

## 萌动小麦的干物质损耗与品质分析

李毅念<sup>1</sup>, 卢大新<sup>2</sup>, 丁为民<sup>1</sup>, 胡志超<sup>3</sup>, 谢焕雄<sup>3</sup>, 张礼刚<sup>3</sup>

(1. 南京农业大学工学院, 南京 210031; 2. 北京农学院食品系, 北京 102206; 3. 农业部南京农业机械化研究所, 南京 210014)

**摘 要:** 对小麦籽粒经粒选和重力分选后获得的试样进行萌动发芽培养试验, 从培养开始(0 h)到 24 h 之间以一定时间间隔对不同萌动状态的小麦进行干物质损耗测定和品质分析, 结果表明: 干物质的损耗随着萌动时间的增加而增加; 容重(比重)越小, 干物质的损耗呈现增大的趋势; 各萌动时间段脂肪值则随着萌动时间的增加而增加; 萌动籽粒的粗蛋白质含量较未萌动籽粒的低; 萌动前期小麦籽粒的降落数值与未萌动籽粒相比基本上没有变化, 而萌动后期的降落数值下降较快, 表明此时淀粉酶的活性较高。

**关键词:** 小麦; 萌动; 干物质损耗; 品质分析

**中图分类号:** TS210.1

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1002-6819(2005)08-0190-03

李毅念, 卢大新, 丁为民, 等. 萌动小麦的干物质损耗与品质分析[J]. 农业工程学报, 2005, 21(8): 190-192

Li Yinian, Lu Daxin, Ding Weimin, et al. Analysis of dry matter loss and quality of protruding wheat seeds[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(8): 190-192 (in Chinese with English abstract)

### 0 引言

发芽小麦的品质性状变化国内外均有报道, 由于水解酶的水解作用, 小麦籽粒的干物质减少, 品质降低<sup>[1]</sup>。国内外学者对芽麦品质改良进行了很多研究, 主要从物理和化学两个方面进行处理<sup>[1-6]</sup>, 这些方法都以发芽小麦为研究对象, 而对于发芽与未发芽籽粒混合的实际情况, 相关研究报道很少。

董召荣等<sup>[7]</sup>选用面筋强度不同的 7 个小麦品种(系)为材料, 发芽 18 h, 千粒重降低幅度达 0.3%~2.2%; 吴玮<sup>[8]</sup>对受到雨害但芽未突破种皮的萌动小麦籽粒进行了品质测试, 结果表明芽未突破种皮的萌动小麦的品质与正常小麦相比已有所变化。

如何利用萌动或发芽籽粒与未发芽籽粒间的物理性质的差异, 分选出已萌动或发芽籽粒, 使整批小麦籽粒按小麦内部品质进行分级<sup>[9]</sup>, 而重力分选法就是利用已萌动或发芽籽粒与未发芽籽粒间的比重差异分选小麦的; 已发芽小麦籽粒其干物质损耗和品质下降较大, 利用重力分选机分选效果较明显<sup>[10]</sup>, 而处于不同萌动阶段的小麦籽粒重力分选效果又是如何呢? 因此需测试萌动阶段小麦籽粒的干物质损耗, 为重力分选建立理论基础; 而萌动时间段小麦籽粒的品质变化情况, 又是建立重力分选的必要依据。

国外研究者在研究谷物贮存环境条件时, 测试谷物的干物质损耗方式都采用碳水化合物水解时产生的二氧化碳的量来计算干物质损耗, 同时利用其作为评价谷物品质恶化的指标<sup>[11-14]</sup>。这是一种间接的测试谷物中碳水化合物损耗的方法, 本文则采用测试小麦籽粒萌动前后水分含量直接得到谷物干物质损耗的方法。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料与试验设备

供试材料: 江苏省盐城新洋农场产新洋 29 号小麦, 此材料

收稿日期: 2004-11-09 修订日期: 2005-05-04

基金项目: 江苏省自然科学基金资助项目(BK2003077)

作者简介: 李毅念, 博士生。南京 南京农业大学工学院, 210031。

Email: liyinian@163.com

通讯作者: 丁为民, 教授, 博士生导师, 从事农业机械化工程方面的研究。南京 南京农业大学工学院, 210031。

Email: wmdingcn@yahoo.com.cn

已过休眠期, 按照种子储藏方法存储。

发芽培养设备: 人工气候箱(HSR 025 型, 南京实验仪器厂); 发芽培养床: 纱布覆盖发芽床; 天平(精度 0.0001 g, FA 1004 上皿电子天平, 上海精密科学仪器有限公司天平厂); 小麦精选加工试验设备: LA-LS 风筛选试验台(丹麦产); L-K 重力选试验台(丹麦产)。

#### 1.2 试验方法

1) 发芽培养方式: 采用纱布覆盖发芽床, 模拟田间成熟小麦籽粒在收获时受到雨害的情形进行萌动培养, 常温下处理, 水浸泡 3 h, 采用光照培养, 培养每一时间段均采用 5 份样品重复进行测试, 每份约 100 g 左右。

2) 水分测试方式: 按照日本国农业机械学会标准: 非破碎颗粒物料 10 g 在 135℃下保持 24 h(135℃-24h-10g 粒)或美国农业工程学会(A SAE)标准<sup>[15]</sup>进行。这两个标准基本一致, 本文采用日本国农业机械学会标准, 直接对小麦籽粒的水分进行测试, 不需进行粉碎; 重复测试样的水分差不能大于 0.2%, 全部测试结果均为湿基水分含量。每份样品进行 4 次重复测试。水分测试过程中的系统误差为 0.01733 g/(100 g)。

3) 品质测试方法: 脂肪酸值的测定按 GB 5510-85, 粮食、油料检验脂肪酸值测定法; 粗蛋白质的测定按 GB 5511-85, 粮食、油料检验粗蛋白质测定法; 降落数值测定按 GB 10361-89, 谷物降落数值测定法进行测定。

#### 1.3 试验步骤

1) 标准样的加工: 根据重力分选机的工作原理, 小麦原样需经过严格的粒径分级, 使小麦籽粒的粒径(厚度)保证基本一致<sup>[16]</sup>, 粒径分级采用风筛选试验台, 风筛选按照小麦尺寸分布状况, 以 0.2 mm 为级, 按小麦厚度尺寸进行分级, 分级共分 < 2.4 mm, 2.4~2.6 mm, 2.6~2.8 mm, 2.8~3.0 mm, 3.0~3.2 mm, 3.2~3.4 mm 和 > 3.4 mm 7 个尺寸区间; 中间 5 个粒径区间的容重值分别为 775.8, 793.4, 807.9, 810.5, 801.8 g/L; 经过尺寸分级的小麦, 对 3.0~3.2 mm 粒径区间的籽粒再进行重力分选, 分选口共分为 5 个口, 从第 1 口到 5 口其容重(比重)依次减小, 各口的容重测试值为 816.6, 812.8, 810.0, 808.6, 804.0 g/L, 第 5 口可作为废弃物, 从而分选出此级尺寸区间内的芽麦、饱满籽粒和受到虫害等比重较轻的籽粒<sup>[10, 17]</sup>, 这样进一步保证了籽粒个体间比重的基本一致, 有利于避免因个体间尺寸和比重的差异造成的个体间发芽活力的差异以及对发芽势和发芽率的影响, 选用重力分选后第 1 口和第 2 口中的物料为萌动小麦的培养对象。

2) 试验过程: 对 5 份标准原始样进行水分测试, 求出标准样的水分; 按照发芽培养方式进行培养; 对培养给定时间段的样品进行低温干燥; 干燥后进行水分测试。

### 3) 萌动小麦的干物质损耗的计算

$$\Delta m = m_1(1 - s_1) - m_2(1 - s_2)$$

式中  $\Delta m$  —— 小麦干物质的损耗量,  $m_1$  —— 小麦原始样(萌动前)的质量,  $m_2$  —— 小麦萌动干燥后的质量,  $s_1$  —— 小麦原始样(萌动前)的水分含量,  $s_2$  —— 小麦萌动干燥后的水分含量。然后把干物质的损耗换算为每 100 g 原样小麦的干物质损耗, 以便进行比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 小麦萌动不同时间段的干物质损耗

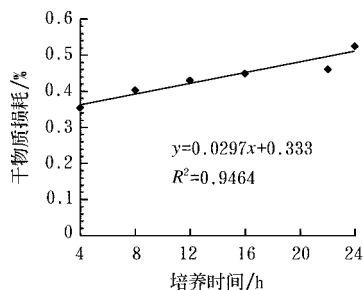
纱布覆盖培养方式是模拟田间成熟小麦籽粒受到雨害的情况, 因此对小麦籽粒仅受到水浸泡约 5 min 和浸泡 1 h 两种情况进行了干物质损耗测试。当把小麦籽粒仅浸泡约 5 min 然后迅速在鼓风干燥箱中干燥, 同样存在干物质的损耗, 其值为 0.220 g/(100 g), 浸泡 1 h 的干物质损耗为 0.338 g/(100 g), 因此可以看出, 小麦籽粒成熟后, 如果受到雨害或受潮, 虽然迅速干燥, 但

仍然存在干物质的损耗。因此小麦成熟后应尽量避免受到雨害或受潮。各萌动不同时间段小麦籽粒的干物质损耗见图 1。总体来说, 对每一口来说, 随着萌动时间的增加, 干物质的损耗亦增加; 同一培养时间段第 2 口比第 1 口干物质损耗大, 淀粉水解酶的活性亦较大。从拟合的回归直线的斜率可以看出: 第 2 口拟合回归直线的斜率比第 1 口大, 说明干物质的消耗量的趋势在增大; 第 1 口萌动 24 h 与萌动 4 h 干物质的消耗之差为 0.169 g/(100 g), 第 2 口的干物质的消耗之差为 0.371 g/(100 g)。由此可以看出, 重力分选机分选口 1 与 2 之间的小麦籽粒间干物质损耗存在差异, 淀粉水解酶的活性亦存在差异, 说明重力分选机能够按照小麦籽粒的淀粉水解酶活性大小进行分级, 因此建立了重力分选机具有按小麦籽粒内部品质进行分级的重要依据。

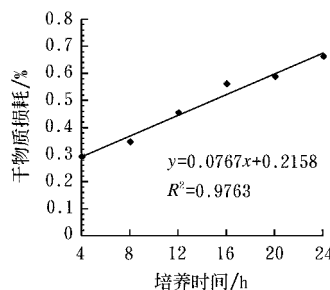
### 2.2 小麦萌动不同时间段的品质分析

选用重力分选第 2 口的物料进行萌动培养的品质测试, 品质的变化主要测试了三个指标: 脂肪酸值、粗蛋白质含量和降落数值<sup>[18]</sup>。各测试指标为两次测试值的平均值。

以 4 h 为间隔, 分别为 4、8、12、16、20 h 和 24 h 6 个样, 各测试指标见图 2。



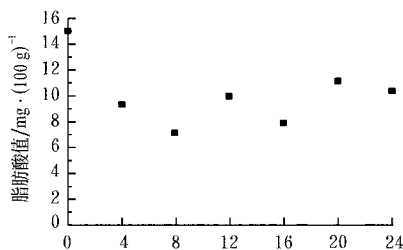
a. 第 1 口容重 816.6 g/L 的小麦干物质的损耗曲线



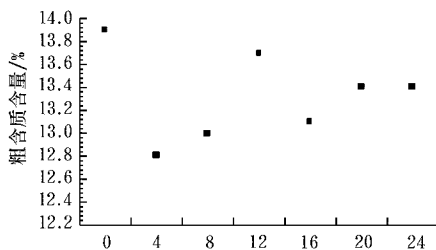
a. 第 2 口容重 812.8 g/L 的小麦干物质的损耗曲线

图 1 重力分选第 1 口和第 2 口小麦干物质损耗曲线

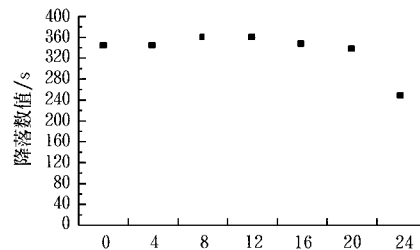
Fig 1 Dry matter loss curves for gravity separating grains in the first and second discharge holes



a. 脂肪酸值的变化



b. 粗蛋白质含量的变化



c. 降落数值的变化

图 2 原样与萌动不同时间段后小麦脂肪酸值、粗蛋白质含量和降落数值的变化

Fig 2 Change curves of fatty acid value, crude protein content and falling number on non-protruded wheat and protruded wheat at different protruded stages

各萌动不同时间段的小麦脂肪酸值整体降低, 随着萌动时间的增加, 脂肪酸值呈增大的趋势, 在脂肪酶的作用下, 脂肪(甘油三酸酯)被水解成为甘油和脂肪酸, 然后被胚吸收并在合成磷脂时加以利用<sup>[19]</sup>, 因此脂肪酸值随着萌动时间的增加而增加; 粗蛋白质的含量与未萌动小麦籽粒相比整体有所降低, 说明萌动后蛋白水解酶已经开始水解可溶性蛋白质成氨基酸, 产生的氨基酸进入胚的生长部位, 直接或经过转化成为新细胞蛋白质合成的原料; 降落数值从 0 h 到 20 h 基本上变化不大, 淀粉酶的活性还没有完全被激活, 24 h 时降落数值比未萌动小麦籽粒突然降低了近 100 s, 说明 20 h 以后淀粉酶的活性已经很强, 开始水

解淀粉成葡萄糖供小麦籽粒萌发的能量, 而此时籽粒萌动状态基本处于将要露白的阶段。

## 3 结论与讨论

小麦籽粒在萌动过程的生化活动中, 主要存在贮存蛋白的水解, 胚细胞蛋白质合成, 淀粉的降解和脂肪的水解。由于小麦籽粒萌动时蛋白质、淀粉和脂肪在蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶等水解酶的作用下, 发生水解, 产生的水解产物被胚吸收利用。由于水解酶对能量物质的水解作用, 籽粒中的干物质的量不断减小, 从而同时导致这些能量物质的品质指标亦相应地发生变化。

1) 从试验可以看出: 随着培养时间的增加, 小麦籽粒的干物质损耗亦增加, 说明小麦籽粒成熟后, 如果受到雨害或受潮, 虽然迅速干燥, 但仍然存在干物质的损耗。

2) 经粒径(籽粒厚度)分级, 重力分选后, 各分选口小麦籽粒萌动时干物质的损耗存在差异, 容重(比重)越小的籽粒, 干物质的损耗越大, 这与籽粒内部水解酶的活性有关。经重力分选机分选后各分选口小麦籽粒的水解酶活性存在差异, 因此各分选口的小麦品质存在差异, 从而达到了按小麦籽粒的内部品质分级的要求。在实际生产中, 不同年份、不同地区、甚至不同农户生产的小麦品质都存在差异, 为保证面粉的加工适性, 亦可采用合理设定分选口的方法达到按小麦籽粒内部品质分级的目的<sup>[9]</sup>。

3) 通过对萌动各不同时间段小麦籽粒的品质分析表明, 各萌动时间段脂肪酸值随着萌动时间的增加而增加, 粗蛋白质含量较萌动前降低, 水解酶在分解蛋白质, 供胚利用, 降落数值则从 20 h 后才突然降低, 降幅达近 100 s, 说明此时淀粉酶活性特别高, 淀粉水解迅速。从以上测试指标可以看出, 处于萌动时间段的小麦籽粒的品质已经降低, 因此进行重力分选, 使其按品质分级是必要的。具体不同萌动深度和程度小麦籽粒的重力分选效果见后续报道。

#### [参 考 文 献]

- [1] 李毅念, 卢大新, 丁为民. 芽麦的品质与改善品质方法的探讨[J]. 粮油加工与食品机械, 2003, (11): 50- 52
- [2] 王若兰, 李伟莉. 降低  $\alpha$ -淀粉酶活性提高发芽小麦食用品质的研究[J]. 郑州粮食学院学报, 1992, 13(2): 43- 49
- [3] 王若兰. 影响发芽小麦粉粘度值的因素及改善效果的研究[J]. 粮食储藏, 1999, 28(3): 40- 46
- [4] 时予新. 制粉新技术: 小麦剥皮制粉[J]. 郑州粮食学院学报, 1995, 16(2): 14- 19
- [5] 万慕麟, 郑金怀, 孟骥超, 等. 发芽小麦品质的研究[J]. 粮食储藏, 1991, 20(1): 35- 43
- [6] 路茜玉, 金跃军. 芽麦蛋白质变化的研究[J]. 郑州粮食学院学报, 1992, 13(2): 1- 10
- [7] 董召荣, 柯建国, 马传喜. 不同品种小麦籽粒发芽深度对其加工品质的影响[J]. 南京农业大学学报, 2000, 23(2): 9- 12
- [8] 吴 玮. 对芽未突破种皮小麦品质的分析[J]. 西部粮油科技, 1999, 20(1): 49- 50
- [9] 卢大新. 比重分选机对收获期受雨害小麦的精选分级效果[J]. 西北农业学报, 2001, 10(3): 87- 89
- [10] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册(下册)[M]. 北京: 机械工业出版社, 1990, 423- 430
- [11] S A. Al-Yahya. Effect of storage condition on germination in wheat[J]. Journal of Agronomy & Crop Science, 2001, 86: 273- 279
- [12] S A. Al-Yahya, Bern C J, Misra M K, et al. Carbon dioxide evolution of fungicide-treated high-moisture corn [J]. Transactions of the ASA E, 1993, 36(5): 1417- 1422
- [13] Wilcke W F, Ng H F, Meronuck R A, et al. Storability of wheat infected with fusarium head blight [J]. Transactions of the ASA E, 1999, 42(3): 733- 742
- [14] Wilcke W F, Gupta P, Meronuck R A, et al. Effect of changing temperature on deterioration of shelled corn [J]. Transactions of the ASA E, 2000, 43(5): 1195- 1201
- [15] ASA E Standards 2003: Moisture Measurement-U nground Grain and Seeds[S]. American Society of Agricultural Engineering, St Joseph, M I 592- 593
- [16] 卢大新. 日本小麦精选系统中粒径分选机的精选效果[J]. 西北农业学报, 2001, 10(2): 64- 66
- [17] 吴守一, 方如明. 种子在重力式精选机台面上的运动规律[J]. 农业机械学报, 1988, 19(1): 23- 30
- [18] 牛 森. 作物品质分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1992
- [19] 金善宝. 中国小麦学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996

## Analysis of dry matter loss and quality of protruding wheat seeds

Li Yinian<sup>1</sup>, Lu Daxin<sup>2</sup>, Ding Wein<sup>1</sup>, Hu Zhichao<sup>3</sup>, Xie Huanxiong<sup>3</sup>, Zhang Ligang<sup>3</sup>

(1. College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China;

2. Department of Food Science, Beijing Agricultural College, Beijing 102206, China;

3. Nanjing Institute for Agricultural Mechanization, Ministry of Agriculture, Nanjing 210014, China)

**Abstract** Protruding experiments were implemented on wheat that had been graded according to grain thickness and then separated according to specific gravity, and dry matter loss and quality were seeds tested on protruding wheat at a certain time interval from 0 h to 24 h. And tested results show that dry matter loss of protruding wheat increases as protruding time increases, and the less the bulk gravity, the larger the dry matter loss and the trend to dry matter loss. Quality analysis appears that fatty acid value of protruding wheat does increases as protruding time increases; crude protein content to wheat at protruding state is less than that at the non-protruding state and falling number of wheat at the non-protruding and early protruded state is not variable on the whole, but the falling number decreases quickly until late protruding state and amylase activity increases more sharply than ever.

**Key words:** wheat; protruding; dry matter loss; quality analysis