

灌浆天数对北方白菜型冬油菜产量和品质的影响

雷建明¹, 刘海卿², 张亚宏¹, 张岩¹, 孙万仓²

(1. 甘肃省天水市农业科学研究所, 甘肃 天水 741000;

2. 甘肃省油菜工程技术研究中心/甘肃省作物遗传改良与种质创新重点实验室, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为了研究北方白菜型冬油菜在灌浆成熟过程中产量和品质性状的特征特性变化, 以白菜型冬油菜陇油 12 号和 09 鉴 8 为材料, 分析冬油菜在终花后 10、20、30、40、45 d 的植株、角果、籽粒形态和干鲜重, 产量和品质性状的变化。结果表明, 随着籽粒灌浆成熟, 植株和角果颜色呈墨绿—青绿—黄绿—蜡黄—肤白色变化。角果中籽粒大小呈小—大—小变化, 种子颜色呈绿色—褐绿相间—褐色—紫色—黑色变化。植株、角果、籽粒鲜重呈先增加后降低的单峰变化曲线, 基本呈抛物线状, 且分别在终花后 20、30、40 d 鲜重达到最大, 而植株、角果、籽粒干重呈先增加后保持不变的变化趋势。同时千粒重、单株产量、经济系数也呈先增加后保持不变的 S 型增长曲线, 且在终花后 30 d 达到最大, 之后保持不变。相关分析表明, 灌浆时间长短与籽粒鲜重、千粒重、经济系数呈极显著的正相关关系, 相关系数分别为 0.991、0.962、0.968 ($P < 0.01$); 与单株产量、含油率呈显著的正相关关系, 相关系数分别为 0.947、0.940 ($P < 0.05$); 与蛋白质呈显著的负相关关系, 相关系数为 -0.886 ($P < 0.05$)。通过主成分分析方法打分, 各处理的综合得分排名为 40 d > 45 d > 30 d > 20 d > 10 d, 因此, 籽粒灌浆天数对白菜型冬油菜的产量和品质影响明显。综合评价得出, 蜡黄期(约终花后 40 d)产量和品质等性状达到最佳, 是收获的最适宜时期。

关键词: 白菜型冬油菜; 灌浆天数; 产量; 品质性状

中图分类号: S634.3 文献标志码: A

Effect of grain filling time on yield and quality of winter rapeseed (*Brassica rapa* L.) in north China

LEI Jian-ming¹, Liu Hai-qing², ZHANG Ya-hong¹, ZHANG Yan¹, SUN Wan-cang²

(1. Tianshui Institute of Agriculture, Tianshui, 741000, China; 2. Rapeseed Engineering Research Center of Gansu Province, Improvement and Key Laboratory of Crop Genetics and Germplasm Enhancement of Gansu Province, Lanzhou, 730070, China)

Abstract: The experiment was conducted to study the yield and quality of winter rapeseed (*Brassica rapa* L.) during filling maturity in north China to better guide harvest timely, and to improve the yield and quality. Analysis of plant morphogenesis alterations, plant dry and fresh weight, pods and seeds, yield and quality of winter rapeseed after final flowering 10, 20, 30, 40 d, and 45 d involved in Longyou 12 and 09 jian 8. The results showed that the color of pods and plants was bottle green, dark green, laurel green, kelly green and skin white, respectively, along with the filling maturity. The shape of seeds is characterized with the small – big – small tendency, and the color exhibits green – brown – green – brown – purple – black changes successively. Plant, pods and seed fresh weight, showing a single peak curve like a parabola that first increased and then decreased, reached the maximum 20, 30, 40 d after flowering, respectively, and the plant, pod, grain dry weight increased and then were kept constant. Seed weight, seed yield and economical coefficient exhibited S type rise curve with the peak at 30 d after flowering. The seed fresh weight, the weight of 1 000 seeds, and economical coefficient showed significant positive correlation with grain filling time, and their correlation coefficient was 0.991, 0.962, 0.968, respectively. grain filling time also had a significant ($P < 0.05$) positive correlations

收稿日期: 2015-11-24

基金项目: 自然科学基金项目(31460356, 31560397); 国家现代产业技术体系建设专项(CARS-13); 国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2015CB150206); 国家农业科技成果转化项目(2014G10000317)

作者简介: 雷建明(1964—), 男, 甘肃天水人, 高级农艺师, 主要从事冬油菜育种与栽培研究。E-mail: jianminlei@163.com。

通信作者: 孙万仓(1957—), 男, 甘肃会宁人, 教授, 博士生导师, 主要从事油菜育种及十字花科种质资源研究。E-mail: 18293121851@163.com。

with individual plant yield and oil content, and the correlation coefficient was 0.947 and 0.940, respectively. And it had a significant ($P < 0.05$) negative correlations with protein level and the correlation coefficient was -0.886 . The rank was $40 \text{ d} > 45 \text{ d} > 30 \text{ d} > 20 \text{ d} > 10 \text{ d}$ by integrated evaluation of the main components. So, the grain filling time had a significant effect on the yield and quality of winter rapeseed, and the sallow period about after final flowering 40 d is the most suitable period to harvest when the yield and quality are best.

Keywords: *Brassica rapa* L.; winter rapeseed; grain filling time; yield; quality traits

超强抗寒冬油菜品种的选育和冬油菜北移成功,使我国北方寒旱区种植冬油菜成为可能,且种植面积逐年扩大^[1],并成为该地区重要的油料作物、生态作物和景观作物^[2]。冬油菜含油率高,且含有丰富的脂肪酸和多种维生素,营养丰富,是较理想的食用植物油,且油饼含有丰富的氨基酸和蛋白质,有很高的饲用价值^[3]。发展北方冬油菜对于解决使用植物油短缺和冬闲田的开发利用具有重要的意义^[4]。同时,随着现代人们生活水平的提高,油菜品质育种越来越引起育种工作者的重视。研究表明,科学的栽培技术对提高北方冬油菜产量和品质具有重要影响^[5-9]。品质性状由加性效应、显性效应和母体效应共同决定,环境效应也达到极显著水平^[10]。周永明研究表明种子中芥酸、油酸都是由胚基因决定的^[11],硫苷含量受母本基因型控制^[12]。在一定的范围内增施氮肥可改善植株性状,降低优质油菜的含油率、硫苷含量和亚油酸含量,增加芥酸、种子蛋白质、油酸、亚麻酸、花生烯酸含量^[13]。种子蛋白质、亚麻酸与施钾量呈负相关,芥酸、硫苷、含油率、油酸、棕榈酸、硬脂酸、亚油酸、廿碳烯酸与施钾量均呈正相关,与施磷量无明显的相关性^[14]。籽粒灌浆期是冬油菜生育期中最为关键的生育时期之一,对于籽粒的形成和品质的改良具有重要的意义,因此,本试验对北方白菜型冬油菜籽粒灌浆和成熟过程中产量和品质的特征特性变化进行了研究,以期制定科学的栽培技术方案,为北方白菜型冬油菜产量的提高和品质性状的改良提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以白菜型冬油菜品种陇油 12 号和 09 鉴 8 (品系)为材料,种子由甘肃省油菜工程技术研究中心提供。

1.2 试验设计

试验材料于 2014 年 8 月 22 日播种于甘肃省油菜工程技术研究中心的兰州新区上川试验基地。采用轻型油菜点播机进行播种,行距 15 cm,株距 7~8

cm,土壤肥力良好,出苗后及时间苗、定苗,留株 4 万株·667m⁻²。待油菜终花后分别取各品种终花后约 10、20、30、40、45 d 植株进行相关指标的测定。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 植株形态观察 于油菜终花后 10、20、30、40、45 d 分别取单株、角果、籽粒,观察记载形态特征(颜色、大小)。

1.3.2 干、鲜重的测定 将各处理植株整株采挖,分为两组,第一组测冬油菜单株的鲜重,后于室内阴干测干重,重复 5 次。第二组每株取 15 个角果测其鲜重,另取 15 个角果测其籽粒的鲜重,分别在室内阴干测干重,重复 5 次。

1.3.3 产量、经济系数、品质的测定 各处理植株阴干后单株脱粒,测单株产量。经济系数 = 单株产量/整株干重。品质的测定采用 FOSS 公司的近红外仪测定,重复 5 次。

1.4 数据处理

试验数据利用 Excel 2003 和 SPSS19.0(方差分析、相关性分析、主成分打分)进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同灌浆期白菜型冬油菜形态特征

随着灌浆期时间的延长,植株株高没有明显的变化,植株和角果颜色呈墨绿—青绿—黄绿—蜡黄—白色变化。籽粒(鲜角果)大小呈小—大—小变化,终花后 10 d 籽粒最小,30~40 d 籽粒最大,45 d 后由于种子含水量下降种子又变小,种子颜色变化呈绿色—褐绿相间—褐色—紫色—黑色。植株、角果颜色,籽粒大小和颜色在品种间无明显差异。

2.2 灌浆天数对白菜型冬油菜单株干、鲜重的影响

随着冬油菜灌浆成熟,植株鲜重呈先上升后下降的趋势,类似于抛物线(图 1)。终花后 10 d 植株鲜重较小,随着灌浆天数的延长植株鲜重增加,终花后 20 d 植株鲜重达到最大,然后随着灌浆时间的延长鲜重开始下降,到终花后 45d 鲜重下降到最小。植株干重变化趋势类似于鲜重,到终花后 45d 鲜重和干重的差值达到最小,这是由于随着籽粒灌浆成熟,籽粒逐渐增大,而植株含水量逐渐下降,因此鲜

干重差值逐渐减小。

2.3 灌浆天数对白菜型冬油菜角果干、鲜重的影响

随着灌浆天数的延长,角果鲜重的变化呈先升高后降低,类似抛物线(图 2)。到终花后 30 d 角果鲜重达到最大,之后鲜重开始下降,到终花后 45d 鲜重最小,品种间无明显差异。而角果干重的变化不同于鲜重,随着灌浆时间的延长,角果干重呈 S 型变化,先升高到 30 d 达到最大,后基本保持不变。

2.4 灌浆天数对白菜型冬油菜籽粒干、鲜重的影响

灌浆时间对白菜型冬油菜籽粒干、鲜重的影响如图 3,结果显示,籽粒鲜重随灌浆时期的延长呈先升高后降低的趋势,类似于抛物线,且在终花后 40 d 籽粒鲜重达到最大。籽粒干重变化趋势类似于鲜重的变化,但在终花后 30 d 干重达到最大,后基本保持不变,类似于 S 曲线,品种间无明显变化。

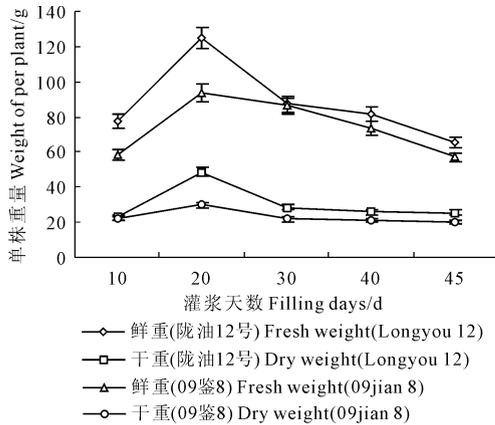
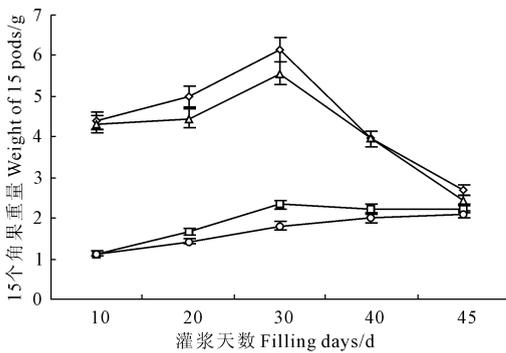


图 1 灌浆天数对白菜型冬油菜植株干、鲜重的影响

Fig.1 Effects of grain filling days on plant weight of winter rapeseed (*B. rapa*)



注:图例同图 1 Note: Legend as in Fig. 1

图 2 灌浆天数对白菜型冬油菜角果干、鲜重的影响

Fig.2 Effects of grain filling days on pod weight of winter rapeseed (*B. rapa*)

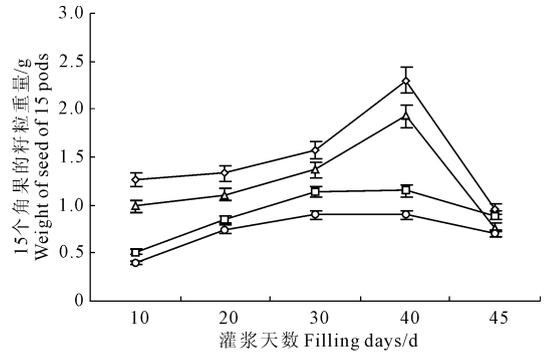
2.5 灌浆天数对白菜型冬油菜千粒重的影响

灌浆期对千粒重的影响如图 4,结果随着灌浆时间的延长,千粒重呈增加的趋势,符合 Logistic 增

长曲线,呈 S 型,20 d 之前千粒重增加较缓慢,20 ~ 40 d 增加迅速,且在 40 d 达到最大,40 d 之后基本保持不变,品种间无明显差异。

2.6 灌浆天数对白菜型冬油菜产量的影响

灌浆期是产量形成的最关键时期,结果表明随着灌浆时间的延长,产量逐渐增加(图 5),且在 40 d 时达到最大,40 d 之后基本保持不变,陇油 12 号的单株产量高于 09 鉴 8,但是两品种产量形成过程变化趋势一致,品种间无明显差异。



注:图例同图 1 Note: Legend as in Fig. 1

图 3 灌浆天数对白菜型冬油菜籽粒干、鲜重的影响

Fig.3 Effects of grain filling days on seed weight of winter rapeseed (*B. rapa*)

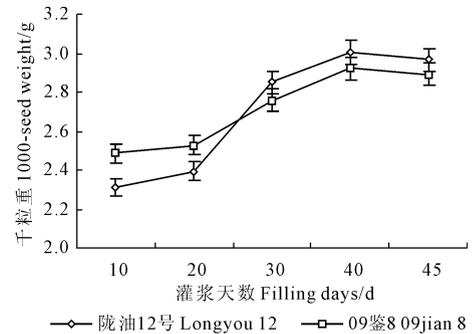


图 4 灌浆天数对白菜型冬油菜千粒重的影响

Fig.4 Effects of filling days on 1000-seeds weight in winter rapeseed (*B. rapa*)

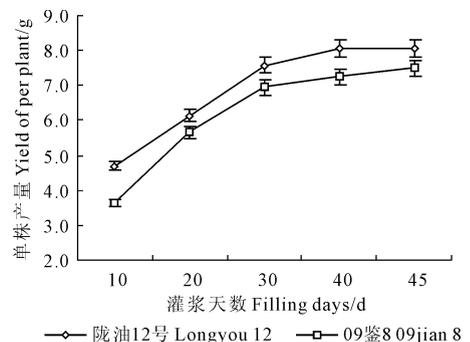


图 5 灌浆天数对白菜型冬油菜单株产量的影响

Fig.5 Effects of filling days on yield of per plant in winter rapeseed (*B. rapa*)

2.7 灌浆天数对白菜型冬油菜经济系数的影响

经济系数是经济产量与生物产量的比值。随着种子的成熟,冬油菜经济系数逐渐增加(图6),且在40 d时达到最大,为0.38左右,40 d之后基本保持不变。陇油12号的单株产量高于09鉴8,但是两品种产量形成过程变化趋势一致,品种间无明显差异。

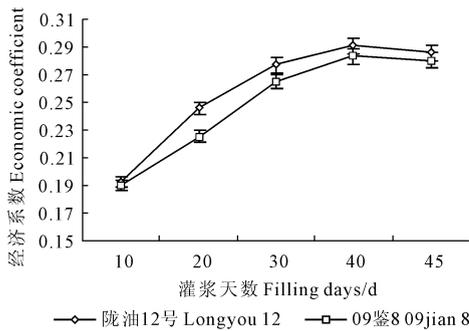


图6 灌浆天数对白菜型冬油菜经济系数的影响

Fig.6 Effects of grain filling days on economic coefficient in winter rapeseed (*B. rapa*)

2.8 灌浆天数对白菜型冬油菜品质的影响

灌浆期对种子品质产生很明显的影(表1)。以陇油12号为例,不同灌浆期含油率、蛋白质和硫苷含量变化明显,处理间差异显著。随着灌浆时间延长含油率逐渐升高,终花后10 d含油率为35.26%,之后含油率逐渐升高,到终花后40 d达到最大,为49.80%,40 d之后含油率基本保持不变。而蛋白质的变化恰好相反,随灌浆时间的延长呈下降趋势,完全成熟后较终花后10 d蛋白质下降13%。随着籽粒的成熟硫苷含量也呈下降的趋势,陇油12号的硫苷含量由 $87.44 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 下降到 $76.91 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。除此之外,在种子的成熟过程中,油酸含量呈下降趋势,终花后10 d较其它处理差异显著。亚

麻酸呈上升趋势,且处理间差异显著。而芥酸和亚油酸无明显变化规律。09鉴8和和陇油12号存在相同的变化趋势。

2.9 灌浆天数对白菜型冬油菜影响的相关性分析和回归分析结果

研究灌浆时间与籽粒形成及品质相关指标的相关性。结果表明,灌浆时间与籽粒鲜重、千粒重、经济系数呈极显著的正相关关系,相关系数分别为 0.991^{**} 、 0.962^{**} 、 0.968^{**} 。灌浆时间与单株产量、含油率呈显著的正相关的关系,相关系数分别为 0.947^* 、 0.940^* ;灌浆时间与蛋白质呈显著的负相关的关系,相关系数为 -0.886^* ;与角果干重、籽粒干重、亚麻酸含量呈正相关关系,相关性达到显著水平;与单株鲜重、角果鲜重、硫苷含量、芥酸含量、油酸、亚油酸呈负相关关系,但相关性未达到显著性水平(表2)。对与灌浆时间相关性显著的指标做分析,结果显示:籽粒鲜重、千粒重、单株产量、经济系数、含油率的回归曲线呈上升的直线,即随着灌浆时间的延长,籽粒鲜重、单株产量、经济系数、含油率逐渐升高,回归方程都符合 $y = ax + b$ (图7A~E)。而蛋白质的回归曲线为下降的直线,方程符合 $y = -ax + b$ (图7F)。

2.10 灌浆天数对白菜型冬油菜影响的主成分分析结果

籽粒灌浆成熟期对单株产量、含油量、千粒重影响特别明显,对单株产量、含油量、千粒重等通过主成分分析的方法进行打分。结果如表3,无论是陇油12号还是09鉴8,各处理的综合得分排名为 $40\text{ d} > 45\text{ d} > 30\text{ d} > 20\text{ d} > 10\text{ d}$,说明终花后40 d也是较为理想的收获时间。

表1 灌浆天数对白菜型冬油菜品质的影响

Table 1 Effects of filling days on qualities of winter rapeseed (*B. rapa*)

品种 Varieties	处理 Treatment	含油量 Fat /%	蛋白质 Protein /%	硫苷 Glucosino /($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	芥酸 Erucic	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linolenic acid
陇油12号 Longyou 12	10d	$35.26 \pm 1.86\text{c}$	$28.18 \pm 1.35\text{a}$	$87.44 \pm 2.39\text{a}$	$35.69 \pm 0.20\text{c}$	$32.52 \pm 2.24\text{a}$	$10.60 \pm 1.00\text{b}$	$8.26 \pm 0.32\text{c}$
	20d	$40.24 \pm 2.00\text{abc}$	$22.25 \pm 1.06\text{a}$	$84.74 \pm 6.71\text{ab}$	$38.29 \pm 1.09\text{bc}$	$20.81 \pm 0.75\text{b}$	$14.64 \pm 0.69\text{a}$	$10.45 \pm 0.07\text{b}$
	30d	$44.32 \pm 1.72\text{abc}$	$22.49 \pm 1.34\text{a}$	$80.64 \pm 2.26\text{ab}$	$42.66 \pm 0.15\text{a}$	$17.92 \pm 0.24\text{b}$	$14.40 \pm 1.00\text{a}$	$10.62 \pm 0.33\text{b}$
	40d	$49.80 \pm 1.54\text{a}$	$15.95 \pm 0.57\text{b}$	$77.77 \pm 4.42\text{b}$	$39.85 \pm 1.44\text{ab}$	$21.09 \pm 2.86\text{b}$	$12.63 \pm 0.30\text{ab}$	$11.33 \pm 0.64\text{ab}$
	45d	$48.69 \pm 1.67\text{ab}$	$15.95 \pm 0.78\text{b}$	$76.91 \pm 6.51\text{b}$	$40.47 \pm 1.69\text{ab}$	$15.49 \pm 3.01\text{b}$	$14.62 \pm 0.78\text{a}$	$11.86 \pm 0.21\text{a}$
09鉴8 09 Jian 8	10d	$34.61 \pm 1.89\text{b}$	$27.40 \pm 1.61\text{a}$	$109.51 \pm 3.99\text{a}$	$35.94 \pm 2.04\text{a}$	$30.99 \pm 2.78\text{a}$	$10.98 \pm 0.03\text{b}$	$7.70 \pm 0.49\text{b}$
	20d	$40.57 \pm 0.72\text{b}$	$21.85 \pm 0.57\text{ab}$	$90.72 \pm 4.78\text{b}$	$39.44 \pm 0.29\text{a}$	$22.69 \pm 1.80\text{ab}$	$13.77 \pm 1.02\text{ab}$	$9.86 \pm 0.57\text{b}$
	30d	$44.83 \pm 1.17\text{ab}$	$18.27 \pm 1.00\text{b}$	$89.64 \pm 7.07\text{b}$	$37.35 \pm 0.44\text{a}$	$23.90 \pm 1.37\text{ab}$	$15.24 \pm 1.25\text{a}$	$9.93 \pm 0.60\text{b}$
	40d	$49.51 \pm 1.60\text{a}$	$17.52 \pm 1.02\text{b}$	$88.11 \pm 3.78\text{b}$	$40.22 \pm 1.22\text{a}$	$20.66 \pm 2.23\text{b}$	$13.12 \pm 0.32\text{ab}$	$9.58 \pm 0.41\text{b}$
	45d	$49.09 \pm 1.01\text{a}$	$18.91 \pm 0.86\text{b}$	$82.64 \pm 4.82\text{b}$	$36.98 \pm 0.66\text{a}$	$29.83 \pm 1.60\text{a}$	$11.47 \pm 0.71\text{b}$	$10.02 \pm 0.33\text{a}$

注:小写字母表示0.05水平的差异显著性。 Note: Different lowercase letters in the column show significant difference at 0.05 level.

表 2 相关性分析
Table 2 Correlation analysis

项目 Item	单株 鲜重 Fresh weight per plant	单株 干重 Dry weight per plant	角果 鲜重 Fresh weight of pods	角果 干重 Dry weight of pods	籽粒 鲜重 Fresh weight of seeds	籽粒 干重 Dry weight of seeds	千粒重 1000- seeds weight	单株 产量 Yield of per plant	经济 系数 Economic coefficient	含油量 Fat	蛋白质 Protein	硫苷 Glucosino	芥酸 Erucic	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linolenic acid
相关系数 Correlation coefficient	-0.160	-0.509	-0.527	0.235	0.991**	0.659	0.962**	0.947*	0.968**	0.940*	-0.886*	-0.329	-0.825	-0.099	-0.248	0.599
显著性 Difference	0.798	0.381	0.361	0.704	0.001	0.226	0.009	0.014	0.007	0.018	0.045	0.588	0.085	0.874	0.688	0.286

注：* 表示显著水平；** 表示极显著水平。

Note: * indicate significant level; ** indicate extremely significant level.

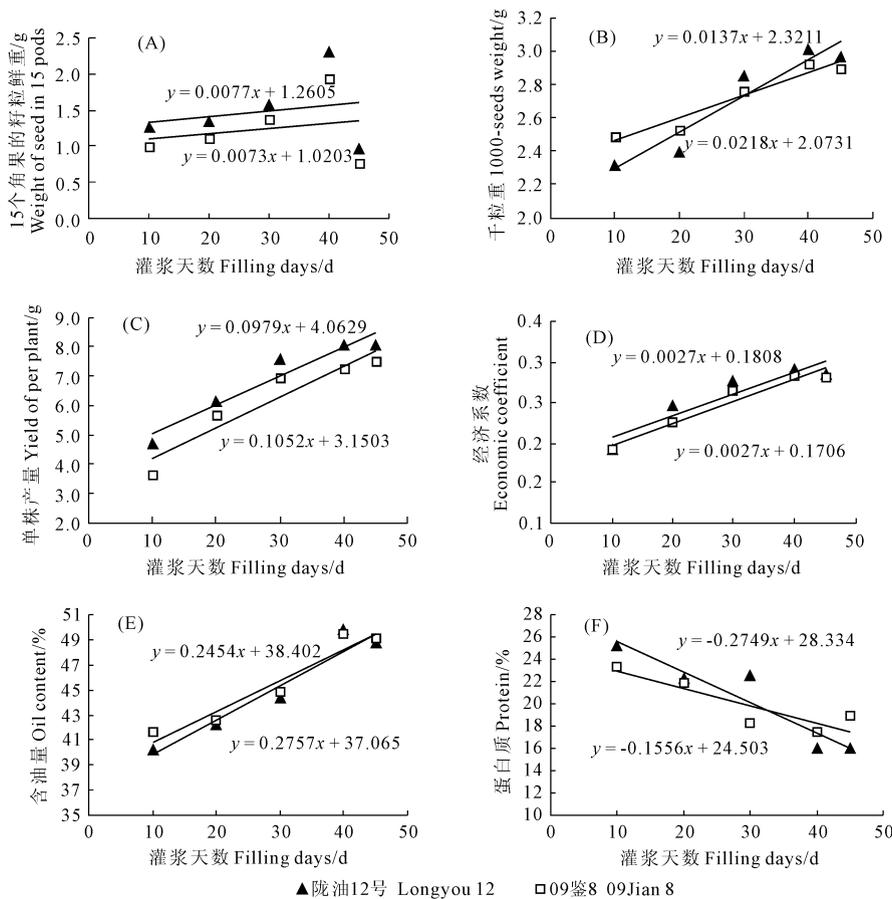


图 7 回归分析

Fig.7 Regression analysis

表 3 主成分分析结果

Table 3 The results of main components of integrated evaluation

处理 Treatment	陇油 12 号 Longyou 12					09 鉴 8 09Jian 8				
	单株产量 Yield of per plant	含油量 Fat	千粒重 1000-seeds weight	主成分得分 Value	排名 Rank	单株产量 Yield of per plant	含油量 Fat	千粒重 1000-seeds weight	主成分得分 Value	排名 Rank
10d	4.70	40.26	2.313	-2.14	5	3.65	41.61	2.487	-2.09	5
20d	6.14	42.24	2.393	-1.2	4	5.67	42.57	2.527	-1.12	4
30d	7.57	44.32	2.850	0.38	3	6.94	44.83	2.760	0.28	3
40d	8.04	49.80	3.007	1.58	1	7.24	49.51	2.923	1.49	1
45d	8.06	48.69	2.967	1.37	2	7.50	49.09	2.893	1.44	2

3 讨论与结论

3.1 籽粒灌浆成熟过程中白菜型冬油菜的单株、角果、籽粒特征变化

籽粒灌浆成熟期是冬油菜生命周期中最关键的过程之一。研究表明,不同灌浆时期冬油菜植株、角果、籽粒形态明显不同,突出的表现为其颜色和干、鲜重存在明显差异。随着冬油菜的成熟,角果由绿变黄再到白,这主要是由于油菜花期结束后植株光合作用主要发生在角果,此时,角果叶绿素含量较高,随着种子成熟,叶绿素降解叶黄素含量升高,颜色变黄,到种子完全成熟后,植株衰老,色素完全降解,颜色变白^[15]。而籽粒颜色也随着发生变化,而对于籽粒颜色变化的机理还需进一步研究。同时植株、角果、籽粒鲜重呈先增加后降低的趋势,类似抛物线状,且最大值发生的时间也不同(分别为终花后20、30、40 d),到终花后20 d左右植株鲜重基本达到最大,此时角果体积也达到最大,20 d以后光合产物主要向角果转移,因此到30 d左右角果鲜重达到最大,同样30 d后籽粒脂肪酸和蛋白质大量合成,到终花后约40 d时籽粒鲜重达到最大。而干重的变化不同于鲜重的变化,呈先增加后保持不变的S型变化趋势,这主要是由于当鲜重达到最大时干重也达到最大,而之后随着水分的散失鲜重下降而干重基本保持不变。

3.2 籽粒灌浆期长短对冬油菜产量和品质的影响

灌浆期是籽粒与品质形成的最关键时期。孙万仓^[16]研究表明,北方寒旱区冬油菜灌浆期可达到40~50 d,灌浆时期相对较长,千粒重较大。刘海卿^[17]等研究表明,在甘肃河西、青海东部、新疆北部、辽宁南部等地区籽粒灌浆期相对低温,灌浆期较长,且昼夜温差较大,降低了呼吸消耗,因此角粒数和千粒重明显增加。灌浆期干旱、低温、病虫害等均会影响冬油菜的产量和品质^[5]。本研究表明随着灌浆时间的延长,千粒重、单株产量、含油率等均逐渐升高,且于终花后40 d左右达到最大值。另外,张英华等^[18]研究表明灌浆期高温使小麦光合速率下降,使产量明显受到影响。小麦灌浆期日总光合有效辐射低于 $3.71 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 且持续2 d以上,对叶片净光合速率产生显著影响;日总光合有效辐射低于 $3.71 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 且持续4 d以上,对叶面积指数、干物质生产和产量产生显著影响^[19]。杨卫兵^[20]等研究表明,喷施外源ABA或外源GA,通过改变籽粒内源激素水平,调节灌浆起始时间和籽粒灌浆持续期,进而调控籽粒粒重的形成。

3.3 影响冬油菜品质的因素

影响冬油菜品质的因素很多,本研究结果显示,随着灌浆时间的延长,含油率、亚麻酸呈上升趋势,且在终花后40 d左右达到最大,之后保持不变,而蛋白含量、硫苷含量、油酸含量呈下降趋势。周永明表示含油量与硫苷含量呈负相关^[21],植物激素的使用对品质影响也很明显^[22-23]。另外,地点和氮肥施用量对油菜的经济和品质性状具有较大影响^[24]。随着海拔高度的上升,油菜的脂肪含量有下降的趋势,蛋白质含量的变化无明显规律性,芥酸含量有升高的趋势,硫苷含量先是升高,到了一定的海拔高度又呈下降趋势^[25]。施用氮肥可增加胡麻的亚油酸和亚麻酸含量^[26],栽培条件也可影响冬油菜的品质。研究表明,芥酸、含油量与播期呈负相关,与密度呈正相关;蛋白质恰好相反;硫苷与播期呈负相关^[27]。

综上,籽粒灌浆天数对白菜型冬油菜的产量和品质影响明显,随着灌浆时间的推移,产量和含油率先增加后保持不变。经综合评价,蜡黄期(约终花后40 d)产量和品质等性状达到最佳,是收获的适宜时期。

参考文献:

- [1] 孙万仓,马卫国,雷建民,等.冬油菜在西北旱寒区的适应性和北移的可行性研究[J].中国农业科学,2007,40(12):2716-2726.
- [2] 王学芳,孙万仓.我国北方风蚀区冬油菜抗风蚀效果[J].生态学报,2009,29(11):6572-6577.
- [3] Kraljic K, Skevin D, Pospisil M, et al. Quality of rapeseed oil produced by conditioning seeds at modest temperatures[J]. Journal of the American Oil Chemists Society, 2013, 90:589-599.
- [4] 徐超,杨晓光,李勇,等.气候变化背景下中国农业气候资源变化Ⅲ.西北干旱区农业气候资源时空变化特征[J].应用生态学报,2011,22(3):763-772.
- [5] 孙万仓.北方寒旱区白菜型冬油菜栽培技术[M].北京:中国农业出版社,2013.
- [6] 姜海杨,孙万仓,曾秀存,等.播期对北方白菜型冬油菜生长发育及产量的影响[J].中国油料作物学报,2012,34(6):620-626.
- [7] 武军艳,孙万仓,杨杰,等.不同覆盖处理对甘肃中部地区甘蓝型冬油菜越冬率及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(3):96-103.
- [8] 孙万仓,牛俊义,滕文惠,等.覆盖处理对旱寒区冬油菜越冬率和产量的影响[J].中国油料作物学报,2006,28(3):315-318.
- [9] 魏文慧,孙万仓,郭秀娟,等.氮磷钾肥对西北寒旱区冬油菜越冬率产量及经济性状的影响[J].西北农业学报,2009,18(2):122-125,130.
- [10] 王瑞,李加纳,谌利,等.甘蓝型黄籽油菜品质性状的遗传分析[J].西南农业大学学报,2004,26(5):532-534.
- [11] 周永明,刘后利.甘蓝型种子中几种脂肪酸含量的遗传[J].作物学报,1987,13(1):1-8.
- [12] 周永明,刘后利.甘蓝型种子中硫代葡萄糖苷总量的遗传[J].

- 中国油料, 1987, 1: 14-18.
- [13] 胡腾文, 赵继献. 不同施氮量对甘蓝型黄籽杂交油菜品质性状与植株性状相关性的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(15): 6399-6401.
- [14] 王仙萍, 赵继献, 任廷波. 氮、磷、钾肥对甘蓝型杂交油菜灌浆成熟过程中品质性状的影响[J]. 山地农业生物学报, 2013, 32(5): 377-383.
- [15] 李春芳. 油菜角果成熟过程中的某些生理生化特征[J]. 中国油料, 1986, (3): 79-84.
- [16] 孙万仓, 武军艳, 方彦, 等. 北方旱寒区北移冬油菜生长发育特性[J]. 作物学报, 2010, 36(12): 2124-2134.
- [17] 刘海卿, 孙万仓, 刘自刚, 等. 北方不同生态区白菜型冬油菜农艺性状变化分析[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(6): 694-704.
- [18] 张英华, 杨佑明, 曹莲, 等. 灌浆期高温对小麦旗叶与非叶器官光合和抗氧化酶活性的影响[J]. 作物学报, 2015, 41(1): 136-144.
- [19] 顾蕴倩, 刘雪, 张巍, 等. 灌浆期弱光逆境对小麦生长和产量影响的模拟模型[J]. 中国农业科学, 2013, 46(5): 898-908.
- [20] 杨卫兵, 王振林, 尹燕桦, 等. 外源 ABA 和 GA 对小麦籽粒内源激素含量及其灌浆进程的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(13): 2673-2682.
- [21] 周永明, 刘后利. 甘蓝型油菜几个品质性状的相互关系[J]. 华中农业大学学报, 1989, 8(2): 97-101.
- [22] Gaveliene V, Novickiene L, Pakalniškyte L. Effect of auxin physiological analogues on rapeseed (*Brassica napus*) cold hardening, seed yield and quality[J]. Journal of Plant Research, 2013, 126(2): 283-292.
- [23] Ijaz M, Honemeier B. Effect of triazole and strobilurin fungicides on seed yield formation and grain quality of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) [J]. Field Crops Research, 2012, 130: 80-86.
- [24] 刘念, 汤天泽, 范其新, 等. 不同地点、播期和氮肥施用量对特高芥酸油菜经济和品质性状的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2015, 50(3): 68-72.
- [25] 黄华磊, 石有明, 周燕, 等. 海拔高度对油菜品质的影响[J]. 浙江农业科学, 2012, (10): 1384-1390.
- [26] 叶春雷, 罗俊杰, 石有太, 等. 不同肥料配比对旱地胡麻产量及品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(2): 22-25.
- [27] Zhao J X, Ren T B, Cheng G P. Effect of cultivation conditions on quality parameters of high grade hybrid rape of *Brassica napus* L. [J]. Agricultural Science & Technology, 2013, 14(1): 59-68.

(上接第 7 页)

- [14] 温明星, 陈爱大, 李东升, 等. 播期和密度对镇麦 168 农艺和品质性状的影响[J]. 麦类作物学报, 2013, 33(6): 1243-1247.
- [15] 郭伟, 于立河, 崔丽亚, 等. 密度及干物质运转对龙麦 26 小麦产量及品质的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2003, 15(3): 17-20.
- [16] 郑宝强, 王小燕, 孙伟男. 播期和密度对郑麦 9023 旗叶光合特性、干物质积累和产量的影响[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(12): 3094-3097.
- [17] 刘万代, 陈现勇, 尹钧, 等. 播期和密度对冬小麦豫麦 49—198 群体性状和产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(3): 464-469.
- [18] 李兰真, 汤景华, 汤新海, 等. 不同类型小麦品种播期播量研究[J]. 河南农业科学, 2007, (11): 38-41.
- [19] 李素真, 周爱莲, 王霖, 等. 不同播期播量对不同类型超级小麦产量因子的影响[J]. 山东农业科学, 2005, (5): 12-15.
- [20] 田文仲, 温红霞, 高海涛, 等. 不同播期、播种密度及其互作对小麦产量的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(2): 45-49.
- [21] 屈会娟, 李金才, 沈学善, 等. 种植密度和播期对冬小麦品种兰考矮早八干物质和氮素积累与转运的影响[J]. 作物学报, 2009, 35(1): 124-131.
- [22] 吴九林, 彭长青, 林昌明, 等. 播期和密度对弱筋小麦产量与品质影响的研究[J]. 江苏农业科学, 2005, (3): 36-38.
- [23] 赵广才, 常旭虹, 杨玉双, 等. 群体和氮肥运筹对冬小麦产量和蛋白质组分的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(1): 16-23.
- [24] 徐月明, 王祥菊, 刘萍, 等. 密度对扬麦 9 号和扬麦 12 号产量与籽粒品质及群体品质与个体株型指标的影响[J]. 西北农
- 业学报, 2012, 21(10): 34-41.
- [25] Otteson B N, Mergoum M, Ranson J K. Seeding rate and nitrogen management on milling and baking quality of hard red spring wheat genotypes[J]. Crop Science, 2008, 48: 749-755.
- [26] 裴雪霞, 王姣爱, 党建友, 等. 播期对优质小麦籽粒灌浆特性及旗叶光合特性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(1): 121-128.
- [27] 于振文, 岳寿松, 沈成国, 等. 不同密度对冬小麦开花后叶片衰老和粒重的影响[J]. 作物学报, 1995, 21(4): 412-418.
- [28] 张永丽, 肖凯, 李雁鸣. 种植密度对杂种小麦 C6-38/Py85-1 旗叶光合特性和产量的调控效应及其生理机制[J]. 作物学报, 2005, 31(4): 498-505.
- [29] 陈素英, 张喜旺, 毛任钊, 等. 播期和播量对冬小麦冠层光合有效辐射和产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(4): 681-685.
- [30] 徐恒永, 赵振东, 刘建军, 等. 群体调控对济南 17 号小麦产量性状的影响[J]. 山东农业科学, 2001, (1): 7-9.
- [31] 刘萍, 郭文善, 徐月明, 等. 种植密度对中、弱筋小麦籽粒产量与品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(5): 116-121.
- [32] 曹倩, 贺明荣, 代兴龙, 等. 密度、氮肥互作对小麦产量及氮素利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(4): 815-822.
- [33] 陈爱大, 蔡金华, 温明星, 等. 播期和种植密度对镇麦 168 籽粒产量与品质的调控效应[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(1): 9-13.
- [34] 潘洁, 姜东, 戴延波, 等. 不同生态环境与播种期下小麦籽粒品质变异规律的研究[J]. 植物生态学报, 2005, 29(3): 467-473.