

烤烟新品种(系)在商洛北部烟区的适应性研究

张诗林, 郑喆, 关泽宇, 姜亚历, 石磊, 王瑛丽, 马静, 王轲, 黄金辉*

(商洛市烟草公司洛南分公司, 陕西商洛 726100)

摘要 为筛选出适宜商洛北部烟区种植的优良烤烟品种(系), 采用小区试验的方法, 在商洛北部烟区以当地主栽品种 YN99 为主对照、K326 为副对照, 分别对 HB1709、湘烟 6 号、2329、CH02、1914、RY21、CF228、CF227 等 10 个烤烟新品种(系)的生育期、植物学性状、农艺性状、抗病性、经济性状及原烟外观质量进行综合分析评价。结果显示, 2329 的抗病性、经济效益略优于主栽品种 YN99; CH02 的生长发育状况、抗病性、上中等烟表现与 YN99 相当。因此, 建议 2329 和 CH02 在烟区进一步示范验证。

关键词 烤烟; 品种; 适应性; 农艺性状

中图分类号 S572 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)10-0028-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.10.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Adaptation Study of Flue-cured Tobaccos (Lines) in Shangluo Northern Tobacco Area

ZHANG Shi-lin, ZHENG Zhe, GUAN Ze-yu et al (Luonan Branch of Shangluo Tobacco Company, Shangluo, Shaanxi 726100)

Abstract In order to screen out the good flue-cured tobacco varieties (lines) suitable for planting in Shangluo northern tobacco area, the method of plot experiment was adopted. In the northern tobacco area of Shangluo, the local main variety YN99 was used as the main control and K326 was used as the secondary control. Comprehensive analysis and evaluation of the botanical characters, agronomic characters, disease resistance, economic characters and appearance quality was carried out for 10 new flue-cured tobacco varieties (lines), including HB1709, Xiangyan 6, 2329, CH02, 1914, RY21, CF228. Results showed that 2329 was slightly better than the main variety YN99 in the economic benefit of disease resistance. The growth and development status of CH02 was similar to that of YN99 in terms of disease resistance. Thus, it is suggested that the above two cultivars should be further demonstrated and verified in tobacco smoke area.

Key words Flue-cured tobacco; Variety; Adaptability; Agronomic characters

烟叶质量风格是不同烤烟品种在一定的生态条件、栽培技术和遗传因素下形成的, 品种是一种重要的遗传因素, 在烟叶质量风格形成中起着重要作用^[1]。烤烟品种对烟叶品质的影响仅次于生态环境^[2-3], 贡献率占 25%~35%^[4-5]。因而要提高烟叶质量, 品种是不可忽视的重要因素^[6]。同一品种在不同区域, 受不同的生态环境的影响烟叶外观及内在质量会表现出一定的差异^[7-9], 因此只有将生态条件与品种特性结合起来, 才能发挥烤烟品种的最大潜力^[10-17]。商洛烟区分为南北 2 部分, 南部以镇安烟区为主, 北部以洛南烟区为主。洛南县地处陕西省东南部, 秦岭东段南麓, 气候温和, 四季分明, 雨量充沛, 自然资源丰富, 作为天然氧吧的洛南县是环秦岭优质生态烟叶主产区之一。然而, 随着多年种植, 当地主栽品种 YN99 的特性退化, 经济效益呈下滑趋势, 且后备品种储备不足, 已经影响到产区的健康持续发展。由于引进新品种可以解决品种单一的问题^[18]。鉴于此, 笔者在洛南县开展了 10 个烤烟新品种(系)的商洛北部烟区的适应性研究, 对其植物学性状、农艺性状、抗病性、经济性状及原烟外观质量进行研究分析, 以期能筛选出适应当地种植的优良后备品种, 优化烤烟品种布局, 改变品种单一现状, 为烟叶产区高质量发展奠定基础。

1 材料与与方法

1.1 试验地概况 试验设在陕西省商洛市洛南县柏峪寺镇薛楼村(34°07'46"N, 110°19'43"E), 试验地海拔高度 890 m,

年平均气温 12℃, 年降水量 750 mm, 无霜期 ≥ 210 d, ≥ 10℃ 积温 3 453.6℃, ≥ 20℃ 持续天数 72 d。试验地平地, 肥力中上, 土壤类型为壤质土, 排灌方便, 无病害史, 交通方便, 前茬烤烟。

1.2 试验材料 试验共选用 10 个烤烟品种, 分别为 HB1709、湘烟 6 号、2329、CH02、1914、RY21、CF228、CF227、K326(CK1)、YN99(CK2)。各参试品种的亲源组合和推荐(供种)单位见表 1。

表 1 10 个参试品种的基本情况

Table 1 Basic situation of 10 tested varieties

品种(系)名称 Variety(line) name	亲源组合 Parental combination	推荐(供种)单位 Recommended unit
HB1709	(C371Gold×蓝玉 1 号)×云烟 87	湖北省烟草研究院
湘烟 6 号 Xiangyan 6	MS 湘烟 1 号×GY7	湖南省郴州市烟草局
2329	南江 3 号×秦烟 98	陕西烟草研究所
CH02	(云烟 97×G28)F3×秦烟 96	陕西烟草研究所
1914	K326×云烟 110	陕西烟草研究所
RY21	改良云烟 87(抗 PVY)	云南省烟草研究院
CF228	MS 中烟 103×T136	青州烟草研究所
CF227	MS 云烟 85×0953	青州烟草研究所
K326(CK1)	MC225×(MC30×NC95)	玉溪中烟种子 有限责任公司
YN99(CK2)	云烟 85×9147	玉溪中烟种子 有限责任公司

1.3 试验设计 采用完全随机区组设计, 设置 3 次重复。每个小区种植 4 行, 每行 25 株, 1.15 m×2.00 m, 小区总面积 61 m²。区组和小区设计按照“长形小区, 方形区组”, 同一重复内土地肥力相同, 3 个重复之间设置走道, 小区之间不设保

作者简介 张诗林(1998—), 男, 河南南阳人, 助理农艺师, 从事烤烟新品种筛选研究。* 通信作者, 农艺师, 硕士, 从事烟草栽培研究。

收稿日期 2021-07-20; **修回日期** 2021-08-25

护行。

1.4 田间管理 试验采用一段式漂浮育苗,于2019年2月29日播种,4月25日移栽,移栽行距1.15 m,株距0.53 m。施用烤烟专用肥750 kg/hm²,施饼肥600 kg/hm²,施肥氮磷钾比例为10:9:23。烟叶成熟时,分品种单独采收、编杆、标记后使用小型烤房烘烤,单独计产、分级。其余各项栽培、管理措施均按照陕西省优质烤烟栽培技术规程进行。

1.5 调查项目与方法

1.5.1 主要生育期、植物学性状及农艺性状。参考YC/T 142—2010《烟草农艺性状调查测量方法》进行。每个小区选择标记大田长势一致、有代表性的5株烟株,分别记录每株烟各生育期的日期,测量记录现蕾期烟株植物学性状(株型、叶形、叶色、茎叶角度、主脉粗细、田间整齐度、成熟特性以及苗期、团棵期和现蕾期的生长势),同时测定圆顶期烟株的农艺性状(株高、叶数、茎围、节距、腰叶长和宽)^[19]。

1.5.2 病害发生情况。参考GB/T 23222—2008《烟草病虫害

分级及调查方法》进行病虫害调查^[20]。现蕾期对烤烟马铃薯Y病毒、气候斑点病、野火病及赤星病进行调查记载。

1.5.3 经济性状及原烟外观质量。分小区单独计产,分别统计烟叶的产量、均价、级指、产值、产指、上等级烟比例和上中等烟比例。其中产量和产值由小区产量和小区产值进行折合换算,同时记载烤后烟叶原烟外观质量。

1.6 数据分析 试验采用Excel和SPSS软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同烤烟品种主要生育期比较 由表2可知,品种1914、对照K326出苗最早(3月14日),RY21最晚(3月24日);成苗期各品种差异较小,4月25日均能顺利完成移栽;品种CF227现蕾期(6月26日)、中心花开放期(7月3日)及顶叶成熟期(7月10日)均最早,CH02脚叶成熟期最早(7月9日),品种2329现蕾期、中心花开放期、脚叶成熟期、顶叶成熟期均最晚;CF227大田生育期最短(138 d),2329最长(147 d),前后相差9 d。

表2 不同烤烟品种生育期比较

Table 2 Comparison of the growth period of different flue-cured tobacco varieties

品种(系)名称 Variety (line) name	播种期 Sowing date	出苗期 Seedling emergence date	成苗期 Seedling date	移栽期 Transplanting date	现蕾期 Budding date	中心花开放期 Central flowering date	脚叶成熟期 Mature date of bottom leaf	顶叶成熟期 Mature date of top leaf	大田生育期 Field growth period//d
HB1709	02-29	03-16	04-24	04-25	06-30	07-06	07-12	09-12	140
湘烟6号 Xiangyan 6	02-29	03-16	04-22	04-25	06-28	07-05	07-12	09-13	141
2329	02-29	03-15	04-21	04-25	07-05	07-11	07-17	09-19	147
CH02	02-29	03-16	04-23	04-25	06-27	07-04	07-09	09-11	139
1914	02-29	03-14	04-20	04-25	06-30	07-07	07-12	09-14	142
RY21	02-29	03-24	04-24	04-25	07-02	07-08	07-14	09-16	144
CF227	02-29	03-23	04-24	04-25	06-26	07-03	07-10	09-10	138
CF228	02-29	03-17	04-23	04-25	06-28	07-05	07-12	09-12	140
K326(CK1)	02-29	03-14	04-20	04-25	06-27	07-04	07-11	09-11	139
YN99(CK2)	02-29	03-22	04-24	04-25	06-28	07-05	07-11	09-13	141

2.2 不同烤烟品种植物学性状比较 由表3可知,所有品种株型为塔型;CH02、1914、RY21共3个品种叶形椭圆,HB1709、湘烟6号、对照K326共3个品种叶形长椭圆,2329、CF227、CF228、对照YN99共4个品种叶形宽椭圆;所有品种叶色为绿色;所有品种茎叶角度中等;2329和对照YN99主脉较粗,HB1709、CF228、对照K326主脉较细,其他品种中

等;RY21、CF228生长整齐,其他品种较整齐;所有参试品种均为分层落黄;CF227、对照K326、2329苗期生长势中等,其余品种生长势均为强;2329、对照K326团棵期生长势中等,其余品种生长势为强;HB1709、湘烟6号、1914、对照YN99、对照K326共5个品种现蕾期生长势为中等,其余品种为强。

表3 不同烤烟品种植物学性状比较

Table 3 Comparison of the botanical characters of different flue-cured tobacco varieties

品种(系)名称 Variety (line) name	株型 Plant shape	叶形 Leaf shape	叶色 Leaf color	茎叶角度 Cauline leaf angle	主脉粗细 Main vein thickness	田间整齐度 Field uniformity	成熟特性 Mature characters	生长势 Growth vigor		
								苗期 Seedling stage	团棵期 Rosette stage	现蕾期 Budding stage
HB1709	塔型	长椭圆	绿	中等	较细	较整齐	分层落黄	强	强	中
湘烟6号 Xiangyan 6	塔型	长椭圆	绿	中等	中等	较整齐	分层落黄	强	强	中
2329	塔型	宽椭圆	绿	中等	较粗	较整齐	分层落黄	中	中	强
CH02	塔型	椭圆	绿	中等	中等	较整齐	分层落黄	强	强	强
1914	塔型	椭圆	绿	中等	中等	较整齐	分层落黄	强	强	中
RY21	塔型	椭圆	绿	中等	中等	整齐	分层落黄	强	强	强
CF227	塔型	宽椭圆	绿	中等	中等	较整齐	分层落黄	中	强	强
CF228	塔型	宽椭圆	绿	中等	较细	整齐	分层落黄	强	强	强
K326(CK1)	塔型	长椭圆	绿	中等	较细	较整齐	分层落黄	中	中	中
YN99(CK2)	塔型	宽椭圆	绿	中等	较粗	较整齐	分层落黄	强	强	中

2.3 不同烤烟品种农艺性状比较 从表 4 可以看出,参试品种中,RY21 株高为最高(162.3 cm),K326 株高最低(119.7 cm),湘烟 6 号叶数最多(24 片),对照 YN99 叶数最少(16 片),CF228 茎围最粗(10.2 cm),湘烟 6 号和对照 K326

茎围最小(7.9 cm);2329 节距最长(6.66 cm),HB1709 节距最短(4.31 cm);HB1709 腰叶最长(79.7 cm),1914 腰叶最短(64.9 cm),2329 腰叶最宽(41.9 cm),对照 K326 腰叶最窄(27.3 cm)。

表 4 不同烤烟品种主要农艺性状比较

Table 4 Comparison of the major agronomic characters of different flue-cured tobacco varieties

品种(系)名称 Variety(line) name	株高 Plant height//cm	叶数 Leaf number//片	茎围 Stem girth//cm	节距 Node distance cm	腰叶长 Waist leaf length//cm	腰叶宽 Waist leaf width//cm
HB1709	138.9	22	9.8	4.31	79.7	34.5
湘烟 6 号 Xiangyan 6	157.8	24	7.9	5.07	68.5	29.1
2329	128.1	17	9.6	6.66	74.1	41.9
CH02	144.6	21	9.4	5.04	77.9	39.1
1914	151.2	20	9.3	6.01	64.9	33.1
RY21	162.3	23	9.3	5.16	74.3	36.9
CF227	153.7	18	10.0	6.23	73.2	40.3
CF228	161.7	20	10.2	6.07	68.9	39.2
K326(CK1)	119.7	17	7.9	4.43	65.7	27.3
YN99(CK2)	132.5	16	10.0	6.01	73.6	39.5

2.4 不同烤烟品种抗病性比较 由表 5 可知,对照 YN99 马铃薯 Y 病毒发病率最高(59.3%),马铃薯 Y 病毒病情指数也最高(33.3);品种 HB1709 气候性斑点病发病率最高(64.0%),气

候性斑点病病情指数也最高(34.6);野火病发病率 1914、CF228 较高(41.7%),野火病病情指数指 CF228 最高(22.0);HB1709 赤星病发病率最高(63.3%),赤星病病情指数也最高(38.9)。

表 5 不同烤烟品种发病情况比较

Table 5 Comparison of the incidence of different flue-cured tobacco varieties

品种(系)名称 Variety(line) name	马铃薯 Y 病毒 Potato virus Y		气候性斑点病 Climate scab		野火病 Wildfire disease		赤星病 Brown spot	
	发病率 Incidence rate//%	病情指数 Disease index	发病率 Incidence rate//%	病情指数 Disease index	发病率 Incidence rate//%	病情指数 Disease index	发病率 Incidence rate//%	病情指数 Disease index
HB1709	39.0	23.9	64.0	34.6	25.0	12.1	63.3	38.9
湘烟 6 号 Xiangyan 6	58.3	32.4	50.7	20.8	13.3	5.6	43.3	22.0
2329	15.0	5.4	8.0	3.1	28.3	10.5	15.0	7.4
CH02	36.7	21.1	31.3	15.7	31.7	14.6	36.7	16.8
1914	26.7	17.2	28.0	13.7	41.7	21.7	38.3	20.3
RY21	0	0	13.3	5.2	31.7	14.6	41.7	25.3
CF227	41.0	23.3	53.3	30.9	18.3	6.5	38.3	19.2
CF228	12.3	6.1	36.0	19.5	41.7	22.0	31.7	18.6
K326(CK1)	39.3	23.4	40.3	22.5	23.3	10.7	41.7	19.4
YN99(CK2)	59.3	33.3	26.7	13.3	13.3	7.4	36.7	20.1

2.5 不同烟烤品种经济性状比较 由表 6 可知,参试新品种 2329 的产量(2 822.55 kg/hm²)、产值(39 035.85 元/hm²)均

最高;对照 YN99 均价最高,为 15.81 元/kg;RY21 上等烟比例最高,为 24.25%;CH02 上中等比例最高,为 72.34%。

表 6 不同烤烟品种经济性状比较

Table 6 Comparison of the economic characters of different flue-cured tobacco varieties

品种(系)名称 Variety(line) name	产量 Yield kg/hm ²	均价 Average price 元/kg	级指 Grade index	产值 Output value 元/hm ²	产指 Output index	上等烟比例 Proportion of first- class tobaccos//%	上中等烟比例 Proportion of first-and middle- class tobaccos//%
HB1709	1 231.05	11.31	0.28	13 923.15	23.21	13.51	52.07
湘烟 6 号 Xiangyan 6	1 513.80	12.14	0.30	18 382.95	30.64	16.18	50.38
2329	2 822.55	13.83	0.35	39 035.85	65.06	18.73	69.97
CH02	2 075.70	14.51	0.36	30 119.10	50.20	21.68	72.34
1914	1 785.00	12.63	0.32	22 544.40	37.57	17.31	54.45
RY21	2 251.50	13.52	0.34	30 440.25	50.73	24.25	69.78
CF227	1 539.15	12.06	0.30	18 566.25	30.94	16.28	54.08
CF228	1 994.55	14.51	0.36	28 939.20	48.23	22.27	69.10
K326(CK1)	1 895.40	13.23	0.33	25 079.40	41.80	17.88	65.31
YN99(CK2)	2 096.25	15.81	0.40	33 143.85	55.24	24.06	71.99

2.6 不同烟烤品种原烟外观质量比较 由表 7 可知,HB1709、湘烟 6 号、2329、CH02、CF227 烤后烟柠檬黄较多,其

他各品种多橘黄;各品种成熟度均成熟,叶片结构均疏松。CH02、CF227 身份稍薄至中等,1914 身份稍薄。HB1709、湘

烟 6 号、CH02、对照 K326 共 4 个品种油分稍有,其他品种油分有。1914、对照 YN99 色度强,其他品种色度中等。

表 7 不同原烟外观质量比较

Table 7 Comparison of the appearance quality of different crude tobaccos

品种(系)名称 Variety (line) name	颜色 Color	成熟度 Maturity	叶片结构 Leaf structure	身份 Status	油分 Oil content	色度 Chromaticity
HB1709	多柠檬黄	成熟	疏松	中等	稍有	中等
湘烟 6 号 Xiangyan 6	多柠檬黄	成熟	疏松	中等	稍有	中等
2329	多柠檬黄	成熟	疏松	中等	有	中等
CH02	多柠檬黄	成熟	疏松	稍薄至中等	稍有	中等
1914	多橘黄	成熟	疏松	稍薄	有	强
RY21	多橘黄	成熟	疏松	中等	有	中等
CF227	多柠檬黄	成熟	疏松	稍薄至中等	有	中等
CF228	多橘黄	成熟	疏松	中等	有	中等
K326(CK1)	多橘黄	成熟	疏松	中等	稍有	中等
YN99(CK2)	多橘黄	成熟	疏松	中等	有	强

3 结论与讨论

该试验结果证明,各参试品种(系)出苗期早晚适中,生育期长短适中,从生育期来讲,均适宜洛南烟区种植,早霜前(10月1日)能够采收完毕,不致因霜对产量造成影响。由品种发病情况可见,2329和RY21对主要病害抗性较好,HB1709、湘烟6号、CF227抗性较差。从经济性状看,由于当年降雨量较大,导致品种经济性状普遍较低。2329的产量、产值均最高;对照YN99均价最高;RY21上等比最高;CH02上中等比高于其他各参试品种。综合参试新品种大田表现、抗病性和经济性状等各项指标,2329和CH02各项指标趋近甚至优于当地主栽品种云烟99,可进一步进行小面积示范验证,探索品种特性,挖掘品种潜力,以期筛选出适宜该地区生产的优良品种。

参考文献

[1] 吴兴富,肖炳光,寸锦芬,等.津巴布韦烤烟品种在云南中低海拔区域的比较试验[J].江西农业大学学报,2011,33(2):222-227.
 [2] 邵丽,晋艳,杨宇虹,等.生态条件对不同烤烟品种烟叶产质量的影响[J].烟草科技,2002,35(10):40-45.
 [3] 林敬凡,熊杰伟,鲁心正.气候条件对烤烟质量的影响[J].气象,1995,21(1):44-47.
 [4] 陆永恒.生态条件对烟叶品质影响的研究进展[J].中国烟草科学,2007,28(3):43-46.
 [5] 徐安传.烤烟品种种植结构对烟叶原料和卷烟产品的影响[J].中国烟草学报,2009,15(5):82-86.

[6] 徐婧,秦言敏,陈仁霄,等.黎川县烤烟新品种(系)区域适应性研究[J].现代农业科技,2021(4):17-20.
 [7] 曹景林.湖北省烤烟育种工作现状与发展思路[J].农村经济与科技,2010,21(8):25-29.
 [8] 王毅,戴勋,张家伟,等.不同海拔初烤烟叶主要烟气指标特征分析[J].中国农学通报,2010,26(17):108-111.
 [9] 刘培玉,王新发,汪健,等.不同生态地区烤烟主要致香物质含量的变化[J].浙江农业学报,2010,22(2):239-243.
 [10] 李传玉,杨辉,王玉平,等.烤烟品种的筛选试验[J].贵州农业科学,2009,37(3):16-18.
 [11] 胡战军,马林,罗华元,等.红云红河集团对5个国内烤烟新品种的筛选试验初报[J].昆明学院学报,2009,31(6):43-45.
 [12] 张新要,宋卫武,黄平俊,等.烤烟新品种(系)试验初报[J].安徽农学通报,2016,22(6):51-52,64.
 [13] 陈良存,宋彦君,曹祥练,等.环神农架地区烤烟品种筛选[J].贵州农业科学,2008,36(4):76-77.
 [14] 周金仙.云南烤烟主要推广品种适宜种植区域划分[J].烟草科技,2007,40(1):59-64.
 [15] 刘云.关中地区烤烟良种(系)适应性研究[J].江西农业学报,2012,24(7):97-100.
 [16] 张喜峰,王玮,樊万福,等.不同烤烟品种在陇县烟区的生态适应性研究[J].农学报,2014,4(5):30-34,43.
 [17] 戴珏,殷红慧,徐天养,等.烤烟新品种在云南文山的适应性研究[J].安徽农业科学,2021,49(16):26-29.
 [18] 吴华,张文健,刘坤华,等.余庆烟区特色优质烟叶品种的筛选[J].作物研究,2012,26(S1):33-37.
 [19] 国家烟草专卖局.烟草农艺性状调查测量方法:YC/T 142—2010[S].北京:中国标准出版社,2010.
 [20] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.烟草病虫害分级及调查方法:GB/T 23222—2008[S].北京:中国标准出版社,2009.

(上接第21页)

[18] 陈天天.水产养殖水处理技术浅析[J].南方农业,2016,10(9):197,199.
 [19] 马海涛,刘相全,姜海滨,等.海水工厂化及循环水养殖技术[R].山东省海洋资源与环境研究院,2014.
 [20] 唐黎标.工厂化水产养殖中的水处理技术[J].渔业致富指南,2017(23):34-35.
 [21] 伏培仔,孙力平,王少坡,等.PAC与PAM复合絮凝剂在回用水处理中的应用[J].水处理技术,2008,34(9):58-60,84.
 [22] 罗朝仁.聚二甲基二烯丙基氯化铵的合成与应用研究[D].无锡:江南大学,2013.
 [23] 郑振伟,熊章锐,钟志威,等.离子型聚丙烯酰胺净水剂的设计及应用研究[J].水处理技术,2021,47(3):52-56,62.
 [24] 李波,施武,陈芝海.复合絮凝剂PAFSC-PAM对化工制药废水的絮凝效果[J].化学与生物工程,2021,38(1):47-50.
 [25] 盛红坤,张晨,李国东,等.聚丙烯酰胺联合活性污泥对废水中铅的吸

附性能研究[J].环境科学与管理,2021,46(1):87-90.
 [26] 梁兴唐,李凤枝,钟书明,等.聚乙烯亚胺原位改性多孔灯芯草高效吸附废水中的Cr(VI)[J].化工学报,2021,72(6):3380-3389.
 [27] 林伟雄,顾海奇,武纯,等.响应面法优化化学沉淀螯合生物絮凝处理含镍废水[J].环境工程学报,2021,15(2):493-500.
 [28] KURNIAWAN S B, ABDULLAH S R S, IMRON M F, et al. Challenges and opportunities of bio-coagulant/bio-flocculant application for drinking water and wastewater treatment and its potential for sludge recovery[J]. International journal of environmental research and public health, 2020, 17(24):1-33.
 [29] ABBAS S Z, YONG Y C, ALI KHAN M, et al. Bio-flocculants produced by bacterial strains isolated from palm oil mill effluent for application in the removal of eriochrome black T dye from water[J]. Polymers, 2020, 12(7):1-12.
 [30] 罗来鹏. Raoultella ornithinolytica 160-1 产生物絮凝剂的特性及其发酵优化[D].合肥:安徽医科大学,2020.