



杜世超,薛盈文,郭伟,等.穗发芽类型和混合比例对春小麦加工品质的影响[J].黑龙江农业科学,2021(5):64-69.

# 穗发芽类型和混合比例对春小麦加工品质的影响

杜世超<sup>1</sup>,薛盈文<sup>1,2</sup>,郭伟<sup>2</sup>,于立河<sup>1</sup>

(1.黑龙江八一农垦大学农学院,黑龙江大庆163319;2.黑龙江省普通高校寒地作物种质改良与栽培重点实验室,黑龙江大庆163319)

**摘要:**为提升小麦收储及面粉加工各环节的质量控制,本研究设定3种发芽类型的小麦子粒[浸水(J)、萌动(M)和发芽(F)],每种发芽类型子粒与正常小麦按质量比分别为1%、2%、3%、4%和5%进行混合制粉,比较分析不同发芽类型下5种混合处理对小麦面筋含量、面筋指数、降落数值、粉质参数和拉伸参数等指标的影响。结果表明:浸水小麦的混合比例达到5%时,湿面筋含量和吸水率显著降低;萌动和发芽类型的混合比例达到1%时,各项品质参数相比于对照显著降低;发芽类型子粒中,随着混合比例的增加,面筋指数、降落数值、拉伸面积、最大拉伸阻力等指标在各个混合处理间显著降低。黑龙江省小麦主产区应采用分段收获和机械直收相结合的收获方式,最大限度地避免小麦穗发芽对小麦加工品质的不利影响。

**关键词:**小麦;穗发芽;混合比例;加工品质

小麦品质受遗传因素、生态环境以及栽培管理措施等因素的影响,即使同一小麦品种,往往也会因气候因素、收贮条件而产生较大差异<sup>[1]</sup>。小麦在收获期间如遇到持续阴雨或潮湿环境会发生穗发芽,穗发芽影响小麦产量、品质(尤其是加工品质)、安全贮存及下一年的播种质量,造成不同程度的经济损失。有的子粒即使外观不发芽,但子粒中储藏的营养物质已开始转化,也会影响小麦产量和加工品质<sup>[2]</sup>。有学者针对连续降雨和穗发芽比例对产量影响的报道中指出,中粒品种在

遭受短期连阴雨条件下,产量损失达20%,大粒品种损失在10%以上;穗发芽率每增加10%,中粒品种产量损失增加2.6%、大粒品种增加2.0%<sup>[3]</sup>。针对发芽小麦对面粉加工品质影响的相关报道中,邹东月<sup>[4]</sup>针对不同筋性小麦品种的研究表明,与正常情况相比,萌动状态下降落数值的下降幅度表现为强筋粉>中筋粉>弱筋粉,湿面筋含量和面筋指数随着发芽程度的加深而下降。多数研究表明,小麦穗发芽期间 $\alpha$ -淀粉酶活性增强、淀粉含量下降、黏度值变低,董召荣等<sup>[5-6]</sup>研究认为,不同类型小麦品种的加工品质对子粒发芽程度的反应存在差异,20℃、41h发芽处理条件(芽长为子粒1/4)对强筋小麦品种皖麦28的加工品质影响不大,面筋质量、SDS沉降值与对照差异较小;相关报道指出,在发芽处理达到65h时,千粒重的下降幅度为1.3%~4.3%,蛋白质下降幅度为5.4%~18.1%,面筋下降幅度为27.4%~50.2%<sup>[7]</sup>。

收稿日期:2021-01-29

**基金项目:**国家科技重大专项和重点研发项目(课题)省级资金资助课题(GX18B040);黑龙江八一农垦大学博士启动计划项目(XDB2015-3)。

**第一作者:**杜世超(1998—),女,在读硕士,从事小麦生理生化与品质关系的研究。E-mail:578141932qq.com。

**通信作者:**于立河(1960—),男,博士,教授,从事作物生理生态和品质改良研究。E-mail:yulih2002@126.com。

## Study on the Creation Types and Aesthetics of Fishing Month Cliff Style Bonsai

QIU Yin-ling, DENG Guang-hua

(College of Gardens and Arts, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

**Abstract:** In order to promote the creation and development of fishing month bonsai, this paper systematically studied and classified fishing month cliff bonsai, summarized the basic morphological characteristics of fishing month cliff bonsai and the essential differences between fishing month cliff bonsai and other non fishing month cliff bonsai, and expounds the aesthetic characteristics of fishing month cliff bonsai from three aspects of shape, momentum and emotion.

**Keywords:** cliff bonsai; fishing month; classification; aesthetic characteristics

黑龙江省北部小麦产区地处寒温带、无霜期短、有效积温  $1\ 700\sim 1\ 900\ ^\circ\text{C}$ , 小麦收获期正值“七下八上”的集中降雨阶段<sup>[8]</sup>; 不利气候条件给小麦的安全收获、适期割晒以及收获贮藏等环节带来诸多困难, 个别年份受集中降雨的影响, 收获后的小麦存在穗发芽现象<sup>[9]</sup>。生产实践中, 因栽培管理措施不当或极端灾害天气造成小麦田间出现“斑块状”倒伏, 倒伏后的小麦茎秆霉烂, 小麦穗中经过吸水膨胀、萌动或者发芽进程的子粒在经过风干晾晒、机械收获、晒场晾晒、入库储藏等操作环节, 不可避免地混杂在一起, 对整批小麦子粒的加工品质带来不利影响。

现有研究中, 多数将已经萌发或发芽的籽粒经过干燥后, 研究不同发芽进度小麦子粒干燥后的加工品质, 而针对不同发芽进程的子粒与正常小麦按比例混合处理对小麦加工品质影响的研究报道较少。综合上述原因, 本文针对不同发芽进程的小麦与正常子粒混合配比对春小麦加工品质的影响进行研究, 以期小麦生产主体和面粉加工企业从小麦收贮、面粉加工以及质量控制等方面提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验选择 2020 年 8 月收获的晚熟小麦品种龙麦 35 为研究对象, 将用于催芽的小麦子粒清选去杂后, 使用 1% 次氯酸钠溶液消毒 30 min, 再用自来水冲洗, 置于发芽床上, 在光照培养箱中  $15\ ^\circ\text{C}$ 、相对湿度 90% 条件下催芽处理, 小麦子粒处理方法分为: 浸水 6 h 后沥干(J)、种子萌发露白(M)、胚芽长度达到子粒长度的 1/2(F)。将不同发芽类型的小麦子粒样品沥干水分, 放入  $35\ ^\circ\text{C}$  烘箱中鼓风干燥, 使水分降至与发芽处理前一致。

### 1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验采用单因素的完全随机设计, 设置 3 种发芽进程小麦[浸水(J)、萌动(M)和发芽(F)], 将不同发芽类型的小麦子粒同正常小麦按质量比(1%、2%、3%、4%和 5%)混合均匀, 在室温下静置 14 d 后进行润麦制粉, 制粉前的润麦湿度值为 15.4%, 不同发芽类型及与正常小麦按比例从低到高混合的处理代号依次为 J1~J5、M1~M5、F1~F5, 每个处理重复 3 次。

1.2.2 测定项目及方法 面筋含量和面筋指数: 使用瑞典 Perten 公司 8620 型近红外分析仪测定

面粉水分(w%), 称取  $10\pm 0.01\ \text{g}$  面粉( $m_1$ ), 参照 GB/T5506.1—2008, 使用瑞典 Perten 公司的 GM2200 型面筋仪, 2% 氯化钠溶液揉洗面筋结束后, 将面筋仪上弯钩及筛网上残留的少量湿面筋清理干净, 置于瓷碗中用清水再次揉洗, 直至用  $\text{KI-I}_2$  溶液检验达到标准为止; 之后再用专用离心机沥干水分, 根据离心机筛网上残存的湿面筋质量( $m_2$ )和总面筋质量( $m_3$ )计算标准水分(14%)含量下的湿面筋含量和面筋指数。

$$\text{湿面筋含量}(\%) = [m_3 \times (1 - 0.14)] / [m_1 \times (1 - w \times 0.01\%) ]$$

$$\text{面筋指数}(\%) = (m_3 - m_2) / m_1 \times 100$$

降落数值: 依据糊化时间(s)来计算, 使用瑞典 Perten 公司的 1500 型降落数值仪测定。

粉质参数: 使用德国 Branbender 公司 E 型粉质仪, 按照 AACC54-21 标准进行测定, 主要分析指标包括吸水率和稳定时间。

拉伸参数: 使用德国 Branbender 公司 E 型拉伸仪, 按照 AACC54-21 标准进行测定, 醒面时间按照快速测定方法, 饧面时间分别为 30、60 和 90 min, 主要分析指标为拉伸面积和最大拉伸阻力。

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2010 进行数据整理和绘图, 利用 DPS 7.05 数据处理系统进行统计分析和多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 湿面筋含量和面筋指数

与对照(CK)相比, 不同发芽类型混合处理的湿面筋含量和面筋指数都呈现不同程度的下降趋势(表 1)。浸水(J)处理中, J5 显著低于除 J4 之外的其他 4 个处理, 湿面筋含量相比于对照降低 5.4 百分点, 浸水类型子粒与正常小麦的混合比例达到 5% 时, 湿面筋含量显著下降。萌动和发芽类型与正常小麦按比例混合处理中, 湿面筋含量显著降低。M1 和 F1 的湿面筋含量分别比对照下降 7.5 和 9.0 百分点。随着发芽程度的增加, 湿面筋含量降幅增大, 与对照相比, M1~M5、F1~F5 湿面筋含量分别降低 7.5~10.9 百分点、9.0~11.8 百分点。从混合比例上来分析, M1 的湿面筋含量较对照降低 7.5 百分点, 但显著高于其他 4 个处理; F1~F4 的处理间的差异不显著, F1 和 F2 的湿面筋含量显著高于 F5。

表 1 不同发芽类型及与正常子粒按比例混合对湿面筋含量和面筋指数的影响

| 浸水小麦与正常子粒混合 |         |         | 萌动小麦与正常子粒混合 |         |         | 发芽小麦与正常子粒混合 |         |         |
|-------------|---------|---------|-------------|---------|---------|-------------|---------|---------|
| 处理代号        | 湿面筋含量/% | 面筋指数/%  | 处理代号        | 湿面筋含量/% | 面筋指数/%  | 处理代号        | 湿面筋含量/% | 面筋指数/%  |
| CK          | 37.4 a  | 97.0 a  | CK          | 37.4 a  | 97.0 a  | CK          | 37.4 a  | 97.0 a  |
| J1          | 37.4 a  | 95.1 ab | M1          | 29.9 b  | 96.3 ab | F1          | 28.4 b  | 96.7 ab |
| J2          | 35.8 a  | 94.2 b  | M2          | 28.1 c  | 96.2 ab | F2          | 28.2 b  | 95.2 bc |
| J3          | 35.3 a  | 93.3 b  | M3          | 27.9 c  | 94.8 bc | F3          | 27.3 bc | 95.1 c  |
| J4          | 34.9 ab | 93.0 b  | M4          | 27.7 c  | 94.5 bc | F4          | 27.1 bc | 94.1 c  |
| J5          | 32.0 b  | 93.0 b  | M5          | 26.5 d  | 94.2 c  | F5          | 25.6 c  | 91.8 d  |

注:同一列数据后的不同小写字母表示处理间差异达 5%显著水平,下同。

面筋指数的比较结果中,与对照 CK 相比,浸水子粒混合比例达到 2%时,面筋指数降低显著;J2~J5 处理间差异不显著。萌动和发芽类型的混合处理对面筋指数的影响效应有所不同,随着萌动和发芽程度加深以及混合比例的增加,面筋指数呈现渐次降低的趋势,M1 和 M2 的面筋指数显著高于 M5,M1~M4 处理间的差异不显著,萌动子粒的混合比例达到 3%时,面筋指数相比于对照显著下降。发芽类型混合处理的面筋指数降低显著,F1 显著高于 F3~F5 处理,即发芽子粒及混合比例达到 2%时,面筋指数相较于对照的降低显著。

2.2 降落数值

不同发芽类型子粒及混合处理对面粉降落数

值的影响效应不同(图 1)。浸水处理中,CK 与 J1~J4 处理间差异不显著,J5 的降落数值较对照(CK)显著降低 64。萌动和发芽类型的混合比例对面粉降落数值与对照相比影响显著,M1~M5 相对于 CK 的降低范围是 235~313,M1 和 M2 差异显著,且显著高于其他 3 个处理。与对照相比,发芽类型子粒各处理的降落数值与对照相比显著降低,F5 的降幅达到 403,F1 的降落数值显著高于其他 4 个处理,F4 和 F5 处理间差异不显著。总的看来,浸水处理中,混合比例达到 5%时,降落数值显著下降;萌动和发芽两个类型子粒的混合处理中,混合比例达到 1%时,降落数值较对照达到显著水平。

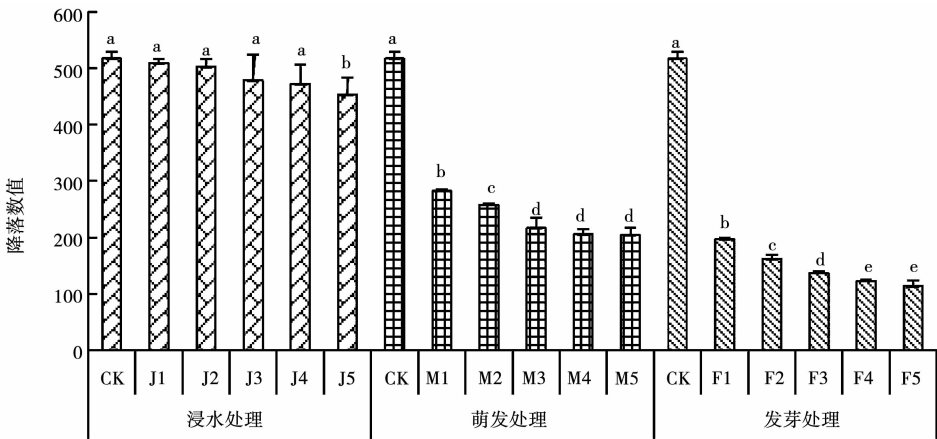


图 1 不同发芽类型及与正常子粒按比例混合对降落数值的影响

2.3 粉质参数

吸水率、稳定时间是描述蛋白质含量高低和面筋韧性强弱的重要参数。面团吸水率的比较结果中(表 2),浸水类型子粒中,除 J1 处理之外,其他处理的吸水率显著低于对照(CK)。浸水子粒与正常小麦混合对面团吸水率影响相对较小,吸

水率降低 -0.1~2.1 百分点,当混合比例达到 5%时,J5 的吸水率显著低于其他处理。与对照相比,M1~M5 的吸水率降低 2.0~2.4 百分点,5 个处理间差异不显著。由于发芽子粒内部的蛋白部分水解,F1~F5 吸水率降低 3.1~4.6 百分点,F1~F4 的吸水率差异不显著,F5 显著低于

CK、F1、F2 和 F3,这表明发芽子粒与正常小麦混合对面团吸水率的影响显著。萌动及发芽类型子粒与正常小麦混合比例达到 1%时,小麦面粉吸水率分别为 59.9%和 58.8%,吸水率分别降低 2.0和 3.1 百分点;且随着发芽进程和混合比例的增加而呈显著下降趋势,发芽类型混合比例达到 5%时,对应处理(F5)的面团吸水率降低显著,达到 4.6 百分点。

面团稳定时间是界定不同类型小麦的重要指标之一,也是反映强筋小麦面筋质量优劣的重要

参数。本研究各处理面团稳定时间如图 2 所示。与对照(CK)相比,J1~J5 五个处理间的差异不显著,说明浸水类型及混合比例对强筋小麦的稳定时间影响较小。在萌动类型中,各个处理的稳定时间极显著低于对照(CK),M1 的稳定时间极显著高于其他处理,M1 与 M5 的稳定时间相差 4.3 min,M2~M5 处理间的差异不显著。随着发芽进程的推进和混合比例的增加,相比对照(CK),F1~F5 处理的稳定时间降低达到 16 min 以上,F1~F4 处理间差异不显著。

表 2 不同发芽类型及与正常子粒按比例混合对面团吸水率的影响

| 浸水小麦与正常子粒混合 |        | 萌动小麦与正常子粒混合 |        | 发芽小麦与正常子粒混合 |         |
|-------------|--------|-------------|--------|-------------|---------|
| 处理代号        | 吸水率/%  | 处理代号        | 吸水率/%  | 处理代号        | 吸水率/%   |
| CK          | 61.9 a | CK          | 61.9 a | CK          | 61.9 a  |
| J1          | 62.0 a | M1          | 59.9 b | F1          | 58.8 b  |
| J2          | 60.7 b | M2          | 59.7 b | F2          | 58.3 b  |
| J3          | 60.9 b | M3          | 59.6 b | F3          | 58.1 bc |
| J4          | 60.7 b | M4          | 59.6 b | F4          | 58.1 bc |
| J5          | 59.8 c | M5          | 59.5 b | F5          | 57.3 de |

总的看来,浸水类型子粒的不同比例混合处理对面团的稳定时间影响不大;萌动类型子粒与正常小麦的混合比例达到 1%时,稳定时间虽有显著下降,但仍显著高于 2%~5%(M2~M5)的

混合比例处理。发芽小麦与正常小麦混合比例达到 1%时,稳定时间极显著下降,稳定时间随着混合比例增加而显著下降,F5 显著低于 F1~F3 处理。

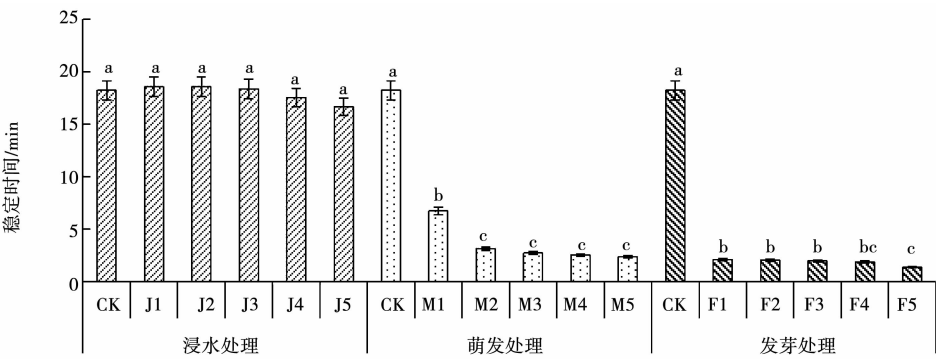


图 2 不同发芽类型及与正常子粒按比例混合对面团稳定时间的影响

2.4 拉伸参数

2.4.1 拉伸面积 各个处理饅面 60 min 后所测定拉伸参数的比较结果中(表 3),不同发芽类型及混合比例的拉伸面积显著低于对照(CK)。其中,J1~J5 处理间的差异不显著。萌动子粒及其对应比例混合处理中,M3~M5 处理间无显著差异,M4、M5 的拉伸面积显著低于 M1 和 M2,萌动子粒与正常小麦按比例混合处理对拉伸面积的影响效应大,1%混合比例处理(M1)较对照显著

降低了面团的拉伸面积。发芽类型子粒混合比例处理中,F1 的拉伸面积显著低于对照(CK),拉伸面积降幅达到 46 cm<sup>2</sup>,随着发芽子粒混合比例的增加,拉伸面积呈现下降趋势,F2~F4 处理间差异不显著,混合比例达到 5%(F5)时,拉伸面积降低显著。

2.4.2 最大拉伸阻力 由表 3 可知,J5 的最大拉伸阻力显著低于对照,差值为 128 BU,其他处理间的差异不显著,浸水类型子粒混合比例对最

大拉伸阻力的影响较小,仅在混合比例达到 5% 时才呈现显著下降趋势。萌动类型及其混合处理中,M5 显著低于 M1 和 M2 处理,M1~M5 处理与对照相比差异均达到显著水平,萌动子粒混合比例达 1%时就显著降低对照面团的最大拉伸阻力,M1 相比于对照(CK)降低 144 BU,面团弹性明显下降。发芽类型混合比例处理中,相比于对照(CK),F1 的最大拉伸阻力降低 153 BU,降幅明显高于 J1 和 M1,F4、F5 显著低于 F1~F2,

F1~F2 处理间差异不显著、F3~F5 处理间差异不显著,随着混合比例的增加,最大拉伸阻力的降幅趋缓。

2.4.3 延伸度 由表 3 可知,相比于对照(CK),不同发芽进程的面团延伸度显著下降,浸水(J)、萌动(M)和发芽(F)及各自按比例混合处理的延伸度分别降低 26~42 mm、28~35 mm、32~41 mm,各个发芽类型混合比例处理间的差异不显著,但均显著低于对照。

表 3 不同发芽类型及与正常子粒按比例混合对面团拉伸参的影响

| 浸水小麦与正常子粒混合 |                          |               |            | 萌发小麦与正常子粒混合 |                          |               |            | 发芽小麦与正常子粒混合 |                          |               |            |
|-------------|--------------------------|---------------|------------|-------------|--------------------------|---------------|------------|-------------|--------------------------|---------------|------------|
| 处理<br>代号    | 拉伸面<br>积/cm <sup>2</sup> | 最大拉伸<br>阻力/BU | 延伸度/<br>mm | 处理<br>代号    | 拉伸面<br>积/cm <sup>2</sup> | 最大拉伸<br>阻力/BU | 延伸度/<br>mm | 处理<br>代号    | 拉伸面<br>积/cm <sup>2</sup> | 最大拉伸<br>阻力/BU | 延伸度/<br>mm |
| CK          | 164 a                    | 597 a         | 226 a      | CK          | 164 a                    | 597 a         | 226 a      | CK          | 164 a                    | 597 a         | 226 a      |
| J1          | 146 b                    | 581 a         | 199 b      | M1          | 113 b                    | 453 b         | 198 b      | F1          | 118 b                    | 444 b         | 185 b      |
| J2          | 134 b                    | 592 a         | 184 b      | M2          | 90 c                     | 387 c         | 191 b      | F2          | 93 c                     | 386 bc        | 191 b      |
| J3          | 132 b                    | 543 a         | 195 b      | M3          | 82 cd                    | 358 cd        | 192 b      | F3          | 87 c                     | 356 cd        | 189 b      |
| J4          | 134 b                    | 545 a         | 200 b      | M4          | 75 d                     | 323 de        | 192 b      | F4          | 78 cd                    | 308 d         | 194 b      |
| J5          | 136 b                    | 469 b         | 192 b      | M5          | 74 d                     | 290 e         | 193 b      | F5          | 63 d                     | 282 d         | 191 b      |

3 结论与讨论

由于蛋白酶在小麦不同发芽进程中的活性有所不同,浸水处理子粒中处于吸水阶段,蛋白酶活性较低。当小麦子粒处于萌动阶段,蛋白酶活性增强,蛋白质被水解的数量增加,而进入发芽阶段时,蛋白质含量显著下降<sup>[10]</sup>,这是两种类型子粒相应混合比例处理面筋含量降低的主要原因。对于发芽子粒处理来说,子粒中的蛋白质大部分被分解,使其与不同比例混合处理的面筋指数降幅显著,其中 F5 的面筋指数降低 5.2 百分点。

成熟小麦在渡过休眠期后,穗含水量达到 50%即可满足穗发芽条件<sup>[11]</sup>。小麦子粒在吸水膨胀、萌发以及发芽的不同阶段内,淀粉分解速度和含量变化与  $\alpha$ -淀粉酶活性密切相关, $\alpha$ -淀粉酶活性升高,淀粉被分解、粘度变弱、降落数值降低。现有研究结果表明,降落数值与  $\alpha$ -淀粉酶活性、淀粉含量呈负相关<sup>[12-13]</sup>。由于  $\alpha$ -淀粉酶活性增强,发芽阶段子粒的淀粉含量显著下降<sup>[14]</sup>。本研究中,浸水处理子粒混合比例达到 5%时,降落数值显著降低;萌动子粒、发芽子粒与正常小麦按 1%比例混合时,降落数值显著降低,发芽子粒按 1%~4%比例混合处理降低超过 300,并且处理

间差异显著,面团的持水性差、黏性减弱,这可能是小麦发芽子粒中破碎淀粉比例增加、淀粉分子量降低的结果<sup>[15-16]</sup>。

在萌动、发芽两种类型混合处理中,除对照之外,M1 的稳定时间显著高于 M2~M5,后 4 个处理间的稳定时间没有显著差异;F1、F2 和 F3 的稳定时间降至 2 min,且显著高于 F5,这说明发芽程度增加、混合比例加大显著降低了面团的稳定性。拉伸参数的比较中,拉伸面积、最大拉伸阻力两个指标相比与对照(CK)显著降低。拉伸面积在浸水子粒混合处理间的差异不显著,随着发芽进程加深、混合比例增加,拉伸面积呈现显著下降,萌动、发芽类型的小麦子粒混合比例仅为 1%~2%时,拉伸面积显著降低。本研究中,浸水处理的子粒由于处在储藏物质水解初期,蛋白质和淀粉含量略有降低,仅在混合比例达到 5%(J5)时,最大拉伸阻力才呈现显著降低的趋势。随着萌发程度的加深,M1 和 M2 处理间差异显著,萌发阶段是小麦子粒内部储藏物质分解加速的关键时期,蛋白质和淀粉被迅速水解,此种类型子粒与正常小麦按比例混合后,显著降低处理间的最大拉伸阻力。发芽类型子粒与正常小麦混合比例 3%~5%处理间的最大阻力差异不显著,这是由

于发芽子粒中淀粉分解,降落数值显著降低,随着混合比例的增加,样品中淀粉含量相对减少,面团的粘度低,进而导致最大拉伸阻力显著降低,本结果与白雪莲等<sup>[17]</sup>的研究结果不同,这可能是由于品种特性或是样品制备方法不同所致。

综上所述,浸水小麦(J)的混合比例达到 5% 时,湿面筋含量和吸水率显著降低;萌动(M)和发芽(F)类型的混合比例达到 1% 时,各项品质参数相比于对照的显著降低;发芽类型子粒中,随着混合比例的增加,面筋指数、降落数值、拉伸面积、最大拉伸阻力等指标在各个混合处理间显著降低。

### 参考文献:

- [1] 安成立,张改生,高翔,等.不同生态环境对强筋小麦品质的影响[J].中国生态农业学报,2006(1):34-36.
- [2] 原亚萍,陈孝,肖世和.小麦穗发芽的研究进展[J].麦类作物学报 2003,23(3):136-139.
- [3] 刘引祥.连阴雨造成小麦穗发芽的产量损失估计[J].陕西气象,1994(3):11-13.
- [4] 邹东月.不同筋性春小麦子粒不同发芽程度下的品质分析[J].安徽农学通报(上半月刊),2012,18(3):33-35.
- [5] 马勇.小麦穗发芽的研究进展[J].农业科技通讯,2015(9):54-57.
- [6] 董召荣,徐风,马传喜.不同发芽状况对小麦主要加工品质性状影响研究[J].中国粮油学报,1999(3):5-8.

- [7] 董召荣,柯建国,马传喜.不同品种小麦子粒发芽深度对其加工品质的影响[J].南京农业大学学报,2000(2):9-12.
- [8] 宋庆杰,肖志敏,辛文利,等.黑龙江省小麦品质区划及优质高效生产技术[J].黑龙江农业科学,2009(1):21-24.
- [9] 祁适雨,肖志敏,王乐凯.我省小麦品种品质现状及其优质高产栽培技术研究[J].黑龙江农业科学,1993(5):33-38.
- [10] 肖世和,陈孝,尚立民.控制小麦穗发芽和改良加工品质的研究[J].世界农业,1995(4):26-27.
- [11] 刘晓冰,李文雄,曾寒冰.春小麦穗发芽规律的研究[J].黑龙江农业科学,1989(3):10-13.
- [12] 胡汉桥,王是,张艳贞,等.春小麦穗发芽抗性鉴定及机理研究[J].麦类作物学报,2001,21(3):13-17.
- [13] 车京玉,王岩,李长辉,等.春小麦穗发芽影响因素及特性研究[J].大麦与谷类科学,2015(3):11-13.
- [14] 张玉荣,寇含笑,陈红.小麦萌动和发芽对其营养品质的影响[J].食品科技,2019(12):157-163.
- [15] 魏雪芹,苏东民,李里特.发芽处理对小麦生物化学品质的影响[J].河南工业大学学报(自然科学版),2009,30(1):58-61.
- [16] SIMSEK S, OHM J B, LU H, et al. Effect of pre-harvest sprouting on physicochemical changes of proteins in wheat[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2014,94(2):205-212.
- [17] 白雪莲,张国权,章华伟.发芽小麦与正常小麦混合后的品质研究[J].粮食与饲料工业,2006(2):8-10.

## Effects of Pre-harvest Sprouting Type and Mixing Ratio on Processing Quality of Spring Wheat

DU Shi-chao<sup>1</sup>, XUE Ying-wen<sup>1,2</sup>, GUO Wei<sup>2</sup>, YU Li-he<sup>1</sup>

(1. College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China; 2. Key Laboratory of Crop Germplasm Improvement and Cultivation in Cold Region of Heilongjiang Education Department, Daqing 163319, China)

**Abstract:** In order to promote harvesting and storing of wheat and quality control in all links of flour processing, three types of germination of wheat seed (flooding[J], stirring[M] and germination[F]) were set in this study. The grains of each type of germination were mixed with normal wheat in proportions of 1%, 2%, 3%, 4% and 5% by weight, and comparative analysis of different types of germination under 5 kinds of mixed treatment on wheat gluten content, gluten index, falling value, the influence of the parameters and tensile index such as powder. The results showed that the content of wet gluten and water absorption decreased significantly when the mixture ratio of soaking wheat reached 5%. When the mixture ratio of sprouting and germinating type reached 1%, the quality parameters decreased significantly compared with the control. With the increase of mixing ratio, the indexes of gluten index, falling value, tensile area and maximum tensile resistance decreased significantly among different mixing treatments. The main wheat producing areas in Heilongjiang Province should adopt a combination of segmented harvesting and mechanical direct harvesting to minimize the adverse effects of pre-harvest sprouting on the quality of wheat processing.

**Keywords:** wheat; panicle germination; mixing ratio; processing quality