

烘干干燥脱水对糯小麦籽粒角质率的影响

马强¹, 黄宗玲², 李伯群¹, 周风云¹

(1. 重庆市农业科学院特色作物研究所, 重庆 402160; 2. 重庆市九龙坡职业教育中心, 重庆 401329)

摘要 [目的]研究烘干干燥脱水对糯小麦籽粒角质率的影响,为糯小麦籽粒品质改良提供参考依据。[方法]以糯小麦渝 L-1、12LF₆-12 为研究对象,以其普通小麦轮回亲本渝 02321、渝麦 10 号为对照,开展收获后籽粒烘干干燥脱水和浸泡复水试验。[结果]在 110 min 烘干干燥过程中,渝 L-1 的角质籽粒和 12LF₆-12 的半角质籽粒角质率分别在 110 和 70 min 下降为 0,全部籽粒转变为粉质,而渝 02321 角质籽粒和渝麦 10 号半角质籽粒角质率无明显变化。在烘干干燥 0、70 和 110 min 3 个不同关键时间点,上述试验材料籽粒相对含水量均随烘干干燥时间的增加而逐渐减少;在烘干干燥同一时间点,试验材料完整籽粒的相对含水量从高到低依次为 12LF₆-12、渝麦 10 号、渝 L-1、渝 02321。在浸泡复水处理 24 h 内,所有试验材料籽粒吸水后都有明显膨胀,粉质化后糯小麦籽粒仍然表现为粉质,但普通小麦籽粒角质率不断下降,并出现粉质化趋势。[结论]烘干干燥对普通小麦籽粒角质率的影响不明显,但对糯小麦籽粒角质率的影响极显著,是导致糯小麦籽粒粉质化转变的重要外因;烘干干燥导致所有试验材料籽粒脱水,对普通小麦籽粒角质率的影响不明显,但糯小麦籽粒角质率下降至 0,表明烘干干燥脱水是导致糯小麦籽粒粉质化转变的直接原因。浸泡复水提高了所有试验材料籽粒含水量,会降低普通小麦籽粒角质率,但对粉质化后糯小麦籽粒角质率的影响不明显,表明烘干干燥脱水对糯小麦籽粒粉质化转变的影响是一个不可逆转的单向转变过程。

关键词 烘干干燥;脱水;糯小麦;籽粒;角质率

中图分类号 S512.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)01-0196-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.01.059



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effect of Bake Drying and Dehydration on the Percentage of Vitreous Waxy Wheat Kernel

MA Qiang¹, HUANG Zong-ling², LI Bo-qun¹ et al (1. Characteristic Crops Research Institute, Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 402160; 2. Chongqing Jiulongpo Vocational Education Center, Chongqing 401329)

Abstract [Objective] The effect of bake drying and dehydration on the percentage of vitreous waxy wheat kernel was studied, so as to provide reference for improving the quality of waxy wheat grain. [Method] Taking waxy wheat YuL-1 and 12LF₆-12 as research objects and their recurrent parents Yu02321 and Yumai 10 as control, and bake drying dehydration and soaking rehydration experiments of grains after harvesting were carried out. [Result] During the drying process of 110 min, the percentage of vitreous kernel of YuL-1 vitreous grains and 12LF₆-12 half-vitreous grains decreased to 0 at 110 min and 70 min, respectively, and all grains changed to silty, while the percentage of vitreous kernel of Yu02321 vitreous grains and Yumai 10 half-vitreous grains did not change significantly. At the three key time points of bake drying for 0 min, 70 min and 110 min, the relative moisture content of above tested materials decreased gradually with the increase of bake drying time. At the same time point of bake drying, the relative moisture content of the tested materials was 12LF₆-12 > Yumai 10 > YuL-1 > Yu02321. During 24 hours of soaking rehydration treatment, the grains of all tested materials significantly swelled after absorbing water, waxy wheat grains remained silty after silting, but the percentage of vitreous kernel of common wheat grains declined continuously, and the trend of silting appeared. [Conclusion] Bake drying has no obvious effect on the percentage of vitreous kernel of common wheat grain, but has a significant effect on the percentage of vitreous kernel of waxy wheat grain, which is an important external cause leading to silty transformation of waxy wheat grain. Bake drying resulted all tested materials grain dehydration, and had no obvious effect on the percentage of vitreous kernel of common wheat grains, but the percentage of vitreous kernel of waxy wheat grains decreased to 0, which indicated that bake drying and dehydration was the direct leading to silty transformation of waxy wheat grain. Soaking rehydration increased the grain moisture content of all tested materials, and decreased the percentage of vitreous kernel of common wheat grain, but had no obvious effect on the percentage of vitreous kernel of waxy wheat grain after silting, which indicated that the effect of bake drying and dehydration on the transformation of waxy wheat grain was an irreversible one-way transformation process.

Key words Bake drying; Dehydration; Waxy wheat; Grain; Percentage of vitreous kernel

小麦籽粒角质率的高低是衡量小麦品质好坏的一个重要外观指标。现有研究表明角质率高的小麦籽粒千粒重高,容重高,胚乳质地好,淀粉粒与蛋白质基质结合紧密,面筋多,筋力大,出粉率高,灰分少,面粉流动性好,可生产出优质面粉^[1]。角质率测定方法直观、简单、快速,提高小麦角质率可以较好地协调品质育种中的各种不利关系^[2]。因此,通过小麦籽粒角质率高低可以快速判断小麦品质的优劣,可用于辅助选择优质小麦品种。

糯小麦是 Nakamura 等^[3]通过将部分糯性基因小麦突变

体 Kanto107 与江苏白小麦人工杂交,创制含 3 对糯性基因、支链淀粉含量极高、直链淀粉含量极低的小麦新型种质资源。国内外学者已从遗传学角度研究了糯小麦籽粒的粉质化现象,但尚未对糯小麦品种和籽粒含水量及其与籽粒粉质化之间的关系进行研究。Hoshino 等^[4]研究发现 F₂ 代粉质籽粒中糯性籽粒比例远远高于理论上的 1/64,并推测糯性基因与粉质基因连锁。姚金保等^[5]在 2 个糯小麦品系与 4 个普通小麦品种的 16 个正反交组合 F₂ 代籽粒中鉴定出 1 115 粒糯性籽粒,发现这些籽粒绝大部分表现为粉质,少数为半角质,未发现角质型籽粒。张伯桥等^[6]研究发现 3 个 Wx 基因同时发生变异会导致籽粒角质率降低,而部分 Wx 基因变异类型间及其与 Wx 基因正常类型间胚乳质地无显著差异,表明糯质小麦胚乳表现为粉质,不是因为蛋白质含量低而引

基金项目 重庆市基本科研业务费计划项目(2013cstc-jbky-00568);重庆市基础与前沿研究计划项目(cstc2015jcyjA80033);重庆市社会民生科技创新专项(cstc2016shmsz80042)。

作者简介 马强(1980—),男,四川马边人,副研究员,博士,从事小麦遗传育种研究。

收稿日期 2019-06-07

起的。笔者在糯小麦育种过程中也发现渝 L-1、12LF₆-12 等糯小麦新品系在收获贮藏时外观表现为角质或半角质籽粒,但经过一段时间贮藏干燥,在准备播种时所有糯小麦品系籽粒外观都表现为不透明的粉质,已经无法通过糯小麦籽粒角质率来快速判断其品质。

为了提高糯小麦优质育种选择效率,笔者以收获贮藏时糯小麦渝 L-1 的角质籽粒和 12LF₆-12 的半角质籽粒为研究对象,以其普通小麦轮回亲本籽粒渝 02321 的角质籽粒和渝麦 10 号半角质籽粒为对照,开展了收获后小麦籽粒的烘干干燥脱水和浸泡复水试验,研究烘干干燥对糯小麦籽粒角质率变化的影响,探讨烘干干燥脱水与糯小麦籽粒粉质化转变之间的关系,旨在为研究糯小麦籽粒粉质化的形成机理和糯小麦籽粒品质的改良提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 糯小麦 1:渝 L-1(重庆市农业科学院以渝 02321 为轮回亲本选育的全糯质小麦新品系,收获贮藏时籽粒表现为角质)。糯小麦 2:12LF₆-12(重庆市农业科学院以渝麦 10 号为轮回亲本选育的全糯质小麦新品系,收获贮藏时籽粒表现为半角质)。普通小麦对照 1(CK1):渝 02321(重庆市农业科学院选育定型的角质小麦新品系)。普通小麦对照 2(CK2):渝麦 10 号(重庆市农业科学院选育定型的半角质小麦新品种)。

1.2 试验仪器与设备 BS210S 型分析天平 1 台、Φ4.5 cm×2.5 cm 的铝盒 24 个、GZX-GF101-2-BS-II 型电热恒温鼓风干燥箱 1 台、内置蓝色硅胶干燥剂的内径 Φ30 cm 玻璃干燥器 1 个、内径 Φ15 cm×2.5 cm 玻璃培养皿 8 个、取样勺 1 个、镊子 1 把、刀片 1 个、KMH-408 型恒温恒湿培养箱 1 台。

1.3 试验方法

1.3.1 小麦籽粒角质率观测与分类标准。小麦籽粒角质、半角质和粉质、角质率及籽粒类型划分标准如下:角质为籽粒外观透明、角质化程度高和剖面全是角质胚乳或角质胚乳大于 75%,半角质为籽粒外观比较透明、角质化程度较高和剖面角质胚乳小于 75% 而大于 25%,粉质为籽粒外观不透明、角质化程度极低和剖面角质胚乳小于 25% 或全是粉质胚乳。随机选取小麦种子 100 粒,通过背光透视观测小麦籽粒透明度和角质化程度来判断小麦籽粒角质、半角质和粉质,不能判别时通过横向切开发现籽粒观测剖面角质胚乳比确认,并根据角质籽粒所占百分比确定小麦角质率。最后依据小麦角质率高低将小麦籽粒划分为角质小麦(角质率 ≥ 70%)、半角质小麦(角质率 30%~70%)和粉质小麦(角质率 ≤ 30%)3 种类型。

1.3.2 小麦籽粒角质率观测和取样。在收获晒干后准备贮藏时,观测渝 L-1、12LF₆-12、渝 02321 和渝麦 10 号等试验材料籽粒透明度及其角质率和籽粒类型,各试验材料分别取样 15 g,测定各样品完整籽粒的初始相对含水量。然后,各取 4 个试验材料完整籽粒约 35 g,分别放入 4 个玻璃培养皿,置于 80 °C 电热恒温鼓风干燥箱中烘干干燥,每隔 10 min 通过电热恒温鼓风干燥箱前玻璃窗,观测 1 次糯小麦籽粒和对照

普通小麦籽粒的透明度及其角质率,并记录小麦籽粒类型。当发现糯小麦角质籽粒开始向粉质化转变时(籽粒外观由透明转变为半透明),迅速打开干燥箱用取样勺各取 4 个试验材料样品 15 g 放入玻璃培养皿中盖好,迅速放进玻璃干燥器中冷却备用。所有剩余样品放入干燥箱中继续干燥,直至所有糯小麦籽粒完全粉质化后(籽粒外观完全不透明),迅速打开干燥箱将玻璃培养皿放进玻璃干燥器中冷却备用。取烘干干燥过程中的 8 个冷却备用样品,同时测定完整籽粒的相对含水量。

1.3.3 小麦籽粒相对含水量测定。参考《谷物及谷物制品水分的测定》(GB/T 21305—2007/ISO 712:1998)相关技术要求,重复 3 次,应用 GZX-GF101-2-BS-II 型电热恒温鼓风干燥箱等仪器设备,采用二次烘干法测定渝 L-1、12LF₆-12、渝 02321 和渝麦 10 号在收获贮藏时、糯小麦角质籽粒外观开始向粉质化转变时和所有糯小麦籽粒完全粉质化后的完整籽粒相对含水量(样品颗粒大小超标,所测数据仅供参考)。

1.3.4 干燥籽粒浸泡复水处理。在渝 L-1 和 12LF₆-12 经烘干干燥完全粉质化后,参照张桂珍^[7]的小麦品种种子浸泡试验,在 4 个玻璃培养皿各放入 2 层滤纸并编号。从测定渝 L-1、12LF₆-12、渝 02321 和渝麦 10 号籽粒的相对含水量后的完整籽粒中,各取 100 余粒种子分别放在 4 个培养皿滤纸上,加适量的自来水浸泡种子,再放入 20 °C 的 KMH-408 型恒温恒湿培养箱内,进行浸泡复水处理。观测时间分别设置为 0、6、12、18 和 24 h,观测籽粒外观透明度及角质率,并记录籽粒类型,在不能通过籽粒外观透明度判断籽粒类型时,用镊子取出籽粒,用刀片横向切开,观察剖面角质胚乳所占的比例。

2 结果与分析

2.1 烘干干燥对小麦籽粒角质率的影响 在烘干干燥试验中,观测渝 L-1、12LF₆-12、渝 02321 和渝麦 10 号完整籽粒外观透明度及其角质率,并记录小麦籽粒类型,结果见表 1。由表 1 可知,渝 L-1 在烘干干燥 0~60 min 时籽粒外观透明度随时间的增加而逐渐下降,籽粒角质率有所下降,但整体表现为角质小麦(角质率 76%~100%);在 70 min 时籽粒外观透明度已经呈现出模糊不清的状态,抽样横向切开发现籽粒剖面很光滑,透明的角质胚乳约占 33.3% 左右,籽粒角质率明显下降,整体表现为半角质小麦;在 110 min 时籽粒外观呈现出完全不透明状态,抽样横向切开发现籽粒剖面很光滑、角质胚乳几乎没有,籽粒角质率为 0,已经表现为粉质小麦。12LF₆-12 在烘干干燥 0~60 min 期间籽粒外观透明度随时间的增加由比较透明逐渐转变为几乎不透明,籽粒角质率明显下降,但整体表现为半角质小麦(角质率 32%~68%);70 min 时籽粒外观透明度极低,抽样横向切开发现籽粒剖面比较光滑、角质胚乳含量已经低于 25%,籽粒角质率低于 20%,整体已经表现为粉质小麦(角质率为 0);110 min 时籽粒外观透明度极低,抽样横向切开发现籽粒剖面仍然比较光滑、几乎没有透明的角质胚乳,籽粒角质率几乎为 0,已经完全粉质化。渝 02321 在烘干干燥 0~110 min 期间籽粒外观一直保

持透明度极高的角质状态,籽粒角质率高达 100%,还有越干燥越透明的趋势,整体表现为角质小麦。渝麦 10 号在烘干干燥 0~110 min 期间籽粒外观透明度有所下降并呈现出粉质化趋势,在 110 min 时抽样切开发现籽粒剖面仍然光滑透明,其透明度和角质胚乳含量已明显不如烘干前的状态,籽粒角质率在 60%左右,仍然表现为半角质小麦(角质率 60%~67%)。

从上述试验结果分析可看出:在 110 min 烘干干燥过程中,渝 L-1 的角质籽粒和 12LF₆-12 的半角质籽粒角质率分

别在 110 和 70 min 下降为 0,全部转变为粉质籽粒。其中,在烘干干燥过程中渝 L-1 的角质籽粒先转变为半角质籽粒再转变为粉质籽粒,其粉质化转变过程包含半角质过渡期;12LF₆-12 半角质籽粒直接转变为粉质,其粉质化转变过程没有包含半角质过渡期,表明糯小麦籽粒的粉质化转变过程受其轮回亲本遗传背景的影响较大。然而,渝 02321 和渝麦 10 号籽粒外观虽然在烘干过程中有更透明和更不透明截然相反的变化趋势,但其籽粒角质率无明显变化,籽粒类型并未发生质的改变。

表 1 烘干干燥过程中小麦籽粒角质率的变化

Table 1 Changes of percentage of vitreous kernel in wheat during bake drying process

试验材料 Test materials	时间 Time//min											
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
渝 L-1 Yu L-1	100	100	98	96	92	85	76	62	50	38	31	0
12LF ₆ -12	68	68	68	64	55	43	32	0	0	0	0	0
渝 02321 Yu02321(CK1)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
渝麦 10 号 Yumai 10(CK2)	67	67	67	67	66	66	65	65	64	62	61	60

2.2 烘干干燥对小麦籽粒相对含水量的影响 在烘干干燥过程中,分别测定渝 L-1、12LF₆-12、渝 02321 和渝麦 10 号完整籽粒的初始含水量(烘干干燥 0 min 取样)、粉质化转变含水量(烘干干燥 70 min 取样)和完全粉质化含水量(烘干干燥 110 min 取样),结果见表 2。由表 2 可知,在 0 min 时,渝 L-1、12LF₆-12、渝 02321 和渝麦 10 号的籽粒相对含水量分别为 11.46%、11.84%、11.39%和 11.72%;70 min 时,渝 L-1、12LF₆-12、渝 02321 和渝麦 10 号的籽粒相对含水量分别为 9.38%、9.77%、9.42%和 9.64%;110 min 时,渝 L-1、12LF₆-12、渝 02321 和渝麦 10 号的籽粒相对含水量分别为 9.27%、9.46%、9.21%和 8.42%。

从上述试验结果分析可以看出,在烘干干燥 0、70 和 110 min 3 个不同关键时间点,渝 L-1、12LF₆-12、渝 02321 和渝麦 10 号的籽粒相对含水量均随着烘干干燥时间的增加而逐渐减少。在烘干干燥同一时间点,4 种试验材料完整籽粒相对含水量从高到低依次为 12LF₆-12>渝麦 10 号>渝 L-1>渝 02321,即渝 L-1 与 12LF₆-12、渝 02321 与渝麦 10 号籽粒的相对含水量差异较大,而渝 L-1 与渝 02321、12LF₆-12 与渝麦 10 号的籽粒相对含水量比较接近,表明糯小麦籽粒相对含水量受轮回亲本的影响较大。

表 2 烘干干燥过程中小麦籽粒相对含水量的变化

Table 2 Changes of relative moisture content in wheat grain during bake drying process

试验材料 Test materials	时间 Time//min		
	0	100	110
渝 L-1 Yu L-1	11.46	9.38	9.27
12LF ₆ -12	11.84	9.77	9.46
渝 02321(CK1) Yu02321(CK1)	11.39	9.42	9.21
渝麦 10 号(CK2) Yumai 10(CK2)	11.72	9.64	8.42

2.3 浸泡复水对小麦籽粒角质率的影响 对测定籽粒相对含水量后的完整籽粒进行 24 h 浸泡复水,观测并记录各试验材料籽粒类型,结果见表 3。由表 3 可以看出,各试验材料浸

泡复水后籽粒吸水膨大,含水量明显增加。在浸泡复水 24 h 内,渝 L-1 和 12LF₆-12 粉质化籽粒除了吸水膨大外,表现为不透明的粉质,没有恢复成透明的角质或半透明的半角质的趋势。浸泡复水 18~24 h,渝 02321 角质籽粒吸水膨大,外观透明度明显下降,开始表现为半角质小麦(角质率 37%~65%),随着处理时间的延长,籽粒可能转变为粉质小麦;渝麦 10 号半角质籽粒在浸泡复水 18 h 吸水膨大后,外观开始表现为完全不透明的粉质小麦。从上述试验结果可看出,在浸泡复水处理 24 h 内,所有试验材料籽粒含水量都明显增加,粉质化后糯小麦籽粒仍然表现为粉质,普通小麦籽粒角质率不断下降,并出现粉质化趋势。

表 3 复水处理过程中小麦籽粒角质率的变化

Table 3 Changes of percentage of vitreous kernel in wheat grain during rehydration treatment process

试验材料 Test materials	时间 Time/h				
	0	6	12	18	24
渝 L-1 Yu L-1	0	0	0	0	0
12LF ₆ -12	0	0	0	0	0
渝 02321(CK1) Yu02321(CK1)	100	100	100	65	37
渝麦 10 号(CK2) Yumai 10(CK2)	60	52	31	0	0

3 讨论

3.1 烘干干燥是导致糯小麦籽粒粉质化转变的重要外因 在 110 min 烘干干燥过程中,糯小麦和普通小麦发生不同的变化,对照普通小麦渝 02321 和渝麦 10 号的籽粒类型未发生转变,即烘干干燥对普通小麦籽粒透明度和角质率的影响不明显;但糯小麦渝 L-1 和 12LF₆-12 籽粒分别在 110 和 70 min 发生了粉质化转变,表明烘干干燥是导致糯小麦籽粒粉质化转变的重要外因。国内一些研究表明,普通小麦同一品种的籽粒角质率会受种植环境、籽粒蛋白质和淀粉含量、干燥条件等因素的影响。张建成等^[8]研究表明小麦籽粒角质率变化受种植环境的影响极大,不同土壤质地、灌水次数、肥料与用量、播种密度和收获期均对籽粒角质率都有影响。

张铁恒等^[9]研究发现小麦籽粒角质率与蛋白质含量、谷蛋白大聚体含量呈极显著正相关,与淀粉总量、直链淀粉含量呈极显著负相关,与支链淀粉含量呈极显著正相关。Bechtel等^[10]将未成熟小麦硬麦收获后分别置于室温和低温下,干燥后发现室温下籽粒形成了硬质胚乳,低温下籽粒则形成了软质胚乳。但是,目前糯小麦籽粒有粉质化趋势的现象已经有相关报道,如 Hoshino 等^[4]、姚金保等^[5]、张伯桥等^[6]研究均发现糯质小麦籽粒胚乳表现为粉质或近粉质,但都是从遗传学角度开展的研究和分析了粉质化的结果,他们未发现角质籽粒糯小麦可能与亲本籽粒角质化程度或者观察籽粒时间有关。因此,目前尚未见到烘干干燥对糯小麦籽粒角质率变化影响的相关研究报道。

该研究中烘干干燥所用材料是同一个小麦品系(品种)在同一种植环境和同一时间收获的完整籽粒,完全可以排除土壤质地等环境因素对籽粒角质率的影响,也可以排除蛋白质和淀粉含量及组成差异对籽粒角质率的影响,更可以排除室温下自然干燥对籽粒角质率的影响。糯小麦渝 L-1 和 12LF₆-12 与轮回亲本渝 02321 和渝麦 10 号的最大差异是直链淀粉含量低,支链淀粉含量高,这可能是导致糯小麦籽粒烘干干燥粉质化转变的物质基础,对糯小麦籽粒的粉质化转变起着决定性作用。

3.2 烘干干燥脱水是导致糯小麦籽粒粉质化转变直接原因 在 110 min 烘干干燥脱水过程的 3 个不同时间点,渝 02321、渝 L-1、渝麦 10 号和 12LF₆-12 籽粒相对含水量随着干燥时间增加而减少,这与靳朝义^[11]研究小麦种子后熟作用时得出的“籽粒中水分含量在储藏过程中稍有下降”结论相似。在烘干干燥同一时间点各试验材料籽粒相对含水量从高到低依次为 12LF₆-12、渝麦 10 号、渝 L-1、渝 02321。烘干干燥导致糯小麦籽粒粉质化转变的原因可能与糯稻干燥后糯质胚乳呈乳白色类似,即糯稻与非糯稻的主要形态差异是糯稻胚乳在干燥状态下呈乳白色、不透明,是由于糯质胚乳淀粉粒内微孔大量存在,使胚乳干燥后充气引起光线折射而导致糯质胚乳呈乳白色,这种乳白色、不透明质地与由于淀粉和蛋白质颗粒积累疏松引起的垩白有本质上的差别^[12]。笔者在深入开展糯小麦淀粉颗粒相关研究时发现糯小麦籽粒在粉质化过程中糯质胚乳淀粉粒之间增加了大量不规则的管网状结构,而普通小麦胚乳淀粉粒之间的结构则没有显著变化(相关研究内容将另文发表)。因此,可以初步推断烘干干燥使得糯小麦籽粒胚乳脱水,导致糯小麦胚乳淀粉粒之间结构的改变,从而形成了大量不规则的管网状微孔,胚乳内充气引起光线折射而使得糯质胚乳表现出不透明和粉质状态,表明烘干干燥脱水是导致胚乳结构改变,从而成为糯小麦籽粒粉质化转变的直接原因。

3.3 浸泡复水对糯小麦粉质化籽粒的影响不明显 在 24 h 浸泡复水处理过程中,糯小麦渝 L-1 和 12LF₆-12 粉质化籽粒吸水膨大后角质率的变化不明显,表明糯小麦籽粒一旦完成粉质化转变后,通过浸泡复水提高其籽粒含水量已无法恢复其角质或半角质,糯小麦脱水粉质化是一个不可逆的单向

转变过程,这可能是因为糯小麦粉质化转变过程中其籽粒内部的胚乳结构结构已发生了不可逆转的改变。然而,对照渝 02321 和渝麦 10 号籽粒角质率随浸泡时间的增加而不断下降,这与张桂珍^[7]的小麦籽粒浸泡试验结果相一致。

对比分析烘干干燥脱水和浸泡复水试验结果,发现小麦籽粒角质率除受遗传基因控制外,还受到籽粒含水量等外在因素的影响。烘干干燥脱水对普通小麦角质籽粒角质率的影响较小,但对糯小麦角质率的影响较大,直接导致糯小麦籽粒的粉质化转变。通过浸泡复水提高籽粒含水量对普通小麦籽粒角质率的影响较大,粉质化趋势十分明显,可能是因为吸水打乱了小麦胚乳淀粉颗粒与蛋白质之间紧密的排列结构,影响了散射光的通过,形成漫反射,从而导致籽粒角质率下降。但这对干燥后粉质化糯小麦籽粒角质率的影响较小,表明糯小麦籽粒烘干干燥脱水粉质化是一个不可逆的过程,可能在粉质化过程中籽粒内部结构已经发生不可逆转的破坏。

4 结论

通过对糯小麦渝 L-1、12LF₆-12 和对照普通小麦渝 02031、渝麦 10 号等试验材料籽粒进行烘干干燥脱水和浸泡复水试验,发现烘干干燥对普通小麦渝 02031 和渝麦 10 号籽粒角质率的影响不明显;但烘干干燥对糯小麦籽粒角质率的影响极大,渝 L-1 角质籽粒和 12LF₆-12 半角质籽粒在烘干干燥 70 和 110 min 开始粉质化,所有糯小麦籽粒都转变为粉质籽粒,籽粒角质率下降为 0,是导致糯小麦籽粒粉质化转变的重要外因,同时其粉质化时间还受轮回亲本角质化程度的影响。在烘干干燥脱水过程中,烘干干燥导致所有试验材料籽粒脱水,其籽粒相对含水量不断减少,对普通小麦籽粒角质率的影响不明显,但对糯小麦籽粒角质率的影响极显著,是导致胚乳结构改变而成为糯小麦籽粒粉质化转变的直接原因。浸泡复水提高了所有试验材料的籽粒含水量,会降低普通小麦籽粒的角质率,但对粉质化后糯小麦籽粒角质率的影响不明显,表明粉质化后的糯小麦籽粒已经无法恢复到角质或半角质状态,烘干干燥脱水对糯小麦籽粒粉质化转变的影响是一个不可逆转的单向转变过程。

参考文献

- [1] 金善宝. 中国小麦学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1985: 950-970.
- [2] 刘广田, 李保云. 小麦品质性状的遗传及其遗传改良[J]. 农业生物技术学报, 2000, 8(4): 307-314.
- [3] NAKAMURA T, YAMAMORI M, HIRANO H, et al. Production of waxy (amylose-free) wheats[J]. Molecular and general genetics, 1995, 248(3): 253-259.
- [4] HOSHINO T, ITO S, HATTA K, et al. Development of waxy common wheat by haploid breeding[J]. Breeding science, 1996, 46(2): 185-188.
- [5] 姚金保, 杨学明, 姚国才, 等. 糯小麦种质资源 H9908 的评价与利用[J]. 麦类作物学报, 2004, 24(4): 116-118.
- [6] 张伯桥, 吕国峰, 张晓祥, 等. Wx 基因变异对小麦籽粒胚乳质地的影响[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(1): 47-50.
- [7] 张桂珍. 环境条件对小麦籽粒角质率变化的影响[J]. 山东农业科学, 2007(2): 50-51.
- [8] 张建成, 张汇娟, 杜瑞霞, 等. 影响小麦籽粒角质率因素的初探[J]. 麦类作物学报, 2003, 23(3): 142-143.
- [9] 张铁恒, 张红艳, 张红, 等. 小麦籽粒蛋白质和淀粉特性与角质率的相关分析[J]. 农业科技通讯, 2016(12): 146-149.

度上实现了烤后片烟加工的精细化控制。该方法可基于多参数指标(以烟碱为例)描述成品片烟箱的质量,避免实验室抽样检测带来的偏差。

该试验考察了保山 C3F 等级的原烟复烤加工,其成品片烟箱 550 箱。统计 550 箱在加工过程中的在线烟碱数据,与在每箱打包前提取的样品送实验室近红外分析的烟碱数据(此数据表征片烟烟箱)进行对比,结果如图 7 所示。从图 7 可以看出,烟箱烟碱数据波动和在线烟碱数据波动基本一致,其值位于实测在线烟碱数据极值范围内,烟箱烟碱数据可以反映出加工质量数据。这说明在线数据和烟箱数据实现了一一对应关系。

3 结论

云南烟叶复烤有限责任公司保山复烤厂利用在线近红外检测烤后片烟化学成分,PLC 装箱烟流切换,使烤后片烟在线数据与片烟成品(片烟箱)数据一一对应,实现了加工质量数据在成品上的精细化,用更多在线化学成分数据描述成品片烟箱的质量,避免了实验室抽样检测带来的偏差。此项

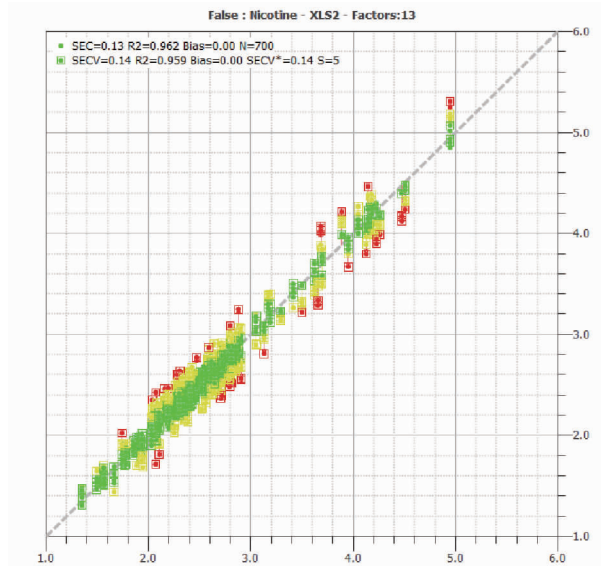


图 6 模型效果

Fig. 6 The effect of the model

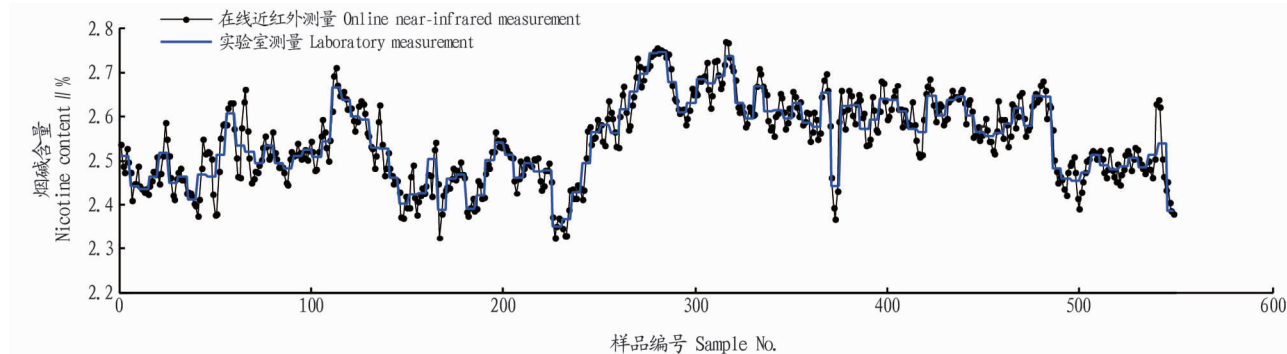


图 7 烤后烟叶数据追踪

Fig. 7 Data tracking of post-baked tobacco leaf

系统已经稳定运行了 2 个烤季,运行效果非常好。此烟叶加工质量评价系统解决了在线数据与片烟烟箱数据的正确匹配,较为准确地描述了片烟烟箱的有关指标,为复烤均质化加工评价提供了准确可信的数据,同时为后续工业加工提供了准确可靠的原料,保证了片烟成品质量数据的可信度,值得在原烟复烤加工企业进一步推广应用。

参考文献

- [1] 魏焯昕,党江波,李超,等. 不同倍性烟草杂交获得六倍体烟草植株[J]. 中国烟草学报,2013,19(6):50-54.
- [2] 王宏铝,王筑临,许小双,等. 基于在线烟碱预测模型的烟叶复烤均质化加工[J]. 烟草科技,2015,48(6):73-77.
- [3] 汤敏. 烟叶复烤加工企业生产成本控制研究[J]. 中国经贸,2016(14):209-210.
- [4] 褚小立,袁洪福,陆婉珍. 近红外分析中光谱预处理及波长选择方法进展与应用[J]. 化学进展,2004,16(4):528-542.
- [5] 杜瑞华,周明松. 连续流动分析法在烟草分析中的应用[J]. 中国测试

技术,2007,33(3):76-78.

- [6] 义胜辉,唐天宽,汪意湘,等. 浅谈当今烟草行业复烤节能减排技术研究与应用[J]. 农业与技术,2012,32(9):40.
- [7] 王晓耕,江家洪,冉宁,等. 烟叶分切工艺在打叶复烤生产中的应用[J]. 烟草科技,2005,38(2):3-4,40.
- [8] 蔡联合,韦建玉,邹克兴,等. 叶中含梗率对烤烟打叶加工质量的影响[J]. 贵州农业科学,2007,45(1):140-143.
- [9] 陆婉珍,袁洪福,徐广通,等. 现代近红外光谱分析技术[M]. 北京:中国石化出版社,2000.
- [10] 杜文,易建华,黄振军,等. 打叶复烤烟叶化学成分在线检测和成品质量控制[J]. 中国烟草学报,2009,15(1):1-5.
- [11] 汤朝起,刘颖,束茹欣,等. 应用在线近红外光谱分析复烤前后原烟及片烟的质量特性[J]. 光谱学与光谱分析,2014,34(12):3273-3276.
- [12] 于春霞,马翔,张晔晖,等. 基于近红外光谱和 SIMCA 算法的烟叶部位相似性分析[J]. 光谱学与光谱分析,2011,31(4):924-927.
- [13] 邓斌,范梅,刘洪. SPC 技术在烟叶打叶复烤质量管理中的应用[J]. 湖南农业科学,2006(6):96-98,101.
- [14] 孙承顺,李建林,程新宇,等. 把叶分离工艺在打叶复烤中的应用[J]. 中国烟草科学,2007,28(2):14-16.

(上接第 199 页)

- [10] BECHTEL D B, WILSON J D, MARTIN C R. Determining endosperm texture of developing hard and soft red winter wheats dried by different methods using the single-kernel wheat characterization system [J]. Cereal

chemistry, 1996, 73(5):567-570.

- [11] 靳朝义. 新收获小麦后熟作用影响因素及调控研究[D]. 郑州:河南工业大学,2015:1-45.
- [12] 邓化冰. 糯稻品质研究现状与进展[J]. 作物研究,2000(1):45-48.