

甜荞不同花期剪花处理对籽粒灌浆特性的影响

孔德章¹, 宋毓雪², 王雨¹, 赵权¹, 张余¹, 肖梅¹, 黄凯丰^{1*}

(1. 贵州师范大学荞麦产业技术研究中心, 贵阳 550001; 2. 贵阳护理职业学院, 贵阳 550001)

摘要: 为研究甜荞不同花期的籽粒灌浆特性, 以丰甜1号为试验材料, 在不同花期进行剪花处理, 测定其百粒鲜重、含水量、百粒干重, 并用 Richards 方程进行拟合分析。结果表明, 百粒鲜重表现为随花期的延后呈先增后减趋势, 含水量逐渐递减, 百粒干重呈现“S”型曲线。花期靠前的甜荞灌浆物质相对充分, 生长迅速; 花期靠后的灌浆物质来源相对不足, 阻碍其灌浆过程的进行。

关键词: 丰甜1号; 剪花处理; Richards 方程; 灌浆

中图分类号: S517

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2016)03-0414-06

Effects of cutting flowers on grain-filling of common buckwheat at different flowering stages

KONG Dezhang, SONG Yuxue, WANG Yu, ZHAO Quan, ZHANG Yu, XIAO Mei, HUANG Kaifeng

(1. Technology Research Center of Buckwheat Industry, Guizhou Normal University, Guiyang 550001;

2. Guiyang Nursing Vocational College, Guiyang 550001)

Abstract: In this article, common buckwheat *Fengtian 1* was used to study the grain-filling process using Richards's equation with different treatments of cutting flower. The 100-grain flesh weight, water content and 100-grain dry weight were also determined. The results showed that 100-grain dry weight exhibited an "S" curve. The 100-grain flesh weight increased firstly and then reduced as the flowering phase postponed. Filling material was relatively sufficient in *Fengtian 1* at the early flowering phase and it increased rapidly. Filling material was relatively shortage in *Fengtian 1* at the late flowering phase hindering the process of grain-filling.

Key words: *Fengtian 1*; cutting flower; Richards's equation; grain-filling

荞麦(Buckwheat)属于蓼科(Polygonaceae)荞麦属(*Fagopyrum* Mill)^[1-2], 主要有甜荞和苦荞两个栽培种。甜荞中含有氨基酸和蛋白质类、淀粉、膳食纤维、黄酮类化合物、维生素、矿物质以及原花青素等^[3-4], 还含有人体所需的8种氨基酸^[5], 能够满足人体对氨基酸的需求。甜荞因其营养元素组成和功能因子的独特性而具有较高的医疗保健功能, 如有降低胆固醇、降血糖、降血脂、防治心血管疾病、抗肿瘤和抗炎等多种功效^[6-9]。随着生活水平的提高, 越来越多的人开始重视自己的健康, 荞麦产品也逐渐被更多的人所接受和喜爱。甜荞具有生育期短、适应性强、耐旱耐瘠、食疗同源、营养丰富

等特点, 且口感较苦荞好, 具有广阔的开发前景。

灌浆期是作物生长的一个重要生理阶段。籽粒的灌浆过程与产量形成的关系非常密切。从库源理论来说改变库、源、流中的一个或几个条件都可能影响其灌浆进程。而剪花(亦可叫疏花)就是减库的一个实例。杨建昌等^[10]认为水稻在抽穗期通过疏花调节灌浆初期的源库关系或植株体内的营养水平, 能增加或降低籽粒中特别是弱势粒中酶的活性, 进而提高结实率和粒重。马莲菊^[11]、梁建生^[12]等认为疏花处理对水稻的灌浆有显著影响。薛艳凤等^[13]认为, 疏花能大幅度提高水稻结实率、充实度和单粒重。丁志勇^[14]通过对高海拔地区水稻疏花处

收稿日期: 2015-11-20

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)前期研究专项(2014CB160312), 国家自然科学基金(31360318, 31401315, 31560358), 贵州省普通高等学校荞麦栽培生理及推广特色重点实验室建设项目(黔教合KY字[2015]328)贵州省优秀青年科技人才培养对象专项资金(黔科合人字[2013]03号)共同资助。

作者简介: 孔德章, 硕士研究生。E-mail: dzscysw002@163.com

* 通信作者: 黄凯丰, 博士, 教授。E-mail: hkf1979@163.com

理对产量及米质影响的研究表明, 疏花使籽粒灌浆速率加快, 达到最大灌浆速率的时间更早, 既影响水稻籽粒灌浆物质的相对供应量, 也影响籽粒灌浆结实的动态过程。王瑛^[15]对油菜的研究也发现, 在一定范围内疏花, 有利于角果的生长发育, 单株总干物重增加, 每角粒数增多, 经济产量和经济系数提高。但疏花处理对甜荞的灌浆过程影响如何还缺乏研究, 严重影响了人们对甜荞产量形成的认识, 同时也影响了人们对甜荞产量形成进行有效的调控。因此, 本试验以高产甜荞品种丰甜 1 号为试验材料, 通过不同时期的剪花处理, 用 Richards 方程对籽粒生长过程进行拟合分析, 探索甜荞籽粒的灌浆特性规律及其对产量的效应, 旨在为甜荞的高产栽培提供部分理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验所用的甜荞品种为丰甜 1 号, 于 2014 年 9 月 4 日栽种在贵州师范大学荞麦产业技术研究中心楼顶花盆中。材料每盆种植 5~6 株, 一共 160 盆, 常规管理。从甜荞开花起, 每隔 3 d 选择长势一致、无病虫害的植株, 将当日开的花朵留下, 其余花朵全部剪掉, 将各剪花处理根据剪花时间分为 6 个处理: 10 月 4 日剪花为处理 1; 10 月 7 日剪花为处理 2; 10 月 10 日剪花为处理 3; 10 月 13 日剪花为处理 4; 10 月 16 日剪花为处理 5; 10 月 19 日剪花为处理 6。各处理开花后, 每 5 d 对相应部位所结籽粒取一次样, 直至籽粒完全成熟。

1.2 测定内容

将所取样品置于 105℃烘箱中杀青 10 min 后, 于 60℃烘干至恒重, 烘干的籽粒用万分之一天平分别称重, 计算百粒籽粒的平均值, 并求其含水量。其中, 籽粒的含水量=(籽粒鲜重-籽粒干重)/籽粒鲜重×100%。参照朱庆森等^[16]和顾世梁等^[17]的方法, 以开花后天数(t)为自变量, 以每次测得的百粒重(W)为依变量, 用 Richards 方程对籽粒生长过程进行拟合分析:

$$W=A/(1+Be^{-Kt})^{1/N}$$

式中 W 为各时期荞麦籽粒重量 (g), A 为生长终值量, B 为初值参数, K 为生长速率参数, N 为形状参数, t 为开花后的时间 (开花当日为 0 d), R^2 (W 依 t 的回归平方和占总平方和的比率) 为判断系数, 表示其配合度。

对 Richards 方程求一阶导数得灌浆速率 G (即单位时间的生长量, $g \cdot \text{百粒}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) = $(KW/N)[1-(W/A)^N]$,

相对生长速率 $R=(K/N)[1-(W/A)^N]$ 。

同时, 可导出以下灌浆特征参数: 灌浆起始势 (即受精子房的生长潜能): $R_0=K/N$

灌浆速率为最大时的日期: $t_{\max.G}=(\ln B-\ln N)/K$

灌浆速率为最大时的生长量: $W_{\max.G}=A(N+1)^{-1/N}$

最大灌浆速率: $G_{\max.G}=(KW_{\max.G}/N)[1-(W_{\max.G}/A)^N]$

灌浆活跃生长期(大约完成总生长量的 90%):

$$D=2(N+2)/K$$

灌浆速率为最大时的生长量与籽粒生长终值量

比值: $I=(W_{\max.G}/A) \cdot 100\%$

$$t_1=-\ln[(N^2+3N+N\sqrt{N^2+6N+5})/2B]/K$$

$$t_2=-\ln[(N^2+3N-N\sqrt{N^2+6N+5})/2B]/K$$

$$t_3=-\ln\{[(100/99)^N-1]/B\}/K$$

t_1 、 t_2 分别为灌浆速率方程的 2 个拐点在 t 坐标上的值, t_3 为假定达 99% A 时的实际灌浆终值期。

由此可确定各灌浆阶段: $<t_1$ 为灌浆前期; $t_1 \sim t_2$ 为灌浆中 (盛) 期; $t_2 \sim t_3$ 为灌浆后期。

1.3 数据分析

采用 Excel 2003、SPSS 17.0 对灌浆参数与百粒质量关系进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同花期籽粒鲜重

由表 1 可以看出, 丰甜 1 号花后 5 d, 籽粒百粒鲜重平均值为 2.16 g, 其中以处理 3 的百粒鲜重显著高于其他处理; 花后 10 d, 籽粒百粒鲜重平均值 4.13 g, 以处理 3 的百粒鲜重显著高于其余处理; 花后 15 d, 籽粒百粒鲜重平均值 5.31 g, 以处理 2 显著高于其余处理; 花后 20 d, 籽粒百粒鲜重平均值 5.72 g, 以处理 1 的百粒鲜重显著高于其余处理; 花后 25 d, 籽粒百粒鲜重平均值 5.62 g, 以处理 1 显著高于其余处理, 处理 3 最低, 而其余处理间差异不显著; 花后 30 d, 籽粒百粒鲜重平均值 4.70 g, 以处理 1 显著高于其余处理; 花后 35 d, 籽粒百粒鲜重平均值 4.54 g, 以处理 1 显著高于其余处理。由图 1 可以看出, 各处理的百粒鲜重都随开花后天数的增加而呈先增后减的变化趋势, 其中, 处理 1、5、6 籽粒百粒鲜重在开花后 25 d 左右达到最大值, 处理 2 于花后 15 d 出现最大值, 处理 3、4 的最大值于花后 20 d 出现。处理 1、5、6 籽粒百粒鲜重达到最大值所需时间明显长于处理 2, 处理 3、4 居于中间。花后 35 d 6 个处理的百粒鲜重以处理 1 最大、处理 2 次之, 处理 3、4 更小且接近, 处理 5、6 最较轻且处理 6 最低。

表 1 不同花期籽粒鲜重

Table 1 The weights of fresh grain of different flowering stages of *Fengtian 1*

g·百粒⁻¹

处理 Treatment	花后天数/d Days after flowering						
	5	10	15	20	25	30	35
1	1.98 ^d	4.31 ^{ab}	6.01 ^b	6.15 ^a	6.66 ^a	5.57 ^a	5.31 ^a
2	2.25 ^b	3.89 ^b	6.32 ^a	5.94 ^{ab}	5.67 ^b	4.96 ^b	4.89 ^b
3	2.36 ^a	4.77 ^a	5.65 ^c	6.06 ^a	4.79 ^c	4.80 ^{bc}	4.51 ^c
4	2.18 ^{bc}	4.31 ^{ab}	5.17 ^d	5.74 ^b	5.34 ^b	4.23 ^d	4.54 ^c
5	2.07 ^c	4.11 ^b	4.91 ^e	5.37 ^c	5.44 ^b	4.56 ^c	4.16 ^d
6	2.11 ^c	3.36 ^c	3.81 ^f	5.08 ^d	5.81 ^b	4.09 ^d	3.82 ^e

注: $P < 0.05$ 。下同。Note: $P < 0.05$. The same below.

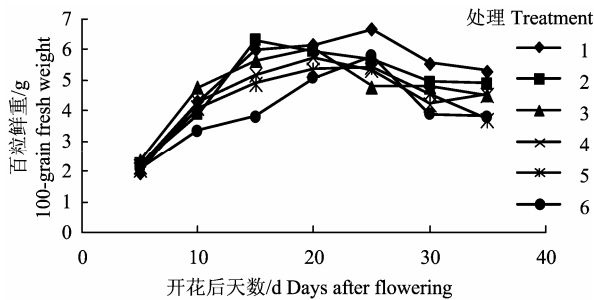


图 1 不同花期种子鲜重

Figure 1 The increasing process of grain weights at different stages of flowering

2.2 不同花期籽粒含水量变化

由表 2 可以看出, 丰甜 1 号花后 5 d, 籽粒百粒含水量平均值为 75.75%, 以处理 6 百粒含水量显著

高于其余处理; 花后 10 d, 籽粒百粒含水量平均值为 58.59%, 以处理 6 百粒含水量显著高于其余处理; 花后 15 d, 籽粒百粒含水量平均值为 46.25%, 以处理 5 百粒含水量显著高于其余处理; 花后 20 d, 籽粒百粒含水量平均值为 39.40%, 以处理 3、6 百粒含水量显著最高, 其余处理间差异不显著; 花后 25 d, 籽粒百粒含水量平均值为 31.43%, 以处理 1、4、6 百粒含水量显著最高, 花后 30 d, 籽粒百粒含水量平均值为 20.26%, 以处理 2 百粒含水量显著最高, 其余处理间差异不显著; 花后 35 d, 籽粒百粒含水量平均值为 14.76%, 以处理 1 百粒含水量显著最高, 其余处理间差异不显著。由图 2 可以看出各个处理间含水量均随时间的延长而逐渐降低。

表 2 不同花期籽粒含水量

Table 2 Grain moisture content in different periods of flowering

%

处理 Treatment	花后天数/d Days after flowering						
	5	10	15	20	25	30	35
1	77.12 ^b	60.69 ^{ab}	40.20 ^c	37.84 ^b	36.23 ^a	21.56 ^b	20.37 ^a
2	74.74 ^c	61.22 ^{ab}	42.69 ^c	38.34 ^b	27.77 ^b	26.92 ^a	12.63 ^b
3	76.03 ^{bc}	51.50 ^b	47.93 ^b	43.55 ^a	19.66 ^c	18.52 ^b	12.33 ^b
4	71.77 ^d	55.26 ^b	45.66 ^{bc}	32.99 ^b	35.25 ^a	17.56 ^b	15.57 ^{ab}
5	75.36 ^{bc}	60.88 ^{ab}	54.68 ^a	40.14 ^{ab}	33.73 ^{ab}	20.17 ^b	11.86 ^b
6	79.47 ^a	61.97 ^a	46.29 ^{bc}	43.53 ^a	35.94 ^a	16.83 ^b	15.8 ^{ab}

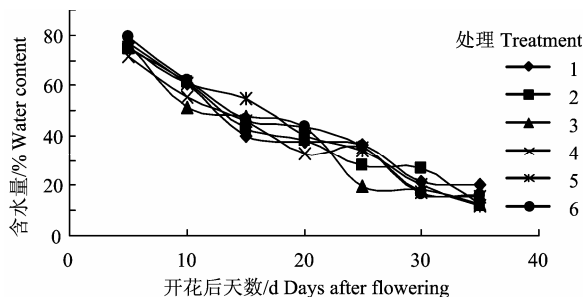


图 2 丰甜 1 号不同花期籽粒含水量变化

Figure 2 Grain moisture contents in different periods of flowering

2.3 不同花期籽粒干重的变化

由表 3 可以看出, 丰甜 1 号花后 5 d, 籽粒百粒干重平均值为 0.53 g, 其中以处理 2、3 和 4 的百粒干重显著最高; 花后 10 d, 籽粒百粒干重平均值 1.72 g, 以处理 3 的百粒干重显著高于其余处理; 花后 15 d, 籽粒百粒干重平均值 3.04 g, 以处理 1、2 的百粒干重显著高于其余处理; 花后 20 d, 籽粒百粒干重平均值 3.41 g, 以处理 1 的百粒干重显著高于其余处理; 花后 25 d, 籽粒百粒干重平均值 3.78 g, 以处理 1、2 的百粒干重显著高于其余处理; 花后

30 d, 籽粒百粒干重平均值 3.87 g, 以处理 1、2 的百粒干重显著高于其余处理; 花后 35 d, 籽粒百粒干重平均值 3.89 g, 以处理 1、2 的百粒干重显著高于其余处理。

从图 3 可以看出, 丰甜 1 号不同花期的籽粒灌浆进程均呈“S”型曲线, 表现为“慢—快—慢”

的趋势; 在花后 0~5 d 时, 各处理间籽粒干重增幅不大, 从第 5 天后, 各处理的灌浆速率明显加快; 普遍于 25 d 左右籽粒增重趋于停止。从各处理的百粒干重来看, 处理 1、2 最大且接近, 处理 3、4 和 5 次之且处理五百粒干重明显低于处理 3、4, 处理 6 的百粒干重最低。

表 3 不同花期籽粒干重

Table 3 The dry weight of grain in different periods of flowering

处理 Treatment	花后天数/d Days after flowering							
	5	10	15	20	25	30	35	
1	0.45 ^c	1.7 ^c	3.59 ^a	3.82 ^a	4.24 ^a	4.27 ^a	4.21 ^a	
2	0.57 ^a	1.51 ^d	3.62 ^a	3.66 ^{ab}	4.08 ^a	4.13 ^a	4.27 ^a	
3	0.57 ^a	2.31 ^a	2.94 ^c	3.42 ^{bc}	3.84 ^b	3.91 ^b	3.95 ^b	
4	0.62 ^a	1.93 ^b	2.81 ^c	3.46 ^b	3.49 ^c	3.85 ^b	3.83 ^{bc}	
5	0.51 ^b	1.61 ^{cd}	3.22 ^b	3.21 ^c	3.60 ^{bc}	3.63 ^c	3.67 ^c	
6	0.43 ^c	1.28 ^e	2.04 ^d	2.87 ^d	3.42 ^c	3.40 ^d	3.39 ^d	

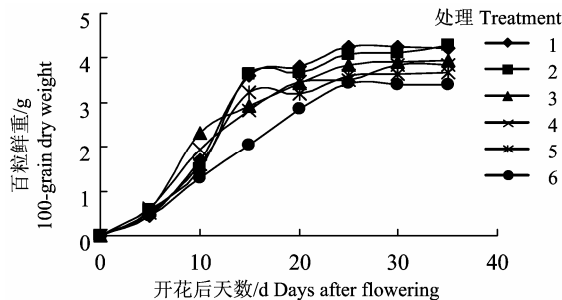


图 3 丰甜 1 号不同花期籽粒增重曲线

Figure 3 The increasing process of grain weight in different stages of flowering

用 Richards 方程对其生长进行拟合, 参数见表 4, 各曲线方程的决定系数 R^2 为 0.982~0.996。Richards 方程生长曲线是由 N 值大小决定的一簇曲线, 当 $0 < N < 1$ 时, 灌浆速率达到最大的位置(即曲线拐点)在 $0.3679 \sim 0.5A$ 之间, 灌浆速率曲线左偏; 当 $N=1$ 时, 即为 Logistic 方程, 曲线拐点在 $0.5A$ 处; 当 $N > 1$ 时, 曲线拐点大于 $0.5A$, 并随 N 的增大而逐渐接近于 A , 灌浆速率曲线右偏, 几个处理的 N

值中除了处理 6 $N=1.295 > 1$ 外, 其余处理均 $N < 1$, 处理一到处理 5 分别为 0.881、0.001、0.007、0.052 和 0.062。

由表 4 可以看出, A 值以处理 2 最高, 达 4.22; 处理 6 最低, 为 3.46; 几个处理的 A 值与最终的百粒重(见表 4)十分相近。从灌浆起始势 R_0 来看, 处理 2 远大于其他处理, 处理 6 最低。从达到最大灌浆速率的时间看, 各处理间表现为处理 6 最大, 为 13.43 d; 处理 3 最低, 为 7.69 d。从最大灌浆速率来看, 各处理间表现为处理 1 最大, 达 $0.397 \text{ g} \cdot (\text{百天})^{-1}$; 处理 6 最小, 为 $0.220 \text{ g} \cdot (\text{百天})^{-1}$; 从达到最大灌浆速率时的生长量来看, 处理 1 最大, 达 2.049 g; 处理 4 最小, 为 1.406 g。从灌浆速率为最大时的生长量与籽粒生长终值量比值 (I) 来看, 各处理表现为处理 6 最大, 达 52.65%; 处理 1 次之, 为 48.81%; 处理 5 和 4 较为接近, 分别为 37.89%、37.72%; 处理 3 和 2 最小且接近, 分别为 36.92%、36.81%。从灌浆活跃生长期(大约完成总生长量的 90%)来看, 处理 5 最大, 达 26.6 d; 处理 1 最小, 为 15.79 d。

表 4 籽粒灌浆的 Richards 方程参数

Table 4 Richards equation parameters of grain filling

处理 Treatment	A	B	K	N	R^2	R_0	$T_{\max, G}/d$	$G_{\max, 0} / \text{g} \cdot (\text{百天})^{-1}$	$W_{\max, G}/g$	$I/\%$	D/d
1	4.20	43.891	0.365	0.881	0.996	14.414	10.71	0.397	2.049	48.81	15.79
2	4.22	0.007	0.226	0.001	0.982	241.393	9.22	0.350	1.553	36.81	17.73
3	3.90	0.035	0.203	0.007	0.992	27.615	7.69	0.290	1.438	36.92	19.75
4	3.73	0.291	0.213	0.052	0.983	4.113	8.08	0.285	1.406	37.72	19.23
5	3.82	0.283	0.155	0.062	0.993	2.516	9.84	0.221	1.448	37.89	26.60
6	3.46	53.418	0.277	1.295	0.979	0.214	13.43	0.220	1.821	52.65	23.80

表 5 籽粒灌浆阶段的划分
Table 5 Divided grain filling stage

处理 Treatment	t_1 /d	t_2 /d	t_3 /d	前期 Earlier stage			中期 Mid-term			后期 Later stage		
				A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	7.20	14.23	23.31	7.20	0.115	19.75	7.03	0.348	58.27	9.08	0.097	20.99
2	4.95	13.48	29.60	4.95	0.062	7.31	8.53	0.301	60.96	16.12	0.080	30.73
3	2.94	12.45	30.33	2.94	0.098	7.42	9.50	0.250	60.96	17.88	0.067	30.63
4	3.47	12.70	29.64	3.47	0.088	8.14	9.24	0.246	60.95	16.94	0.066	29.91
5	3.46	16.22	39.51	3.46	0.092	8.30	12.77	0.182	60.94	23.29	0.049	29.76
6	8.38	18.48	30.03	8.38	0.100	24.31	10.10	0.193	56.39	11.54	0.055	18.29

A: 天数/d Duration; B: 平均速率/g·(百粒)⁻¹·d⁻¹ Mean speed; C: 贡献率/% Contribution rate.

2.4 甜荞不同花期籽粒灌浆阶段的划分

从表 5 可以看出, 各处理灌浆前期时间平均为 5.07 d, 其中处理 3 灌浆前期持续时间最短, 其次为处理 5、4、3 和 1, 处理 6 持续时间最长; 各处理灌浆中期时间平均为 9.53 d, 其中处理 1 灌浆中期持续时间最短, 其次为处理 2、4、3 和 6, 处理 5 持续时间最长。各处理灌浆后期时间平均为 17.15 d, 其中处理 1 灌浆后期持续时间最短, 其次为处理 6、2、4 和 3, 处理 5 持续最长。各处理灌浆前期平均速率平均为 0.093 g·(百粒)⁻¹·d⁻¹, 其中最大为处理 1, 最小为处理 2; 各处理灌浆中期平均速率平均为 0.253 g·(百粒)⁻¹·d⁻¹, 其中最大为处理 1, 最小为处理 5; 各处理灌浆后期平均速率平均为 0.069 g·(百粒)⁻¹·d⁻¹, 其中最大为处理 1, 最小为处理 5; 各灌浆时期对粒重的贡献率, 除了处理六表现为中期>前期>后期外, 其余几个处理均表现为中期>后期>前期。

3 讨论与结论

用 Richards 生长曲线对丰甜 1 号灌浆过程进行拟合, 拟合度为 0.982~0.996, 说明用 Richards 生长曲线能够定量表达丰甜 1 号籽粒灌浆的连续过程。

在本试验中, 丰甜 1 号各花期籽粒鲜重的变化均表现“两头低中间高”的趋势; 含水量的变化表现为随着时间的变化而下降; 籽粒百粒干重表现为随着时间的变化而呈先增后降的趋势, 这可能是由于花粉量、花粉寿命、花的位置及环境因素影响受精^[18]。从本试验的研究结果可以看出, 不同处理间丰甜 1 号的灌浆过程存在一定差异, 其中处理 1 到处理 5 籽粒灌浆的 N 值均<1, 生长曲线左偏, 说明其灌浆物质相对充分, 表现为灌浆前期生长迅速, 其后逐渐减弱; 处理六籽粒灌浆的 N 值>1, 生长曲线右偏, 说明其灌浆物质来源相对不足, 开花受精后相当长一段时间增重缓慢。处理 1、2 和 3 的籽

粒灌浆起始势较高, 籽粒灌浆起始势反映了其子房的生长潜势, R_0 值大, 胚乳细胞分裂周期短, 分裂快, 籽粒灌浆启动早, 优先得到光合产物, 开花后较短时间内达到最大灌浆速率。处理 6 的子房生长潜势最小, 开花受精后较长时间才能达到灌浆高峰, 得到光合产物具有滞后性, 这与最终的百粒重较低一致。

此外, 有研究发现粒重与灌浆速率呈正相关关系, 而与灌浆持续时间关系不大^[19-21], 也有研究认为, 灌浆持续时间与粒重呈密切相关关系^[22]。本试验结果表明, 灌浆速率比灌浆时间更能影响丰甜 1 号的粒重, 这与彭慧儒和肖龙^[23]在小麦上的研究结果一致。这可能是因为丰甜 1 号粒重主要是受到灌浆速率尤其是中期灌浆速率影响, 灌浆中期对籽粒的贡献率平均达 59.75% 以上。

参考文献:

- [1] 吴征镒. 西藏植物志(第一卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [2] 陈庆富. 五个中国荞麦(*Fagopyrum*)种的核型分析[J]. 广西植物, 2001, 21(2): 107-110.
- [3] 查阳春, 杨义昕, 胡晓菡, 等. 相应面法优化荞麦壳中原花青素的提取工艺[J]. 食品科学, 2009, 30(16): 189-192.
- [4] QUETTIER DELEU C, GRESSIER B, VASSEUR J, et al. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2000, 72(2): 35-42.
- [5] WANG Q, OGURA T, WANG L. Research and development of new products from bitter buckwheat[J]. Current Advances in Buckwheat search, 1995: 873-879.
- [6] 尹万利, 雷绪芳, 王敬昌, 等. 甜荞的食用价值与高产栽培措施[J]. 陕西农业科学, 2009, 55(3): 207-209.
- [7] 王丹, 葛洪娟, 张笑, 等. 荞麦粉对高脂膳食大鼠脂代谢的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(6): 23-29.
- [8] 刘淑梅, 韩淑英, 崔国金, 等. 甜荞麦叶总黄酮降糖、降脂作用及机制[J]. 第四军医大学学报, 2003, 24(19): 1815-1817.

- [9] 黄小燕, 黄莎, 陈庆富. 金荞麦叶发酵茶的抗炎作用研究[J]. 世界科学技术: 中医药现代化, 2015, 17(5): 981-984.
- [10] 杨建昌, 彭少兵, 顾世梁, 等. 水稻灌浆期籽粒中 3 个与淀粉合成有关的酶活性变化[J]. 作物学报, 2001, 27(2): 157-164.
- [11] 马莲菊, 李雪梅, 王艳. 源库处理对两种不同穗型水稻品种籽粒灌浆的影响[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版), 2006, 24(4): 470-473.
- [12] 梁建生, 曹显祖, 张海燕, 等. 水稻籽粒灌浆期间茎鞘贮存物质含量变化及其影响因素研究[J]. 中国水稻科学, 1994, 8(3): 151-156.
- [13] 薛艳凤, 陆江锋, 吕川根, 等. 两系亚种间杂交稻两优培九籽粒灌浆动态研究[J]. 江苏农业研究, 2001, 22(2): 13-19.
- [14] 丁志勇. 高海拔地区水稻遮光、剪叶和疏花对产量及米质的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2005.
- [15] 王瑛. 双低春油菜源库关系的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006.
- [16] 朱庆森, 曹显祖, 骆亦其. 水稻籽粒灌浆的生长分析[J]. 作物学报, 1988, 14(3): 182-193.
- [17] 顾世梁, 朱庆森, 杨建昌, 等. 不同水稻材料籽粒灌浆特性的分析[J]. 作物学报, 2001, 21(1): 7-14.
- [18] MICHİYAMA H, KUMAZAKI T, AOSHIMA T, et al. Difference of flowering and seed setting among the flower clusters at different positions in a buckwheat plant (*Fagopyrum esculentum* Moench)[J]. Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, 2009(45): 29-35.
- [19] 李文雄, 曾寒冰. 春小麦籽粒增重的研究[J]. 中国农业科学, 1985, 18(6): 14-19.
- [20] NASS H B. Grain filling period and grain yield relationship in spring wheat[J]. Canadian Journal of Plant Science, 1975, 55: 673-678.
- [21] 蔡庆生, 吴兆苏. 小麦籽粒生长各阶段干物质积累量与粒重的关系[J]. 南京农业大学学报, 1993, 16(1): 38-41.
- [22] LU Q, LU C M, ZHANG J H. Photosynthesis and chlorophyll a fluorescence during flag leaf senescence of field-grown wheat plants [J]. Journal of Plant Physiology, 2002, 159(11): 1173-1179.
- [23] 彭慧儒, 肖龙. 2 个小麦品种籽粒灌浆性状的分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(3): 51-54.