

不同基因型啤酒大麦品种(系)籽粒 灌浆特征及产量性状

刘建华¹, 闫志利², 潘永东¹, 张华瑜¹, 柳小宁¹

(1. 甘肃省农业科学院啤酒原料研究所, 甘肃 兰州 730070;

2. 河北科技师范学院职业教育研究所, 河北 秦皇岛 066004)

摘要: 以 9 个不同基因型啤酒大麦品种(系)为供试材料, 比较了籽粒灌浆特性及产量性状等指标。结果表明: 不同基因型啤酒大麦品种(系)籽粒灌浆过程均呈“S”型曲线变化, 开花后天数与千粒重的关系均符合 Logistic 方程, 籽粒灌浆速率变化均呈“慢—快—慢”规律; 高秆、旗叶宽大的品种(系)粒重增加时间较早; 分蘖能力强或旗叶宽大的品种(系)灌浆速率峰值显现较早, 且为单峰, 其他品种(系)则为双峰; 株高、分蘖能力、旗叶适中的品种(系)保持较高灌浆速率的持续时间较长; 在各灌浆特征参数中, 最大灌浆速率(R_{\max})与产量的灰色关联度最大, 平均灌浆速率(R)与千粒重的灰色关联度最大, 起始生长势(C_0)对前期贡献率的灰色关联度最大。旗叶宽大、分蘖能力和抗旱性较强的品种(系)穗长和穗粒重最大, 穗粒数最多, 具有一定的产量优势, 可作为育种选择目标。0110-16 和甘啤 7 号品种(系)单位面积产量较高, 可在生产上推广应用。

关键词: 啤酒大麦; 基因型; 品种(系); 灌浆特征; 产量性状

中图分类号: S512.31 **文献标志码:** A

Characterizations of grain-filling and yield in malting barley cultivars of different genotypes

LIU Jian-hua¹, YAN Zhi-li², PAN Yong-dong¹, ZHANG Hua-yu¹, LIU Xiao-ning¹

(1. Institute of Beer Material, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Institute of Vocational Education, Hebei Normal University of Science & Technology, Qinhuangdao, Hebei 066004, China)

Abstract: Mon-factor Randomized Complete Block Design (RCBD) experiment was conducted to analyze the indexes including grain-filling and yield characteristics of nine malting barley cultivars. Results indicated that the grain-filling processes in malting barley cultivars of different genotypes exhibited changes in an S-like shape, relationship of theirs between days after flowering and thousand grain weight all best fitted the Logistic Growth Equation (LGE), and the variations of their grain-filling rates were all in slow-fast-slow trend. The gain of grain weight happened earlier in cultivars with tall plant and wide flag leaf than others. Filling rate reached its only peak earlier in cultivars with strong tillering ability and wide flag leaf than other cultivars that owned two peak rates. The cultivars with moderate plant height, tillering ability, and flag leaf, retained a high filling rate for a relative long time. Among parameters related to filling characteristics, the grey correlation degrees between R_{\max} and yield, between R and thousand grain weight, and between C_0 contribution and earlier growing stage, remained the highest. Ear length, grain weight per ear, and seeds per ear in cultivars with wide flag leaf, high tillering ability, and strong drought resistance, were found to reach their best levels, which might be advantageous in production and useful for breeding. The yields per unit area were high in 0110-16 and Ganpi 7 which could be extended for production.

Keywords: malting barley; genotype; cultivar; grain-filling characteristic; yield characteristic

啤酒大麦产量受遗传因素及栽培环境等影响, 探明不同基因型啤酒大麦的灌浆特征及产量性状,

收稿日期: 2014-05-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(31160282)

作者简介: 刘建华(1980—), 男, 甘肃兰州人, 博士, 助理研究员, 研究方向为啤酒大麦栽培与育种研究。E-mail: ljhren@qq.com。

通讯作者: 闫志利(1963—), 男, 河北唐山人, 博士, 研究员, 研究方向为作物生理。E-mail: zhili310@tom.com。

对选育高产优质品种具有重要意义。以往关于麦类作物灌浆特征及产量性状的研究,多集中于施氮水平、播期、株型以及逆境胁迫等方面^[1-6]。蒋玮等^[7]应用 SSR 分析法,研究了不同基因类型啤酒大麦品种的遗传多样性,确认了甘啤系列品种(系)与野生材料间的血缘关系。冯辉等^[4]研究了不同棱型大麦品种(系)籽粒灌浆特性和产量性状,确认大麦籽粒灌浆进程均呈“慢—快—慢”S 型曲线,籽粒灌浆过程缓增期持续时间较长,快增期持续时间次之,渐增期时间较短。在一定穗数下,千粒重高的品种产量较高。杨树明等^[8]研究了不同地区啤酒大麦品种的农艺性状表现,认为云南省啤酒大麦的主要特点是成熟期长,穗长、穗粒数、穗粒重、千粒重等中等,而国外品种穗粒重和千粒重较大。张海成等^[9]研究了 4 个引进啤酒大麦品种(系)在陕西省的性状表现,确定其在产量构成因素方面的比较优势。有关不同基因型啤酒大麦品种(系)籽粒灌浆特性及产量性状的研究较少,在一定程度上影响了啤酒大麦种质资源的有效利用及新品种选育工作。基于前人研究成果,本研究在甘肃省啤酒大麦主产区——河西灌区进行了田间试验,探讨了不同基因型啤酒大麦品种

(系)籽粒灌浆特性及产量性状的差异,旨在为西北干旱与半干旱地区选育高产、优质啤酒大麦品种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2012 年在甘肃省农业科学院武威市黄羊镇农业试验站进行。试验区海拔 1 766 m,年平均气温 6.9℃。大于 0℃初日为 3 月 16 日,终日为 11 月 10 日,间隔 240 d。年活动积温 32 100℃,年降雨量 216.7 mm,年日照时数为 2 915.1 h。供试土壤为灌漠土,耕层(0~20 cm)有机质 17.1 g·kg⁻¹,全氮 1.00 g·kg⁻¹,全磷 0.87 g·kg⁻¹,全钾 38.50 g·kg⁻¹,速效氮 70.3 mg·kg⁻¹,速效磷 35.4 mg·kg⁻¹,pH 值为 8.30。前茬作物为大麦。

1.2 试验材料

依据甘肃省气候特点及啤酒大麦株高、旗叶特征、分蘖能力、抗旱性、抗倒伏性等育种观察目标,选择目前甘肃省主栽品种——甘啤 4 号和甘肃省农科院新培育的 9 个不同基因型啤酒大麦品种(系)为供试品种。各供试品种名称及主要性状见表 1。

表 1 供试啤酒大麦品种(系)主要性状表现

Table 1 The major gene expression profiles of malting barley cultivars

品种(系) Cultivars	株高 Plant height	旗叶 Flag leaf	分蘖能力 Tillering ability	抗旱性 Drought resistance	抗倒性 Lodging resistance
甘啤 4 号 Ganpi 4	适中 Moderate	适中 Moderate	强 Stronger	适中 Moderate	强 Stronger
甘啤 5 号 Ganpi 5	高秆 Taller	适中 Moderate	弱 Weak	强 Stronger	弱 Weak
甘啤 7 号 Ganpi 7	适中 Moderate	适中 Moderate	强 Stronger	强 Stronger	适中 Moderate
0110-16	适中 Moderate	宽大 Wider	适中 Moderate	弱 Weak	适中 Moderate
0110-187	适中 Moderate	窄小 Narrow	适中 Moderate	弱 Weak	适中 Moderate
9936-2	适中 Moderate	适中 Moderate	适中 Moderate	弱 Weak	适中 Moderate
9922-28	适中 Moderate	适中 Moderate	适中 Moderate	弱 Weak	适中 Moderate
0014-28	适中 Moderate	窄小 Narrow	适中 Moderate	弱 Weak	强 Stronger
0008-3	高秆 Taller	宽大 Wider	弱 Weak	适中 Moderate	弱 Weak

1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组设计,3 次重复,共 27 个小区。小区面积 12.5 m²(2.5 m×5 m),小区间、重复间分别设置 25 cm、50 cm 的走(过)道,试验区四周设 2 m 宽的保护行。3 月 20 日播种,播种密度设置为 450 万株·hm⁻²。7 月 24 日收获。其它管理措施同常规生产。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 粒重测定 在抽穗期,各处理选择长势一致穗 200 穗,并挂牌标记。自开花后 3 d 起,每隔 3 d 随机取标记穗 10 穗,直至成熟。每穗取中部籽粒

10 粒,共计 100 粒。利用恒温箱在 105℃ 条件下杀青 20 min,后降至 80℃ 下烘至恒重,用 1% 天平测定粒重。

1.4.2 产量测定 收获时单打单收,测定各小区实际产量。试验取样给小区实际产量带来的影响忽略未计。

1.5 数据分析方法

1.5.1 灌浆参数分析 以开花后天数(t)为自变量,千粒重(Y)为依变量,用 Logistic 方程对籽粒生长过程进行拟合^[10]。公式为:

$$Y = K / (1 + e^{A+Bt}) \quad (1)$$

其中, K 为最大生长量上限; A 、 B 为常数。

由公式(1) 求一阶导数, 得灌浆速率方程, 公式为:

$$V(t) = K \times e^{A+Bt} / (1 + e^{A+Bt})^2 \quad (2)$$

由公式(2) 推导出次级灌浆参数, 主要包括平均灌浆速率 $R(g \cdot d^{-1})$ 、灌浆持续天数 $T(d)$ 、最大灌浆速率 $R_{max}(g \cdot d^{-1})$ 和灌浆速率达最大值的时间 $T_{max} \cdot R(d)$ 。同时, 估算渐增期(前期)、快增期(中期)和缓增期(后期)的灌浆持续天数 T_1 、 T_2 、 T_3 和各阶段的平均灌浆速率 R_1 、 R_2 、 R_3 及快增期结束时间 $t_2(d)$, 分别计算各次级灌浆参数(以下简称灌浆参数)对籽粒灌浆的贡献率。

令 Logistic 的 $t \rightarrow 0$, 计算起始生长势 C_0 , C_0 表示受精子房的生长潜势。公式为:

$$C_0 = K / (1 + e^A) \quad (3)$$

1.5.2 灰色关联分析 采用灰色关联分析法^[11], 分别以产量、千粒重、前期贡献率、中期贡献率及后期贡献率为参考数列, 各籽粒灌浆参数指标为比较数列, 进行灰色关联度测定。灰色关联分辨系数设定为 0.5。

1.5.3 数据分析工具 采用 Microsoft Excel 2003 软件对数据进行整理, 并建立数据库。采用 SPSS 17.0 统计软件对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 籽粒灌浆模型

不同基因型啤酒大麦品种(系)开花后籽粒灌浆动态曲线如图 1a 所示。可见, 不同基因型啤酒大麦品种(系)籽粒灌浆过程均呈“S”型曲线变化。开花后 3 d, 各品种(系)千粒重差异不大, 此后, 不同基因型品种(系)千粒重差异增大。高秆、旗叶宽大的品系 0008-3 开花后 12 d 千粒重开始明显增加, 株高、旗叶适中而抗旱性弱的品系 9936-2 和 9922-28 千粒重在花后 18 d 开始明显增加, 并保持到灌浆结束。旗叶窄小的品系 0110-187、0014-28 和高秆、抗旱性弱、旗叶适中的品种甘啤 5 号千粒重处于较低水平, 开花后 15~27 d 呈显著增加趋势。其他品种千粒重增加趋势均较为平缓。

不同基因型啤酒大麦品种(系)开花后籽粒灌浆速率变化曲线如图 1b 所示。可见, 不同基因型啤酒大麦品种(系)籽粒灌浆速率前期均呈上升趋势, 特别是开花后 9~12 d 升幅较大, 不同基因型品种(系)升幅不一; 12~21 d 籽粒灌浆速率升幅较为平缓, 21 d 后籽粒灌浆速率均呈下降趋势, 不同基因型品种(系)降幅不一。高秆品种(系)甘啤 5 号和 0008

-3 表现出最大灌浆速率时间延后趋势。株高、分蘖能力均适中且抗旱性弱、旗叶适中或窄小的品系 0110-187、0014-28、9936-2 和 9922-28 开花 24 d 后一直保持较高的灌浆速率。其他 3 个品种(系)籽粒灌浆速率平缓期较短, 下降时间较早。

将不同基因型啤酒大麦品种(系)开花后天数(t)与千粒重(y)的关系拟合为 Logistic 方程, 其参数估计值、拟合度如表 2 所示。可见, 各方程拟合度均在 0.96 以上, 说明不同基因型啤酒大麦品种(系)籽粒灌浆过程均符合 Logistic 模型。计算结果表明, 开花后 0~12 d 籽粒灌浆过程为缓慢上升阶段(前期), 12~25 d 为快速上升阶段(中期), 25 d 后为缓增阶段(后期)。不同基因型品种(系)籽粒灌浆速率变化均呈“慢—快—慢”趋势, 不同基因型品种(系)间表现出一定差异。分蘖能力强的 2 个品种甘啤 4 号、甘啤 7 号和株高、分蘖能力、抗倒性适中且旗叶宽大的品系 0110-16 灌浆速率峰值均出现在开花后第 12 天, 峰值过后灌浆速率处于较低水平。其余 6 个品种(系)灌浆速率分别在开花后 12 d、15 d 出现两个峰值, 其间灌浆速率有所下降, 开花后 18 d 达到最大灌浆速率, 峰值过后灌浆速率趋于平缓。

2.2 籽粒灌浆特征

由拟合方程计算而得的不同基因型啤酒大麦品种(系)籽粒灌浆参数表现出较大差异, 具体如表 3 所示。

不同基因型啤酒大麦品种(系)与时间相关的灌浆参数 $T_{max} \cdot R$ 从高到低分别依次为 0110-187、甘啤 5 号、0014-28、0008-3、9936-2、9922-28、0110-16、甘啤 7 号、甘啤 4 号, T 从高到低依次为 0110-187、0014-28、9936-2、9922-28、甘啤 5 号、0008-3、0110-16、甘啤 7 号、甘啤 4 号, t_2 从高到低依次为 0110-187、0014-28、甘啤 5 号、9936-2、0008-3、9922-28、0110-16、甘啤 7 号、甘啤 4 号。可见, 旗叶窄小、抗旱性弱且株高、分蘖能力、抗倒性均适中的品系 0110-187 各项与时间相关的灌浆参数值均为最高, 旗叶宽大但抗旱性弱的品系 0110-16 和分蘖能力、抗旱性强且株高、旗叶宽大的品种甘啤 7 号、甘啤 4 号依次降低, 其他品种次序表现出一定差异。

不同基因型品种(系)与速度相关的灌浆参数 C_0 从高到低依次为 9922-28、9936-2、0014-28、0110-16、甘啤 7 号、0110-187、甘啤 4 号、0008-3、甘啤 5 号, R_{max} 从高到低依次为 9936-2、9922-28、0008-3、0110-16 和 0110-187(2 品种数值相同)、0014-28、甘啤 5 号、甘啤 4 号、甘啤 7 号, R 从高到

低依次为 9936 - 2、0008 - 3、9922 - 28、0110 - 16、0110 - 187、甘啤 5 号、甘啤 4 号、0014 - 28、甘啤 4 号。可见,株高、旗叶、分蘖能力、抗倒性均适中但抗

旱性弱的品系 9936 - 2、9922 - 28 与速度相关的各项灌浆参数值均较高,其他品种(系)次序表现出一定差异。

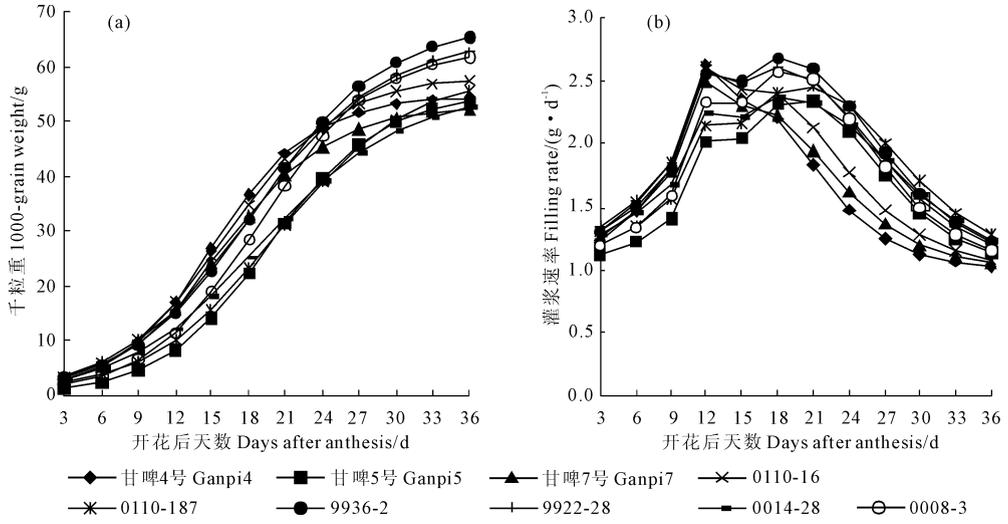


图 1 不同啤酒大麦品种(系)的籽粒灌浆动态曲线(a)及灌浆速率变化曲线(b)

Fig. 1 Curves on grain fillings (a) and filling rates (b) in malting barley cultivars of different genotypes

表 2 不同基因型啤酒大麦品种(系)籽粒灌浆过程的 Logistic 方程参数估计值

Table 2 Calculated parameters of Logistic equation for grain fillings in malting barley cultivars of different genotypes

品种(系) Cultivars	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>k</i>	拟合度 <i>R</i> ²
甘啤 4 号 Ganpi 4	3.7703	0.2494	54.5183	0.9900
甘啤 5 号 Ganpi 5	4.4380	0.2250	54.8607	0.9816
甘啤 7 号 Ganpi 7	3.5450	0.2248	52.7288	0.9737
0110 - 16	3.4747	0.2144	58.4427	0.9759
0110 - 187	3.8009	0.1874	58.4335	0.9655
9936 - 2	3.5598	0.1917	67.6641	0.9735
9922 - 28	3.3851	0.1872	64.9261	0.9767
0014 - 28	3.4007	0.1787	55.2270	0.9715
0008 - 3	4.0904	0.2152	63.4664	0.9802

表 3 不同基因型啤酒大麦品种(系)籽粒灌浆特征参数

Table 3 Grain filling parameters in malting barley cultivars of different genotypes

品种(系) Cultivars	<i>C</i> ₀	<i>T</i> _{max} · <i>R</i> /d	<i>R</i> _{max} /(g·d ⁻¹)	<i>T</i> /d	<i>R</i> /(g·d ⁻¹)	<i>t</i> ₂ /d	REFG/%	RMFG/%	RLFG/%
甘啤 4 号 Ganpi 4	1.23	15.12	2.35	27.11	1.44	20.40	18.52	69.72	13.02
甘啤 5 号 Ganpi 5	0.64	19.72	2.37	33.61	1.45	25.58	14.27	52.51	15.51
甘啤 7 号 Ganpi 7	1.48	15.77	2.32	28.87	1.37	21.63	16.73	61.85	16.70
0110 - 16	1.76	16.21	2.46	29.88	1.51	22.35	15.56	58.01	18.67
0110 - 187	1.28	20.28	2.46	36.27	1.48	27.31	14.91	55.26	9.72
9936 - 2	1.87	18.57	2.69	33.95	1.72	25.44	19.99	46.65	15.20
9922 - 28	2.13	18.08	2.62	33.64	1.64	25.12	21.93	46.10	14.67
0014 - 28	1.78	19.03	2.38	35.35	1.38	26.40	18.97	54.16	8.76
0008 - 3	1.04	19.01	2.59	33.20	1.66	25.13	17.27	51.53	14.56

注: REFG、RMFG、RLFG 分别为前期贡献率、中期贡献率、后期贡献率。下同。

Note: REFG、RMFG and RLFG means RGC of early filling stage, RGC of middle filling stage and RGC of late filling stage. The same below.

不同基因型品种(系)前期贡献率从高到低依次为 9922 - 28、9936 - 2、0014 - 28、甘啤 4 号、0008 - 3、甘啤 7 号、0110 - 16、0110 - 187、甘啤 5 号,中期贡献率从高到低依次为甘啤 4 号、甘啤 7 号、0110 - 16、0110 - 187、0014 - 28、甘啤 5 号、0008 - 3、9936 - 2、9922 - 28,后期贡献率从高到低依次为 0110 - 16、甘啤 7 号、甘啤 5 号、9936 - 2、9922 - 28、0008 - 3、甘啤 4 号、0110 - 187、0014 - 28。前期、中期、后期贡献率变化区间分别为 14.27% ~ 21.93%、46.10% ~ 69.72%、8.76% ~ 18.67%, 区间差分别为 7.66、23.62、9.91 个百分点。可见,不同基因型品种(系)中期贡献率差异最大,后期次之,前期最小。

2.3 产量及产量性状

室内考种结果及依据小区实测产量计算而得的单位面积产量如表 4 所示。

不同基因型啤酒大麦品种(系)产量性状表现出一定的差异。其中,穗长以 9936-2 品系最大,除品种 0110-16 外,与其他各品种(系)均表现出显著差异($P < 0.05$);穗粒数也以 9936-2 品系最多,与甘啤 4 号、9922-28、0008-3 品种(系)之间无出显著差异,与其他各品种(系)均表现出显著差异($P < 0.05$);穗粒重仍以 9936-2 品系最大,除 9922-28、0008-3 品系外,与其他品种(系)之间均表现出显著差异($P < 0.05$),与 0014-28 品系表现出极显著差异($P < 0.01$)。品系 9936-2 与 9922-28 株高、旗叶、分蘖能力、抗旱性、抗倒性等基因表现完全一致,说明尚存在其他控制穗长、穗粒数、穗粒重的基因。成穗数以分蘖力和抗倒伏性强的品种甘啤 7 号最多,与 9922-28、0014-28 品系之间表现出极显著差异($P < 0.01$),与 9936-2、0008-3 品系之间表现出显著差异($P < 0.05$),与其他品种(系)无显著

差异;千粒重以 0008-3 品系最大,与各品种(系)之间均表现出极显著差异($P < 0.01$);饱满率也以 0008-3 品系最大,与甘啤 4 号、甘啤 5 号、甘啤 7 号各品种之间均表现出极显著差异($P < 0.01$),与其他品系比较则表现出显著差异($P < 0.05$)。与其他品种(系)比较,株高和旗叶宽大的品系 0008-3 在千粒重、饱满率表现上均占有优势。

不同基因型啤酒大麦品种(系)产量由高到低依次为 0110-16、甘啤 7 号、甘啤 4 号、0110-187、9922-28、0008-3、9936-2、甘啤 5 号、0014-28。其中,0110-16、甘啤 7 号产量均达到 $9\ 000.00\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上,与 0008-3、9936-2、甘啤 5 号、0014-28 等品种(系)差异均达到显著水平($P < 0.05$),与甘啤 4 号、0110-187、9922-28 品种(系)间差异未达到显著水平($P > 0.05$)。0110-16 品系具有旗叶宽大的优势,甘啤 7 号在分蘖能力和抗旱性方面均具有优势。相比之下,旗叶窄小且抗旱性弱的品系 0014-28 单位面积产量仅为 $8\ 223.74\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,显著低于 0110-16、甘啤 7 号($P < 0.01$)。

表 4 不同基因型啤酒大麦品种(系)的产量及产量性状

Table 4 The yield and yield components in malting barley cultivars of different genotypes

品种(系) Cultivars	穗长 Panicle length /cm	穗粒数/粒 Grain number per spike	穗粒重 Weight per spike /g	成穗数 /(万个 $\cdot\text{hm}^{-2}$) Spike	千粒重 KGW /g	饱满率 Calibration /%	产量 Yield /($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)
甘啤 4 号 Ganpi 4	9.10bAB	23.87abAB	1.28bAB	911.9abA	52.79bB	85.62bcBC	8883.78abcAB
甘啤 5 号 Ganpi 5	8.53bB	23.47bAB	1.31bAB	921.0abA	45.23dC	83.18cC	8480.42cdAB
甘啤 7 号 Ganpi 7	8.83bAB	22.80bAB	1.21bAB	945.0aA	48.00cdC	83.32cC	9023.78abA
0110-16	9.33abAB	23.33bAB	1.31bAB	844.2abcAB	48.27cC	89.98abAB	9127.12aA
0110-187	8.97bAB	21.13bB	1.19bAB	880.6abAB	48.79cC	89.62abABC	8760.44abcAB
9936-2	10.60aA	27.53aA	1.70aA	749.9cBC	52.68bB	89.77abABC	8510.43cdAB
9922-28	9.10bAB	24.00abAB	1.41abAB	816.9bcAB	48.44cC	91.40aAB	8683.77abcdAB
0014-28	9.00bAB	22.20bAB	1.12bB	816.0bcAB	48.51cC	91.70aAB	8223.74dB
0008-3	8.07bB	23.87abAB	1.48abAB	625.4dC	57.77aA	94.44aA	8610.43bcdAB

注:不同小写字母代表差异显著($P < 0.05$),不同大写字母代表差异极显著($P < 0.01$)。

Note: The different small and capital letters within a column represent significant differences at the 0.05 and 0.01 probability, respectively.

2.4 灰色关联分析

不同基因型啤酒大麦品种(系)籽粒灌浆参数与产量、千粒重以及不同时期贡献率之间的灰色关联分析结果如表 5 所示。可见,不同基因型啤酒大麦品种(系)产量均表现为与后期贡献率的灰色关联度最大,中期贡献率次之,前期贡献率最小;千粒重与前期贡献率的灰色关联度最大,中期贡献率次之,后期贡献率最小。

在各灌浆参数中, R_{\max} 与产量的灰色关联度最大,其他灌浆参数与产量灰色关联度从大到小依次为 R 、 C_0 、 T_{\max} 、 R 、 T 、 t_2 ; R 与千粒重的灰色关联度

最高,其他灌浆参数与千粒重的灰色关联度从大到小依次为 R_{\max} 、 C_0 、 T_{\max} 、 R 、 T 、 t_2 。可见,除 R_{\max} 和 R 外,其他灌浆参数与产量、千粒重的灰色关联度排序基本一致。

由各灌浆参数与前期、中期、后期贡献率的灰色关联分析可见, C_0 对前期贡献率的灰色关联度最大,中期贡献率次之,后期贡献率最小; T_{\max} 、 R 、 T 、 t_2 均与后期灌浆贡献率灰色关联度最大,中期贡献率次之,前期贡献率最小; R_{\max} 与中期贡献率的灰色关联度最大,前期贡献率次之,后期贡献率最小; R 与中期贡献率的灰色关联度最大,后期贡献率次之,

前期贡献率最小。

表 5 各啤酒大麦品种(系)籽粒灌浆特性参数与产量、千粒重及不同时期贡献率的灰色关联分析

Table 5 Correlation matrixes on grain filling parameters, yield, KGW and RGC at different filling stage of malting barley cultivars

项目 Item	C_0	$T_{\max} \cdot R$	R_{\max}	T	R	t_2	REFG	RMFG	RLFG
产量 Yield	0.5453	0.5039	0.5631	0.4988	0.5550	0.4972	0.5554	0.6833	0.7179
千粒重 KGW	0.6556	0.6059	0.6849	0.6029	0.6860	0.6012	0.7249	0.6095	0.5730
REFG	0.7146	0.5821	0.5855	0.6022	0.5716	0.5934	—	—	—
RMFG	0.6781	0.5985	0.6582	0.6048	0.6487	0.6010	—	—	—
RLFG	0.5920	0.6066	0.5534	0.6321	0.5920	0.6346	—	—	—

3 讨论与结论

本研究结果表明,不同基因型啤酒大麦品种(系)籽粒灌浆过程均呈“S”型曲线变化,开花后天数与千粒重的关系均符合 Logistic 方程,且具有较高的拟合度。高秆、旗叶宽大的品种(系)粒重增加时间较早,而株高适中、旗叶窄小的品系粒重增加时间较晚。分蘖能力强或旗叶宽大的品种(系)灌浆速率峰值显现较早,且为单峰,其他品种(系)则为双峰。不同基因型啤酒大麦品种(系)籽粒灌浆速率变化均呈“慢—快—慢”规律,株高、分蘖能力、旗叶适中的品种(系)保持较高灌浆速率的持续时间较长。这与简乃军^[12]对大麦籽粒灌浆特性研究结果一致,与冯伟^[13]等研究结果不尽相同。

冯辉、徐廷文等^[4,14]研究认为,不同基因型大麦品种各项灌浆参数值存在一定的差异。本研究结果表明,旗叶窄小、抗旱性弱且株高、分蘖能力、抗倒伏性均适中的品种(系)与时间相关的各项灌浆参数值均为最高。不同基因型品种(系)灌浆中期贡献率差异最大,后期贡献率差异次之,前期贡献率差异最小。株高、旗叶、分蘖能力、抗倒性均适中的品种(系)与速度相关的各项灌浆参数值均较高。旗叶宽大、分蘖能力和抗旱性较强的品种(系)穗长和穗粒重最大,穗粒数最多,具有一定的产量优势,应作为选育啤酒大麦品种的重要观察指标。灌浆后期贡献率与啤酒大麦产量的灰色关联度最大,中期贡献率次之,前期贡献率最小;千粒重则与之相反,前期贡献率与千粒重的灰色关联度最大,中期贡献率次之,后期贡献率最小。产量测定结果表明,0110-16、甘啤7号两品种(系)单位面积产量较高,可在生产上推广应用。

刘丰明等^[15]研究认为,缓增期灌浆特性波动是造成粒重不稳的主要原因,生产上延续缓增期持续时间,提高灌浆速率是增加粒重的关键环节。本研

究结果表明, R_{\max} 与产量的灰色关联度最大, R 与千粒重灰色关联度最大。其他灌浆参数与产量、千粒重的灰色关联度排序基本一致。 C_0 对前期贡献率的灰色关联度最大,中期贡献率次之,后期贡献率最小。可见,受精子房的生长潜势 C_0 和灌浆速率达最大的时间 T_{\max} 对不同基因型啤酒大麦产量形成具有主导作用。这与庞有强、徐寿军等^[3,16]研究结果基本一致。因此,在培育啤酒大麦新品种时,应高度重视灌浆初期粒重增加迅速的种质资源,关注较高灌浆速率的持续时间。

吴晓丽等^[17]研究认为,小麦灌浆参数存在基因型差异,也存在环境效应。本研究未考虑栽培环境对不同基因型啤酒大麦品种(系)灌浆特征及产量性状的影响,有待今后进一步研究。

参考文献:

- [1] Motzo R, Ginuta F, Pruneddu G. The response of rate and duration of grain filling to long: term selection for yield in Italian durum[J]. Crop pasture Sci, 2010, 61:162-169.
- [2] Kamaluddin, Singh R M, Abdin M Z, et al. Inheritance of grain filling duration in spring wheat (*Triticum aestivum* L. emthell)[J]. J plant Bio, 2007, 50(4):504-507.
- [3] 庞有强,张小燕,潘高峰.不同棱型大麦材料灌浆特性分析[J].西北农业学报,2009,18(3):103-106.
- [4] 冯辉,王树杰,郜战宁,等.不同棱型大麦品种(系)籽粒灌浆特性和产量性状分析[J].浙江农业学报,2011,23(1):25-30.
- [5] 李磊,傅金安,卫丽,等.两种株型大麦籽粒灌浆特性比较[J].河南农业科学,2007,(6):35-37.
- [6] 汤永禄,吴晓丽,吴元奇,等.小麦籽粒灌浆参数的基因型差异及其稳定性分析[J].中国农业大学学报,2014,19(1):9-20.
- [7] 蒋玮,漆燕玲,梁守翠.不同类型啤酒大麦品种遗传多样性及遗传差异的 SSR 分析[J].作物杂志,2010,(2):76-80.
- [8] 杨树明,普晓英,张京.不同地区啤酒大麦品种农艺性状鉴定与分类研究[J].植物遗传资源学报,2011,12(1):37-41.
- [9] 张海成,杨改河,张小燕.引进优良啤酒大麦品种(品系)的适应性分析[J].干旱地区农业研究,2006,24(4):215-217.

2000, 而籽粒深度、行粒数及百粒重和京科糯 2000 相当, 显著高于垦粘 1 号。

从植株表现来看, 沈糯 9 号株高与京科糯 2000 相当, 显著高于垦粘 1 号, 但沈糯 9 号穗位显著低于京科糯 2000, 说明沈糯 9 号的重心较低, 抗倒性优于京科糯 2000。此外, 沈糯 9 号叶向值介于垦粘 1 号和京科糯 2000 之间, 植株半收敛。

结合黑龙江省东南部及全省情况看, 生产上利用的糯玉米品种主要是垦粘 1 号和京科糯 2000, 而两个品种的熟期相差 13 d 左右, 有的地区甚至更多, 沈糯 9 号熟期介于二者之间, 鲜穗和鲜粒产量优于二者。沈糯 9 号甜度、粘度与京科糯 2000 相当, 但沈糯 9 号籽粒果皮较薄、行较齐、抗倒性较好、熟期较早, 这是优于京科糯 2000 之处。因此, 沈糯 9 号在黑龙江省东南部乃至全省的开发前景十分可观。

参 考 文 献:

- [1] Fedoroff N, Wessler S, Shure M. Isolation of the transposable maize controlling elements Ac and Ds[J]. Cell, 1983, 35:235-242.
- [2] Wessler S R, Varagona M J. Molecular basis of mutations at the waxy locus of maize: correlation with the fine structure genetic map[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1985, 82:4177-4181.
- [3] Wessler S, Tarpley A, Purugganan M, et al. Filler DNA is associated

with spontaneous deletions in maize[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1990, 87:8731-8735.

- [4] Marillonnet S, Wessler S R. Retrotransposon insertion into the maize waxy gene results in tissue-specific RNA processing[J]. Plant Cell, 1997, 9:967-978.
- [5] Liu J, Rong T Z, Li W C. Mutation loci and intragenic selection marker of the granule-bound starch synthase gene in waxy maize[J]. Mol Breed, 2007, 20:93-102.
- [6] 姚坚强, 鲍坚东, 朱金庆, 等. 中国糯玉米 wx 基因种质资源遗传多样性[J]. 作物学报, 2013, 39(1):43-49.
- [7] Klosgen R B, Gierl A, Schwarzsozmer Z, et al. Molecular analysis of the waxy locus of Zea mays[J]. Mol Biol Evol, 1986, 203:237-244.
- [8] 于立芝, 俞守能, 邹积华, 等. 糯玉米杂交种主要农艺性状及籽粒营养成分的研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(6):217-219.
- [9] 文历伟, 朱伯华. 糯玉米主要营养成分分析及其开发利用价值初探[J]. 种子, 1987, (3):18-24.
- [10] 李晓亮, 王常芸. 我国专用玉米的研究利用现状及发展前景[J]. 玉米科学, 2004, 12(4):106-109.
- [11] 王 琴, 冯颖竹, 温其标. 糯玉米淀粉的改性及其在轻工业中的应用[J]. 玉米科学, 2006, 14(2):170-174.
- [12] 史振声. 糯玉米的种质创新与开发利用[J]. 中国种业, 2003, 11:16.
- [13] 潘伟明. 糯玉米生产现状及其产品开发进展[J]. 广东农业科学, 2010, (6):155-157.
- [14] 巩东营, 高荣岐, 刘 强. 特用玉米产业化现状及其发展对策[J]. 玉米科学, 2005, 13(4):132-134.
- [15] 于晓莹. 我国糯玉米的生产现状和发展前景[J]. 农业科技通讯, 2013, (6):4-5.

(上接第 283 页)

- [10] 王福亭. 农业试验设计与统计分析[M]. 北京: 农业读物出版社, 1993.
- [11] 曹 军, 胡万义. 灰色系统理论与方法[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993.
- [12] 简乃军, 向珣朝. 大麦籽粒灌浆特性的研究[J]. 西南科技大学学报, 1989, (4):16-21.
- [13] 冯 伟, 郭天财, 李 晓, 等. 不同降雨年型下水分处理对大穗型小麦品种籽粒灌浆及产量的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1):192-195.
- [14] 徐廷文, 孙东发, 庞启华. 不同地理来源大麦品种资源的光合灌浆特性研究[C]//中国大麦文集. 西安: 陕西农业科学出版社, 1991.
- [15] 刘丰明, 张淑敏. 高产小麦粒重形成的灌浆特性分析[J]. 麦类作物, 1997, 17(1):38-41.
- [16] 徐寿军, 刘志萍, 张凤英, 等. 不同氮肥水平下冬大麦籽粒灌浆特性分析[J]. 核农学报, 2012, 26(2):358-363.
- [17] 吴晓丽, 汤永祿, 李朝苏, 等. 四川盆地小麦籽粒的灌浆特性[J]. 作物学报, 2014, 40(2):337-345.