	脂肪酸值 Fatty acid value mg/kg	垩白粒率 Chalky grain percentage	垩白度 Chalkiness degree %	长宽比 Length- width ratio	白度值 Whiteness degree
辽星 1 号 Liaoxing 1	79.11	71.67	82.80	22.8	10.0	230.00	0.4	0.1	2.10	30.8
GY4	77.58	66.84	76.70	21.9	9.6	243.00	0	0	2.30	33.9

表 2 RIL 群体的品质性状的比较分析

Table 2 Comparative analysis of quality traits of RIL population

项目 Item	糙米率 Brown rice rate//%	精米率 Milled rice ratio//%	整精米率 Head rice rate//%	直链淀粉 含量 Amylose content//	蛋白质含量 Protein content %	脂肪酸值 Fatty acid value mg/kg	垩白粒率 Chalky grain percentage	垩白度 Chalkiness degree %	长宽比 Length- width ratio	白度值 Whiteness degree
均值±标准差 Mean±standard deviation	79.55±1.40	67.20±3.26	64.26±16.38	22.1±1.1	9.9±1.2	22.26±1.99	3.9±4.0	1.0±1.1	2.30±0.19	35.0±1.6
变异范围 Range of variation	73.78~85.57	48.28~73.78	16.00~91.00	20.0~26.2	7.5~13.0	17.60~30.00	0~19.3	0~5.4	1.70~2.80	28.2~39.0
偏度 skewness	-0.366	-1.673	-0.634	0.888	0.406	0.699	1.822	2.034	0.05	-0.913
峰度 Peakness	2.969	6.099	-0.198	0.982	-0.321	0.991	3.07	4.155	0.088	2.353
变异系数 Variable coefficient	0.02	0.05	0.25	0.05	0.12	0.09	1.02	1.09	0.08	0.04

从以上分析可以看出, RIL 群体后代的精米率多位于 2 个亲本之间, 整精米率大部分都低于 2 个亲本, 因此通过杂交分离而选择精米率和整精米率更高的品系比较困难。而 RIL 群体后代的糙米率大部分高于 2 个亲本, 可以选择出糙米率更高的品系。RIL 群体蛋白质含量低于 2 个亲本的株系占比很大, 因此可以选择出蛋白质含量更低的品系, 从而提高食味值。

**2.2 粳稻品质性状的相关性分析** 对粳稻 RIL 群体的糙米率、精米率、直链淀粉含量、蛋白质含量、脂肪酸值等 10 项品质指标进行相关性分析, 结果如表 3。

由表 3 可知, 碾磨品质性状中, 精米率与糙米率、整精米率呈极显著正相关 ( $P<0.01$ ), 糙米率与整精米率呈显著正相关 ( $P<0.05$ )。

外观品质性状中, 白度值与垩白粒率、垩白度、长宽比呈极显著正相关; 长宽比与直链淀粉含量、蛋白质含量、垩白粒率、垩白度呈极显著负相关; 垩白度与垩白粒率呈极显著正相关。

食味品质性状中, 蛋白质含量与脂肪酸值呈极显著正相关; 直链淀粉含量与蛋白质含量、脂肪酸值呈极显著正相关。

除此之外, 碾磨品质、外观品质和食味品质之间也存在不同程度的相关性。精米率与直链淀粉含量、蛋白质含量、脂肪酸值、白度值、垩白度、垩白粒率呈极显著负相关; 糙米率与直链淀粉含量、蛋白质含量、脂肪酸值、垩白度、垩白粒率呈极显著负相关, 与白度值呈显著负相关; 整精米率与白度值、垩白度、垩白粒率呈极显著负相关, 与长宽比呈极显著正相关。直链淀粉含量与长宽比、白度值呈极显著负相关,

与垩白度、垩白粒率呈显著负相关; 蛋白质含量与垩白度、长宽比、白度值呈极显著负相关, 与垩白粒率呈显著负相关; 脂肪酸值与白度值呈极显著负相关; 长宽比与垩白粒率、垩白度呈极显著负相关。

### 3 结论与讨论

该研究对 213 份粳稻品系构成的重组自交系进行品质性状分析, 综合分析可得到以下结论: 对于外观品质来说, 垩白度平均值为 0.97%, 小于国标规定的粳稻品质标准 2.0%。但是从极端值来看, 垩白度为 0~5.4%, 存在很大的差异, 垩白度、垩白粒率的变异系数达到了 1.09 和 1.02, 这都表明该自交系是分析外观品质的良好材料。从相关性分析来看, 垩白粒率与粳稻的外观品质有着很大的关联, 当垩白粒率升高时, 整精米率显著下降; 垩白粒率与长宽比呈现极显著负相关, 说明若要提高外观品质, 应注意在长粒品系中进行选择。对于营养品质和食味品质来说, 直链淀粉含量和蛋白质含量的均值分别为 22.09% 和 9.86%, 属于粳稻的平均水平, 且变异系数较小, 变异程度较低。相关研究表明, 蛋白质含量与食味值呈极显著负相关<sup>[2-3]</sup>, 且蛋白质含量低于 9.00% 的稻米食味较好<sup>[4]</sup>, 因此在选育优质稻米时一定要注意蛋白质的含量, 同时兼顾直链淀粉含量, 同时对垩白粒率和垩白度等商品品质进行选择。该 RIL 群体有 62 个株系蛋白质含量低于 9.0%, 可对其进行进一步的理化性质分析, 并结合上述条件进行选择。

该重组自交系的 10 个品质性状之间存在不同程度的相关性, 可根据其相关特点对优质品系进行选择 and 改良。相关性分析显示, 整精米率与垩白粒率和垩白度呈极显著负相

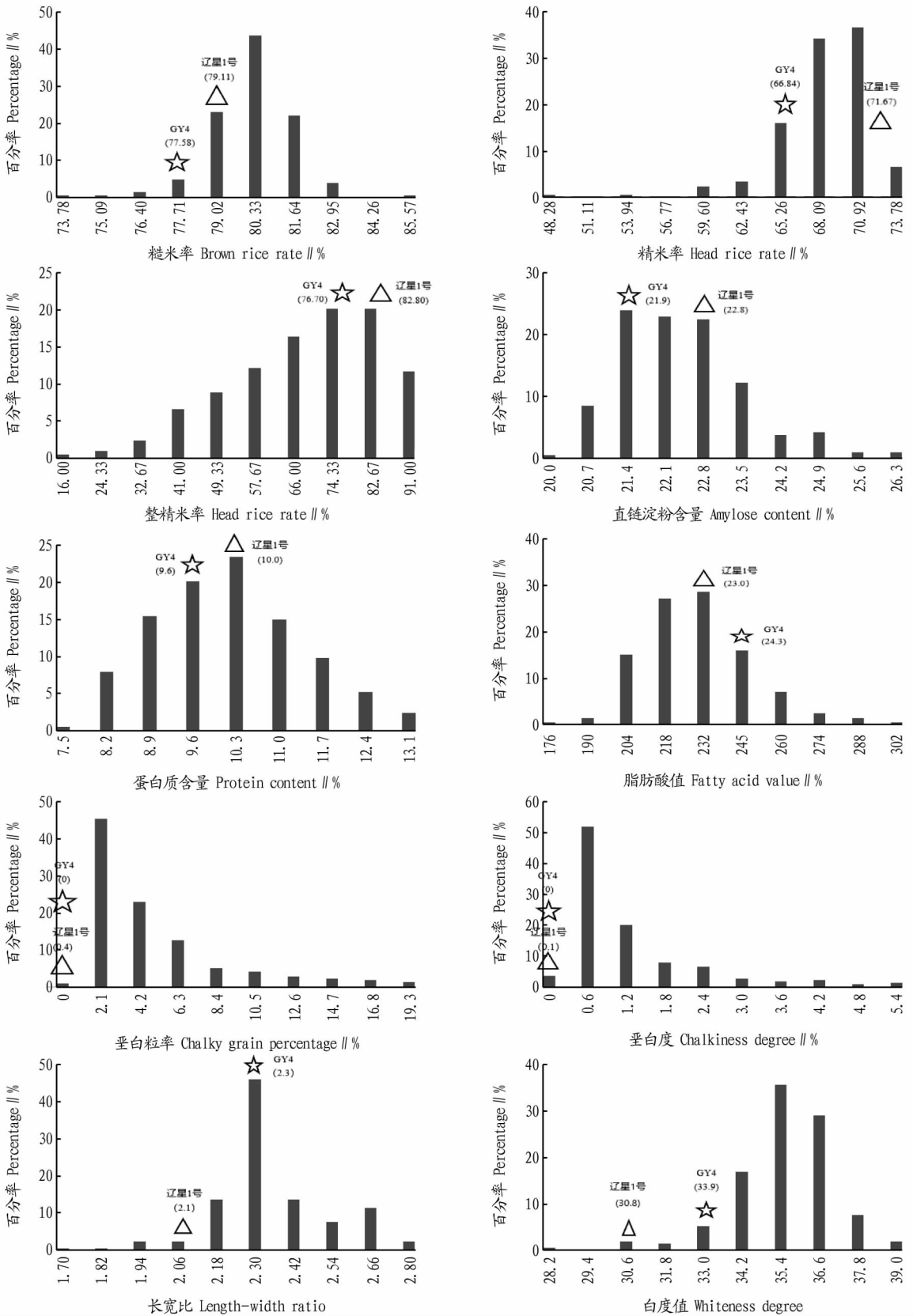


图1 亲本及 RIL 群体品质性状表现

Fig.1 Quality character expression of parents and RIL population

关,这与阙补超等<sup>[5]</sup>的研究结果相同,说明降低垩白粒率就会提高整精米率,因此在栽培过程中,要注意减少氮肥的施用,降低稻米的垩白粒率,从而改善产品外观,提高经济效

益。研究表明,蛋白质含量是衡量稻米品质的重要指标,蛋白质含量越低,稻米食味越好<sup>[6-7]</sup>。相关性分析显示,蛋白质含量与长宽比呈极显著负相关,这与徐正进等<sup>[2,8]</sup>的研究结

果不同,他们认为长宽比与蛋白质含量呈显著正相关。在该批材料的选择过程中,应多选育长粒型的粳稻。脂肪酸值与

糙米率和精米率呈极显著负相关,说明脂肪酸的积累不利于稻米外观品质的提升。

表3 粳稻重组自交系品质相关性分析

Table 3 Correlation analysis of the quality of recombinant Japonica rice inbred lines

性状 Characters	糙米率 Brown rice rate	精米率 Milled rice ratio	整精米率 Head rice rate	直链淀粉 含量 Amylose content	蛋白质 含量 Protein content	脂肪酸值 Fatty acid value	垩白粒率 Chalky grain percentage	垩白度 Chalkiness degree	长宽比 Length- width ratio
精米率 Milled rice ratio	0.719**								
整精米率 Head rice rate	0.146*	0.445**							
直链淀粉含量 Amylose content	-0.366**	-0.206**	-0.132						
蛋白质含量 Protein content	-0.369**	-0.185**	-0.101	0.964**					
脂肪酸值 Fatty acid value	-0.372**	-0.366**	-0.037	0.686**	0.620**				
垩白粒率 Chalky grain percentage	-0.218**	-0.414**	-0.419**	-0.135*	-0.175*	0.036			
垩白度 Chalkiness degree	-0.190**	-0.388**	-0.391**	-0.149*	-0.191**	0.036	0.984**		
长宽比 Length-width ratio	-0.020	-0.010	0.197**	-0.293**	-0.240**	-0.170*	-0.307**	-0.284**	
白度值 Whiteness degree	-0.161*	-0.398**	-0.280**	-0.532**	-0.463**	-0.341**	0.504**	0.491**	0.183**

注: \*表示在 0.05 水平显著相关; \*\*表示在 0.01 水平极显著相关。

Note: \* indicated significant correlation at 0.05 level; \*\* indicated extremely significant correlation at 0.01 level.

稻米品质大多为数量性状,受到遗传基础和环境的影响较大,筛选品质较好的粳稻品系不能仅仅通过表型数据,还需要进行理化性质的分析。虽然稻米的外观品质、营养品质以及食味值都可以通过仪器进行测定<sup>[9]</sup>,但是其结果只能作为一个参考,通过食味品尝试验得到的食味结果才最有效、可靠<sup>[10]</sup>,因此对品质优良的品系,还要进行后续的人工品尝试验。

#### 参考文献

- [1] 王彤,阙补超,夏明,等.水稻产量和品质的研究进展[J].北方水稻,2017,47(2):51-55.
- [2] 徐正进,陈温福,马殿荣,等.稻谷粒形与稻米主要品质性状的关系[J].作物学报,2004,30(9):894-900.

- [3] 赵飞,刘建,曹高焱,等.水稻品质育种与优质化栽培问题的探讨[J].杂交水稻,2022,37(2):1-6.
- [4] 王忠,顾蕴洁,陈刚,等.稻米的品质和影响因素[J].分子植物育种,2003,1(2):231-241.
- [5] 阙补超,唐亮,刘中卓.辽宁省优质粳稻新品系的品质分析[J].北方水稻,2019,49(2):17-20.
- [6] 曲红岩,张欣,施利利,等.水稻食味品质主要影响因子分析[J].江苏农业科学,2017,45(6):172-175.
- [7] 马鹏,陶诗顺,吴霞,等.四川盆地不同水稻品种稻米品质分析鉴定[J].安徽农业科学,2014,42(28):9936-9937,9941.
- [8] 潘国庆,陈新红,张安存,等.粳稻粒型与稻米品质相关关系的研究[J].安徽农业科学,2010,38(8):3957-3959.
- [9] 刘建,张欣,崔晶,等.水稻品质分析仪在食味育种中的应用研究[J].种子,2013,32(10):15-20,24.
- [10] 刘建,谷守贤,崔晶.北方杂交粳稻的食味品质与其亲本的相关性研究[J].杂交水稻,2018,33(1):50-54.

(上接第 28 页)

高温期,覆毯处理保持了地温低于 30 ℃,更有利于于子孙芋的膨大生长。

综上所述,覆膜处理利于芋头早期生长,覆毯处理对于芋头中后期尤其是芋头膨大时期,避免地温的较大幅度波动,从而更有利于植株及地下部生长,有利于芋头高产。因此,保温毯用于芋头覆盖且与地膜配合使用,效果最佳。

#### 4 结论

对于香堂芋来说,早期(6月前)大棚覆膜处理生长势要高于覆毯处理,但露地覆毯处理在7月之后生长势增加较快,明显高于覆膜处理。大棚芋头种植早期可通过覆地膜增温,促进芋苗早发,8叶期(6月之后)通过覆毯可避免随着气温增高导致气温波动太大,尤其是升温太高不利于植株生长。生产上需注意铁和钙元素的补充,尤其是要多施氮肥,同时减少磷和钾肥的用量。

#### 参考文献

- [1] 马兴华.如皋香堂芋大棚长季高产栽培管理[J].特种经济动植物,2018,21(12):38-39.
- [2] 侯彩兰,徐正东,宋小艳,等.靖江香沙芋钾肥用量试验初探[J].上海农

业科技,2014(3):118,120.

- [3] 宋春风,徐坤,氮钾肥施对芋头产量和品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2004,10(2):167-170.
- [4] 殷剑美,韩晓勇,张培通,等.靖江香沙芋生长发育的动态特征[J].江苏农业科学,2013,41(11):154-156.
- [5] 申民,李,李建刚,吴东乾,等.施肥模式对靖江香沙芋生长和产量的影响[J].安徽农业科学,2017,45(4):25-27,31.
- [6] 江解增.多子芋大棚春提早覆盖稻麦秸秆栽培技术[J].农家致富,2022(3):24.
- [7] 卜玉山,苗果园,邵海林,等.对地膜和秸秆覆盖玉米生长发育与产量的分析[J].作物学报,2006,32(7):1090-1093.
- [8] 赵爱琴,魏秀菊,朱明.基于 Meta-analysis 的中国马铃薯地膜覆盖产量效应分析[J].农业工程学报,2015,31(24):1-7.
- [9] 殷剑美,张培通,吴东乾,等.黑地膜覆盖对芋头生长发育动态及产量效应分析[J].浙江农业科学,2015,56(11):1842-1844,1850.
- [10] 曾晓萍,王立,马金骏,等.不同类型全生物降解地膜对芋头产量和土壤环境的影响[J].中国蔬菜,2022(2):88-94.
- [11] 田寿乐,孙晓莉,沈广宁.不同覆盖物对山地板栗园土壤性状及幼苗生长的影响[J].山东农业科学,2017,49(11):37-44.
- [12] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000:56-58.
- [13] COOK H F, VALDES G S B, LEE H C. Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under *Zea mays* L. [J]. Soil & tillage research, 2006, 91(1/2): 227-235.
- [14] 王安,常庆涛,赵艳,等.不同类型地膜对土壤温湿度、杂草抑制及芋头生长发育的影响[J].扬州大学学报(农业与生命科学版),2020,41(5):101-105,124.