

油菜收获时间与方式对菜籽含油量及蛋白质含量的影响

金梅 吴崇友* 汤庆

(农业部南京农业机械化研究所,南京 210014)

摘要 选取 5 个油菜品种,连续 2 年在合肥巢湖市进行了不同收获时间及不同收获方式(联合收获、分段收获)的菜籽含油量及蛋白质含量的测定。结果表明:在适收期前后 4~5 天内所有试验品种菜籽的含油量及蛋白质含量稳定性均大于 95%;方差分析可知收获方式对多数品种的菜籽含油量和蛋白质含量影响不显著,但中双11对收获方式和收获时间则较为敏感;同时也出现分段收获比联合收获的菜籽含油量低,含蛋白质质量高的普遍现象。因此大部分油菜品种在适收期内不管采用联合收获还是分段收获,菜籽含油量及蛋白质含量保持稳定。

关键词 油菜;收获方式;收获时间;含油量;蛋白质含量

中图分类号 S 565.4

文章编号 1007-4333(2016)07-0029-08

文献标志码 A

Effects of different harvest periods and methods on the oil and protein contents of rapeseed

JIN Mei, WU Chong-you*, TANG Qing

(Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization, Ministry of Agriculture, Nanjing 210014, China)

Abstract In order to understand the effects of different harvest periods and methods on the oil and protein contents of rapeseed, five rapeseed varieties were chosen as materials and directly seeded in Hefei, Anhui province for two years. The rapeseeds were harvested at different time points during the suitable harvest periods by combination and two-stage harvesting methods separately. The results showed that rapeseed oil and protein contents were not changed significantly before and after 4 - 5 days during suitable harvest periods, and the stabilization was over 95%. Harvest methods influenced oil and protein content, but the effect was not significant for most varieties of rapeseed except zhongshuang11. Although harvest methods had no significant influence on oil and protein content, it provided a change trend that the oil content of combine harvest rapeseed was a little lower than two-stage harvest rapeseed. The oil and protein contents in rapeseed maintained stable when it was harvested during suitable periods.

Keywords rapeseed; harvest methods; harvest periods; oil content; protein content

油菜是中国主要的油料作物,是我国食用植物油的第一大来源。与花生油、玉米油、大豆油、橄榄油、茶籽油、葵花籽油等相比,菜籽油饱和脂肪酸含量最低,油酸质量分数达 60% 以上,且含有人体必需的亚油酸和亚麻酸,因而低芥酸菜籽油是优质的食用植物油^[1]。我国油菜种植面积广,各地自然条件差别很大,油菜播种期和收获期有很大不同,从而形成了我国油菜品种、栽培制度和栽培技术的多样

性^[2]。长江流域和黄淮流域为冬油菜主产区,而北方高纬度和高海拔地区则以种植春油菜为主。油菜收获有联合收获与分段收获 2 种方式,2 种收获方式各有特点。国内对 2 种收获方式本身的适应性、经济性等特性已有不少研究^[3-5],研究遗传育种技术、转基因技术、高效栽培方法等对菜籽品质影响^[6-9]以及收获期对菜籽含油量及产量影响^[10-11]的报道较多,但对 2 种收获方式菜籽品质的研究鲜有

收稿日期:2015-09-23

基金项目:中国农业科学院科技创新工程(穗粒类收获机械);国家科技支撑计划资助项目(2013BAD08B02)

第一作者:金梅,助理研究员,主要从事油菜收获类机械研究,E-mail:jinmei301@163.com

通讯作者:吴崇友,研究员,博士生导师,主要从事农业机械化装备研究,E-mail:542681935@qq.com

报道。国外对2种收获方式的产量和含油量等指标进行了比较研究^[12-13],研究对象大多为春油菜,中国大部分油菜为冬油菜,由于国内油菜的机械化收获起步较晚,长期采用人工收获,对油菜收获方式的研究是随着油菜联合收割机及分段收获机具的推广应用逐步受到关注。对不同收获方法各自作业特点、作业对象、作业环境等方面的比较研究已有报道^[14]。本研究试图从油菜不同收获时间与收获方式分别对菜籽含油量及蛋白质含量的影响进行研究,为选择油菜合适的收获期与适宜的机械化收获方式提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地点及材料

试验地点为安徽省巢湖市农科所试验田。2011、2012年连续2年,共选择5个常规油菜品种,在相似的栽培方式及施肥量下种植油菜,采用人工模拟联合收获和分段收获方法分别收获菜籽,测定不同收获方式下各时间点收获的菜籽含油量及蛋白质含量。第一次收获试验于2010年10月—2011年5月进行,供试品种为秦优10号、宁杂11号和中双11号;2010年10月10日直播,行距33 cm,密度约27万株/hm²,基肥为二铵225 kg/hm² 氯化钾150 kg/hm²、硼肥22.5 kg/hm²,2010年11月10日和2011年1月16日分别按150 kg/hm² 尿素追施苗肥和腊肥。第二次收获试验于2011年9月—2012年5月进行,供试品种为秦优11号、大地55和中双11号,2011年9月27日直播,行距33 cm,密度约30万株/hm²,基肥与第一年相同,2011年10月28日和2012年1月12日分别按150 kg/hm² 尿素追施苗肥和腊肥。

1.2 收获方法

收获方式为联合收获和分段收获2种方式,具体收获时间见表1。联合收获方法:在同一田块里随机选择5 m² 地块,在正常收获前2~3 d,把油菜全部收割立即进行人工脱粒,测定油菜籽的含油量及蛋白质含量;间隔一段时间进行第2个时间点收获;再进行第3个时间点收获,处理方法同第一个时间点。分段收获方法:在同一田块里随机选择5 m² 地块,在正常适宜割晒的前2~3 d,把油菜全部割倒,在晒布上晾晒4~5 d后进行人工脱粒;间隔一段时间进行第2个时间点收获;再进行第3个时间点收获,处理方法同第1个时间点。

1.3 试验仪器

油菜籽含油量的检测使用 Minispec20 核磁共振分析仪,检测依据为行业标准 NY/T 1285—2007;蛋白质含量的检测使用 Vector 33N 红外光谱仪,检测依据为国家标准 GB/T 24318—2009;检测温度为15℃,相对湿度为40%~48%。

2 结果与分析

2.1 试验结果

2种收获方式不同收获时间点的菜籽含油量和蛋白质含量的检测结果见表1、2。由于油菜品种差异成熟期不尽相同,表中各品种油菜不同收获方式的收获时间点为各自最佳收获期前后时间段,参照外观判断法选择最佳收获时间点^[12],其中分段收获的收获时间点为割晒时间。

2.2 收获时间及方式对含油量及蛋白质含量的影响

对表1、2中各品种油菜籽2种收获方式不同收获时间含油量及蛋白质含量进行分析,计算含油量及蛋白质含量3个时间点的标准差*s*及稳定性*V*。

$$V = \left(1 - \frac{s}{\bar{X}}\right) \times 100\%$$

式中, \bar{X} 为每种收获方式3个时间点收获菜籽的含油量或蛋白质含量平均值。

油菜籽不同收获时间含油量及蛋白质含量稳定性分析结果见表3,可以看出2年含油量随收获时间变化稳定性均大于95%,其中中双11受收获时间影响是所有品种中最大的,其余各品种含量稳定性均大于97%。蛋白质含量随收获时间变化的稳定性也均大于95%,同样中双11也是所有品种中受收获时间影响最大的,其余品种稳定性均超过97%。总体上,各品种菜籽含油量与蛋白质含量并未出现明显上升或降低的规律性变化而是基本稳定在一定数值区间,因此在适收期时间段内,油菜籽品质不会出现大的变化,此时间段属于适收期范围,在此范围内收获的油 菜籽品质含油量保持在较高水平。菜籽含油量及蛋白质含量对收获时间的敏感程度也受品种的影响,本试验中2年的实验结果均显示中双11对收获时间的敏感度较高。因此从菜籽品质方面考虑联合收获的适收期至少可达4~5 d。当收获期持续到10 d甚至更长时,随着收获期推迟菜籽含油量先升高后逐渐减低,蛋白质含量与含油量呈负相关变化^[10-11],要获得较好的油菜籽品质必须准确把握适宜的收获期。

表 1 2011 年不同收获时期及方法对菜籽含油量及蛋白质含量影响

Table 1 Effects of different harvest periods and methods on rapeseed oil and protein contents in 2011

方式 Method	秦优 10 Qinyou 10			宁杂 11 Ningza 11			中双 11 Zhongshuang 11		
	收获日期 Harvest date	含油量/% Oil content	粗蛋白含量/% Protein content	收获日期 Harvest date	含油量/% Oil content	粗蛋白含量/% Protein content	收获日期 Harvest date	含油量/% Oil content	粗蛋白含量/% Protein content
	联合收获	05-25	44.52	20.51	05-18	44.76	17.63	05-25	44.73
Combine	05-27	44.31	21.52	05-20	44.91	18.92	05-27	44.86	22.76
harvesting	05-29	44.15	21.57	05-25	45.58	18.61	05-29	44.96	22.62
分段收获	05-18	44.29	20.94	05-13	43.18	19.42	05-18	44.02	22.36
Two-stage	05-20	43.32	21.00	05-15	44.06	19.51	05-20	43.54	23.53
harvesting	05-25	45.16	20.40	05-17	44.85	18.97	05-25	43.79	23.71

表 2 2012 年不同收获时期及方法对菜籽含油量及蛋白质含量影响

Table 2 Effects of different harvest periods and methods on rapeseed oil and protein contents in 2012

方式 Method	大地 55 Dadi 55			中双 11 Zhongshuang 11			秦优 11 Qinyou 11		
	收获日期 Harvest date	含油量/% Oil content	粗蛋白含量/% Protein content	收获日期 Harvest date	含油量/% Oil content	粗蛋白含量/% Protein content	收获日期 Harvest date	含油量/% Oil content	粗蛋白含量/% Protein content
	联合收获	05-25	36.97	27.96	05-26	39.59	28.17	05-25	37.54
Combine	05-28	36.98	28.59	05-28	41.00	27.32	05-28	37.10	28.47
harvesting	05-30	36.04	28.81	05-30	42.12	25.67	05-30	36.20	28.54
分段收获	05-17	37.27	28.33	05-18	37.46	28.32	05-17	37.08	27.38
Two-stage	05-19	36.80	28.64	05-20	39.40	28.20	05-19	38.77	26.89
harvesting	05-21	35.86	29.79	05-22	41.11	26.89	05-21	39.02	26.46

表3 油菜籽不同收获时间含油量及蛋白质含量稳定性

Table 3 Content stability of rapeseed oil and protein in different harvest time

年份 Year	品种 Variety	含油量 Oil content				蛋白质含量 Protein content			
		联合收获 Combine harvesting		分段收获 Two-stage harvesting		联合收获 Combine harvesting		分段收获 Two-stage harvesting	
		标准差 Standard deviation	稳定性/% Stability	标准差 Standard deviation	稳定性/% Stability	标准差 Standard deviation	稳定性/% Stability	标准差 Standard deviation	稳定性/% Stability
2011	秦优 10 Qinyou 10	0.186	99.6	0.920	97.9	0.598	97.2	0.330	98.4
	宁杂 11 Ningza 11	0.437	99.0	0.835	98.1	0.673	96.3	0.289	98.5
	中双 11 Zhuangshuang 11	0.115	99.7	0.240	99.5	0.291	98.7	0.733	96.8
2012	大地 55 Dadi 55	0.540	98.5	0.718	98.0	0.441	98.4	0.769	97.3
	中双 11 Zhuangshuang 11	1.268	96.9	1.826	95.4	1.271	95.3	0.793	97.1
	秦优 11 Qinyou 11	0.683	98.2	1.055	97.2	0.697	97.5	0.460	98.3

本研究就2种收获方式及时间对菜籽含油量及蛋白质含量进行了详细的比较分析。对2年5个品

种不同收获方式含油量及蛋白质含量分别进行双因素无重复试验方差分析(表4、5)。

表4 不同收获方式及收获时间对含油量的双因素无重复试验方差分析

Table 4 Effects of different harvest periods and methods on rapeseed oil content by two-way ANOVA

年份 Year	品种 Variety	收获方式 Harvest method	收获时间 Harvest time
2011	秦优 10 Qinyou 10	0.92	0.58
	宁杂 11 Ningza 11	0.06	0.12
	中双 11 Zhongshuang 11	0.03	0.74
2012	大地 55 Dadi 55	0.91	0.05
	中双 11 Zhongshuang 11	0.04	0.03
	秦优 11 Qinyou 11	0.30	0.88

表5 不同收获方式及收获时间对蛋白质含量的双因素无重复试验方差分析

Table 5 Effects of different harvest periods and methods on rapeseed protein content by two-way ANOVA

年份 Year	品种 Variety	收获方式 Harvest method	收获时间 Harvest time
2011	秦优 10 Qinyou 10	0.47	0.69
	宁杂 11 Nignza 11	0.18	0.55
	中双 11 Zhongshuang 11	0.13	0.18
2012	大地 55 Dadi 55	0.24	0.14
	中双 11 Zhongshuang 11	0.14	0.07
	秦优 11 Qinyou 11	0.21	0.92

表4、5为油菜不同收获方式和收获时间对菜籽含油量及蛋白质含量的双因素方差分析,选择显著性水平为0.05,试验结果显示2年的不同收获方式对中双11菜籽含油量有显著影响,而其他品种菜籽均无显著影响。2012年试验的中双11显示收获时间对菜籽含油量有显著影响,其余均无显著影响。不同收获方式及收获时间对蛋白质含量影响的分析显示所有品种2年试验结果均无显著影响。从分析结果可以看出除个别品种不同收获方式对含油量影响较大外,绝大部分品种油菜的不同收获方式对菜籽的含油量及蛋白质含油量影响不大。因此选择不同的收获方式不会对菜籽品质产生很大的影响。

虽然油菜不同收获方式对含油量及蛋白质含量方差分析显示个别品种油菜受收获方式影响含油量

及蛋白质含量发生显著变化,但是若不考虑品种因素影响,对2年各品种含油量及蛋白质含量取平均值进行比较,发现两年中分段收获比联合收获含油量分别降低1.6%、0.2%,而蛋白质含量分段收获比联合收获仅分别提高1.9%、0.03%。因而油菜联合收获与分段收获对绝大部分品种油菜籽含油量及蛋白质含量没有显著影响。

2.3 气候条件对含油量及蛋白质含量影响分析

表1、2中2年油菜含油量及蛋白质含量出现较大差异,虽然油菜的含油量决定于母本基因型,遗传力较强^[15-16],但与外界因素也有很大关系。国内外大量研究结果明确指出,环境条件是决定作物生长发育及其品质形成的外因,对作物品质的影响作用十分显著,包括温度、光照、水分、海拔、土壤、施肥情况等众多因素^[17],试验中2年的种植土壤和施肥量

均相同,气候条件是主要影响因素,气象条件中对油菜含油量影响最大的是温度和光照^[18]。有研究发现油菜种子含油量与角果和种子发育期间的平均最高温度呈显著负相关,角果和种子发育期间的平均最高温度每上升 1 °C,油菜种子含油量下降 0.66%^[19]。种子形成期较长的日照时数也有利于油菜油脂的积累,而且种子形成后期光强越弱,籽粒含油量越低,一般光照充足,昼夜温差大,土壤湿度适宜,有利于油分累积^[20-21]。试验中油菜初花期、盛花期、终花期及成熟期大致为 3、4、5 这 3 个月,是菜籽油脂积累的重要时期,因此对 2011 年及 2012 年两年的 03—05 月份天气情况作了比较,见图 1、2。2011 年 03—05 月份日照时间及昼夜温差明显高于同期的 2012 年,其中 2012 年 3 月份阴雨天气达 20 天,对油菜生长影响较大,因此 2012 年油菜籽含油量明显低于 2011 年,蛋白质含量高于 2011 年,这也与前人研究的蛋白质和油脂负相关性结果一致^[22-23]。

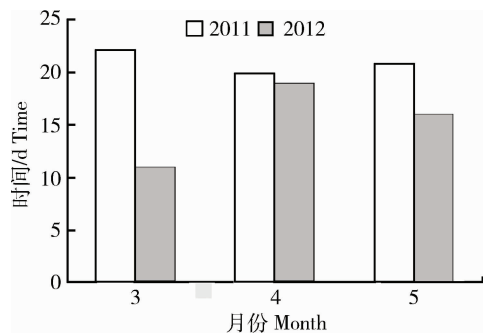


图 1 2011、2012 年 03—05 月非阴雨天天数

Fig. 1 Non-overcast and rainy days from March to May in 2011 and 2012

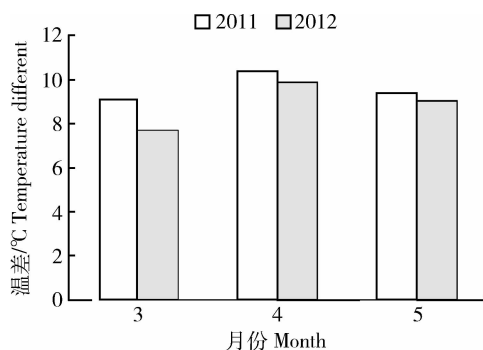


图 2 2011、2012 年 03—05 月平均温差

Fig. 2 Average temperature difference from March to May in 2011 and 2012

3 讨论

两种收获方式对油菜籽的含油量和蛋白质含量影响虽不显著,但 2 年试验均显示分段收获含油量比联合收获稍低,这与菜籽油脂积累机理和 2 种收获方式的差别有关。刘玉霞等有研究认为种子中油分含量在开花后 10 d 起迅速增加,直至开花后 50 d 左右,而蛋白质和氨基酸等干物质在油菜开花后迅速增加,至开花后 30 d 左右达到高值^[24-25]。代柳亭有研究将角果发育分成 3 个阶段,认为初花后 16 d 内种子中蛋白质的累积多于油分积累;初花后 16~32 d 内种子中的蛋白质含量相对降低而含油量迅速提高,脂肪酸组成稳定直至成熟,从中可以看出油菜籽中蛋白质的积累先于油脂^[26]。当采用联合收获收割时,油菜基本达到或接近完熟期,由于油菜是无限花序,其主轴籽粒基本能形成产量,但是分枝籽粒还有很多是未成熟的青籽粒在收获过程中被破坏不能形成有效产量。采用分段收获时,首次割倒时油菜为黄熟或青色,经过 4~7 d 晾晒,油菜籽基本都转为黄褐色,包括割倒时的青籽也能形成有效产量。由于蛋白质的积累先于油脂,这部分青籽的油脂积累并未完成,而蛋白质等干物质积累已趋于饱和,因此其含油量偏低。由于割倒阻断了油菜从土壤中吸收水分,经过后熟作用,分段收获的菜籽成熟度较联合收获更高。而在成熟后期随着籽粒内干物质进一步充实,含油量有下降趋势,分段收获的成熟度较高的菜籽含油量也有偏低趋势。由于上述 2 方面的影响,导致分段收获的油菜籽含油量较联合收获的偏低,而蛋白质含量偏高。

4 结论

在油菜成熟期前后 4~5 d 收获的菜籽含油量及蛋白质含量随时间的不同没有显著变化,稳定性较好,均大于 95%。不同收获方式对大部分品种菜籽含油量及蛋白质含量没有显著影响。但是个别品种如试验中使用中双 11 对收获时间及收获方式较敏感,出现显著差异。因此大部分油菜品种在适收期内采用不同的收获方式对菜籽品质无显著影响。

虽然结果表明不同收获方式对大部分菜籽品质无显著影响,但分段收获比联合收获菜籽含油量稍低,蛋白质含量稍高。产生这种变化趋势主要是由

于分段收获经过割倒后晾晒把联合收获时损失的青籽经过后熟作用形成了有效产量,这部分青籽中含油量偏低;而且分段收获经过晾晒后收获的菜籽成熟度较联合收获高,其含油量也有偏低的趋势。

参 考 文 献

- [1] 熊秋芳,张效明,文静,李兴华,傅廷栋,沈金雄. 菜籽油与不同食用植物油营养品质的比较:兼论油菜品质的遗传改良[J]. 中国粮油学报,2014,29(6):122-128
Xiong Q F, Zhang X M, Wen J, Li X H, Fu X D, Shen J X. Comparison of nutritional values between rapeseed oil and several other edible vegetable oils: Discussion of rapeseed quality genetic improvement [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2014, 29 (6): 122-128 (in Chinese)
- [2] 张树杰,张春雷. 气候变化对我国油菜生产的影响[J]. 农业环境科学学报,2011,30(9):1749-1754
Zhang S J, Zhang C L. Influences of climate changes on oilseed rape production in China [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2011, 30(9): 1749-1754 (in Chinese)
- [3] 卢晏,吴崇友,金诚谦,涂安富. 油菜机械化收获方式的选择[J]. 农机化研究,2008,30(11):240-245
Lu Y, Wu C Y, Jin C Q, Tu A F. The choice of rape mechanized harvest methods [J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2008, 30(11): 240-245 (in Chinese)
- [4] 吴崇友,肖圣元,金梅. 油菜联合收获与分段收获效果比较[J]. 农业工程学报,2014,30(17):10-16
Wu C Y, Xiao S Y, Jin M. Comparison on rape combine harvesting and two-stage harvesting [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, 30 (17): 10-16 (in Chinese)
- [5] 刘德军,赵秀荣,高连兴, Sørensen C G. 不同收获方式含水率对油菜收获物流损失的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(10):339-342
Liu D J, Zhao X R, Gao L X, Sørensen C G. Effect of moisture content on rape harvest logistics losses under different harvest methods [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2011, 27(10): 339-342 (in Chinese)
- [6] 张莉. 不同环境条件下油菜籽饼粕品质性状的发育遗传研究[D]. 杭州:浙江大学,2010
Zhang L. Developmental genetic analysis for meal quality traits of rapeseed (*Brassica napus* L) across environments [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2010 (in Chinese)
- [7] 付绍红. RNA干扰技术提高甘蓝型油菜含油率的研究[D]. 雅安:四川农业大学,2010
Fu S H. Improve the oil content of rapeseed (*Brassica napus* L) by RNA interference [D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2012 (in Chinese)
- [8] 邹娟,鲁剑巍,李银水,吴江市,陈防. 氮、磷、钾、硼肥对甘蓝型油菜籽品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(5):961-968
Zou J, Lu J W, Li Y S, Wu J S, Chen F. Effects of N, P, K and B fertilization on quality of *Brassica napus* [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2008, 14(5): 961-968 (in Chinese)
- [9] 肖庆生,夏志涛,周灿金,邹崇顺,张学昆,廖星. 氮磷钾肥对迟直播油菜产量和品质的影响[J]. 中国油料作物学报,2010,32(2):263-269
Xiao Q S, Xia Z T, Zhou C J, Zou C S, Zhang X K, Liao X. Effects of N, P, K fertilization on yield and quality of delayed direct-seeding rapeseed (*Brassica napus* L) [J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2010, 32 (2): 263-269 (in Chinese)
- [10] 邓力超,薛灿辉,周安兴,黄晓勤. 收割期对油菜产量和含油量的影响[J]. 湖南农业科学,2010,40(1):26-27
Deng L C, Xue C H, Zhou A X, Huang X Q. Effects of different harvest periods on yield and oil content of oilseed rape [J]. *Human Agricultural Sciences*, 2010, 40(1): 26-27 (in Chinese)
- [11] 张子龙,王贵学,唐章林,谌利,李加纳. 收获期对甘蓝型黄籽油菜粒色等主要品质性状的影响[J]. 耕作与栽培,2003,23(5):11-12
Zhang Z L, Wang X G, Tang Z L, Zhan L, Li J N. Effects of different harvest periods on color and other main qualities of yellow-seeded rapeseed [J]. *Tillage and Cultivation*, 2003, 23 (5): 11-12 (in Chinese)
- [12] 金诚谦,吴崇友. 油菜收获技术基础研究现状与展望[J]. 农机化研究,2010,32(1):5-9
Jin C Q, Wu C Y. Review and perspectives of research status on rape harvest technique [J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2010, 32(1): 5-9 (in Chinese)
- [13] 冷锁虎,朱耕如. 油菜机械化收获研究[J]. 中国油料,1992,(3):82-85
Leng S H, Zhu G R. Research in rapeseed mechanized harvest [J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 1992, (3): 82-85 (in Chinese)
- [14] 罗海峰,汤楚苗,官春云,吴明亮. 油菜机械化收获研究进展[J]. 农机化研究,2015,37(1):1-8
Luo H F, Tang C Z, Guan C Y, Wu M L. Research progress in rapeseed mechanized harvest [J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2015, 37(1): 1-8 (in Chinese)
- [15] 侯树敏. 气象和生理等因素对甘蓝型油菜产量品质性状影响的研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2004
Hou S M. Study on the meteorological and physiological factors etc. effecting yield and quality characters in rapeseed (*Brassica napus* L) [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2004 (in Chinese)
- [16] 田展,丁秋莹,梁卓然,樊冬丽. 气候变化对中国油料作物的影响研究进展[J]. 中国农学通报,2014,30(15):1-6
Tian Z, Ding Q Y, Liang Z R, Fan D L. Advances of researches in the impact on oil crops under climate change [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014, 30(15): 1-6 (in Chinese)

- [17] 张子龙,李加纳,唐章林,谌利,王瑞. 环境条件对油菜品质的调控研究[J]. 中国农学通报,2006,22(2):124-129
Zhang Z L, Li J N, Tang Z L, Chen L, Wang R. The research progress of the effect of environmental factors on quality characters of rapeseed [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22(2): 124-129 (in Chinese)
- [18] 赵合句. 优质油菜高产栽培与利用[M]. 北京: 金盾出版社, 1998:32
Zhao H J. *Application of Cultivation of High Yielding and Quality of Rapeseed* [M]. Beijing: Jindun Publishing House, 1998 (in Chinese)
- [19] 张友贵,王兆林. 从气候条件对油菜产量及品质影响看新疆油菜的合理布局[J]. 新疆农业科学,1982(6):12-14
Zhang Y G, Wang Z L. Studies on proper redistribution across the impacts of climate on yield and quality of rapeseed in Xinjiang[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 1982(6): 12-14 (in Chinese)
- [20] 邵玉娇. 不同光强下油菜品质形成的生理基础研究[D]. 武汉: 华中农业大学,2005
Shao Y J. Studies on the physiological basis of quality formation of rapeseed under different light intensity [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2005 (in Chinese)
- [21] 张文英,朱建强,郭显平,程玲. 花果期持续受渍对油菜生长、产量与含油量的影响[J]. 长江流域资源与环境,2003,12(2): 194-197
Zhang W Y, Zhu J Q, Guo X P, Cheng L. Influence upon growing and yield and oiliness content of rape in flower-pod stage under different waterlogged stress [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2003, 12(2): 194-197 (in Chinese)
- [22] 陈锦清,郎春秀,胡张华,刘智宏,黄锐之. 反义 PEP 基因调控油菜籽粒蛋白质/油脂含量比率的研究[J]. 农业生物技术学报,1999,7(4):316-320
Chen J Q, Lang C X, Hu Z H, Liu Z H, Huang R Z. Antisense PEP gene regulates to ratio of protein and lipid content in *Brassica napus* seeds [J]. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 1999, 7(4): 316-320 (in Chinese)
- [23] 张占琴,王金梅,王学军,汪凯华,袁春新,麻浩. 油菜籽粒发育过程中 PEPCase 活性与油脂、蛋白及亚基积累的特点[J]. 中国油料作物学报,2009,31(1):14-18
Zhang Z Q, Wang J M, Wang X J, Wang K H, Yuan C X, Ma H. The characteristics of PEPCase activity and accumulation of oil, protein and major protein subunits during seed development of rape (*Brassica napus*) [J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2009, 31(1): 14-18 (in Chinese)
- [24] 刘玉霞,汪义龙,丁瑜,陈飞,黄吉祥,倪西源,赵坚义. 油菜种子成熟度对千粒重和含油量性状的影响[J]. 浙江农业学报, 2011,23(3):465-469
Liu Y X, Wang Y L, Ding Y, Chen F, Huang J X, Ni X Y, Zhao J Y. Effects of seed maturity on seed weight and oil content in *Brassica napus* [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2011, 23(3): 465-469 (in Chinese)
- [25] Zhao J Y, Becker H C, Zhang D Q. Oil content in a European \times Chinese rapeseed population: QTL with additive and their genotype-environment interactions[J]. *Crop Science*, 2005, 45(1): 51-59
- [26] 代柳亭. 不同含油量甘蓝型油菜种子油脂分布、生理生化特性以及化学调控的研究[D]. 重庆: 西南大学,2008
Dai L T. Studies on oil distribution, physiological and biochemical characteristics and chemical regulation of *Brassica napus* seeds with different oil content [D]. Chongqing: Southwest University, 2008 (in Chinese)

责任编辑: 杨爱东