

网络出版时间:2016-10-09 10:08

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2016.11.014

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20161009.1008.028.html>

甘蓝型油菜种子含油量与气象因子的相关性

康文霞,董军刚,孟 倩,梁晓芳,许 婷,杨其东,董振生

(西北农林科技大学 农学院,陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】明确影响甘蓝型油菜种子含油量的主要气象因子,为高含油量育种提供一定的理论依据。【方法】以 12 个种子含油量不同的甘蓝型油菜品系为材料,探索在汉中和杨凌 2 种生态环境下油菜种子发育过程中油分积累的异同,分析油菜角果期主要气象因子与种子油分形成的相关性及对种子含油量的影响。【结果】不同生态环境下油菜种子中油分积累差异显著,汉中花后 21~42 d 为油分快速积累期,持续时间为 21 d,而杨凌花后 28~42 d 为油分快速积累期,持续时间为 14 d;在汉中生态环境下,油菜种子含油量与日均最低温度、日均最小湿度呈显著正相关,与日均温差呈显著负相关;在杨凌生态环境下,油菜种子含油量与日均温度、日均最高温度、日均日照时数均呈显著或极显著负相关。【结论】在油菜籽粒油分形成过程中,气象因素和积累时间起决定性作用。

【关键词】 甘蓝型油菜;种子含油量;气象因子

【中图分类号】 S565.401

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2016)11-0097-07

Correlation between meteorological factors and oil content in pod of *Brassica napus* L.

KANG Wenxia, DONG Jungang, MENG Qian, LIANG Xiaofang,
XU Ting, YANG Qidong, DONG Zhensheng

(College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 This study clarified the main meteorological factors affecting oil content in *Brassica napus* L. to provide theoretical basis for breeding of varieties with high oil content. 【Method】 Twelve rapeseed lines with different oil contents were used to study the dynamic changes of oil content during seed formation, the correlation between meteorological factors and oil content, and the influence of geographical metrological factors on oil content in developing seeds of *B. napus* from Hanzhong and Yangling. 【Result】 Dynamic accumulation of oil during seed formation differed greatly among the 2 geological locations of Hanzhong and Yangling. In Hanzhong, oil accumulated rapidly 21—42 days after flowering (DAF) with the period of 21 days. In Yangling, it accumulated 28—42 DAF with the period of 14 days. In Hangzhong, the correlations of oil content with daily mean minimum temperature and daily mean minimum humidity were extremely positive, where the relationship with daily mean temperature difference was extremely negative. In Yangling, the relationships with daily mean temperature, daily mean highest temperature and daily mean sunshine hours were extremely negative. 【Conclusion】 Meteorological factors and accumulation time were decisive for oil formation of *B. napus* L.

Key words: *Brassica napus* L.; oil content; meteorological factors

〔收稿日期〕 2015-04-24

〔基金项目〕 陕西省科技统筹创新工程计划项目“主要粮油作物新品种选育”(2011KTZB02-01-03)

〔作者简介〕 康文霞(1990—),女,甘肃天水人,在读硕士,主要从事作物生物技术与育种研究。E-mail:296302785@qq.com

〔通信作者〕 董振生(1957—),男,陕西永寿人,研究员,硕士生导师,主要从事油菜遗传育种研究。E-mail:dzs05319@163.com

油菜是中国的主要油料作物之一,是食用植物油的重要来源。高含油量油菜种质资源的发掘是提高菜籽油产量的重要途径。油菜种子的含油量除了受基因控制外,还受生态环境的影响^[1-2]。光照、温度、水分、相对湿度、土壤条件和地理环境等都可能成为影响油菜种子含油量的因素^[3-8]。沈惠聪等^[9]研究表明,在种子形成期,降低光照强度则种子含油量也降低。角果期是影响油菜种子含油量的关键时期^[10]。李明辉等^[11]的研究表明,油菜角果期遇 30℃ 以上高温天气且超过一定时间,就会促使油菜高温逼熟,进而影响种子含油量。油菜角果期若雨量充足,会增大空气湿度,进而引起油菜花期延长,有利于种子油分的形成和积累,对油菜种子含油量的形成非常有利^[12-13]。同一基因型的油菜种子在不同的生态环境下种植时,含油量存在较大差异^[14-15]。付三雄等^[16-17]研究了不同环境下种植的不同基因型油菜的基因表达图谱,结果表明环境因素导致基因表达存在差异,从而影响油菜种子含油量。油菜种子含油量与海拔高度显著正相关,而纬度对含油量影响较小^[18]。付三雄等^[19]研究表明,在油菜不同的生长发育期影响其种子含油量的气象因子不同。同一基因型甘蓝型油菜品系的种子含油量在汉中和杨凌存在较大差异,但目前有关汉中和杨凌两地气象因子与油菜种子含油量关系的研究尚未见报道。因此,本研究选用 12 个种子含油量不同的甘蓝型油菜品系,分别种植在汉中和杨凌 2 种生态环境下,以明确两地影响油菜种子含油量的主要气象因子,为高含油量油菜育种提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试的 12 份材料均为甘蓝型油菜(*Brassica napus* L.),包括 13-4,13-5,13-15,317-31,317-44,317-49,695-11,695-14,695-16,695-23,695-30,695-40,其种子含油量(质量分数)分别为 39.52%,49.42%,42.90%,42.42%,47.48%,39.18%,37.15%,48.24%,48.19%,42.28%,36.22%和 42.45%。

试验在陕西杨凌和汉中西乡进行,杨凌气象资料由杨凌气象局提供,西乡气象资料由西乡县气象站提供。

1.2 田间试验与取样

试验材料分别于 2013 年 9 月种植于陕西杨凌西北农林科技大学北校区试验田和汉中西乡柳树村

试验田,次年 6 月收获。试验采用随机区组设计,行长 3 m,每行 15 株,每份材料种 3 行,2 次重复。次年油菜进入盛花期后标记同一天开放的花朵,于花后 21 d 开始第 1 次取样(角果),以后每 7 d 取样 1 次,直至种子成熟(开花后 56 d),共取样 6 次。杨凌取样日期分别为 4 月 30 日、5 月 7 日、5 月 14 日、5 月 21 日、5 月 28 日、6 月 4 日;汉中取样日期分别为 4 月 10 日、4 月 17 日、4 月 24 日、5 月 1 日、5 月 8 日、5 月 15 日。取样时用剪刀快速剪下角果,放入塑封袋后置于保温盒中,随后保存于-20℃低温冰箱。

1.3 油菜种子含油量的测定

将种子从角果中取出后,105℃下烘烤 2 h,80℃下烘干至恒质量,研碎待测。含油量测定以 GB 2906-82 为基准,采用残余法^[20]。

1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同生态条件下油菜种子含油量的变化

由于参试油菜品系种子含油量在同一生态环境下的变化趋势相同,因此分别计算杨凌和汉中所有参试品系不同发育阶段种子含油量的平均值,结果见图 1。

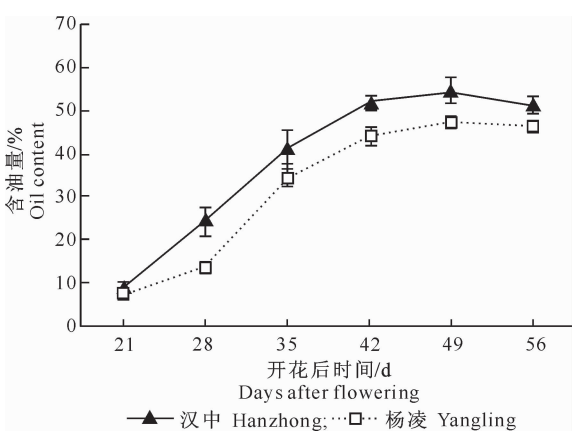


图 1 不同生态条件下甘蓝型油菜种子含油量的变化趋势
Fig.1 Oil contents of *Brassica napus* L. seeds in different ecology environments

图 1 表明,含油量随种子发育进程而不断提高,两地种子含油量快速积累起始时间不同,持续时间也不同。汉中油菜种子油分快速积累始于开花后 21 d,持续时长达 21 d。而在杨凌,油菜种子油分快速积累始于开花后 28 d,持续时长只有 14 d。在快速积累期后种子含油量仍在提高,但油分积累量逐渐下降,至花后 49 d 时达到峰值,之后种子含油量

有所下降,说明种子峰值时的含油量与种子成熟后的含油量并不一致。总体而言,汉中油菜种子油分积累期持续时间长,积累速度快,该地区油菜品系含油量也高于杨凌,可见脂肪旺盛合成时期含油量积累的速度和时间决定了油菜种子最终含油量的高低。

2.2 主要气象因子对油菜种子油分积累的影响

分析 12 份甘蓝型油菜品系开花后不同时间种子平均含油量与主要气象因子的关系,结果见图 2~8。由图 2 可知,在油菜角果期(花后 14~56 d),

汉中日均温度变幅为 15.47~18.3℃,杨凌日均温度则呈不断上升趋势,从花后 21 d 的 14.23℃上升至花后 56 d 的 22.77℃;由种子成熟过程中的平均日均温度来看,汉中日均温度(16.83℃)较杨凌(18.45℃)低。油菜种子含油量受日均温度影响较大,当日均温度高于 17℃时,汉中和杨凌两地的油菜种子油分积累量增加减缓甚至下降,推测日均温度为 17℃左右可能是油菜角果期种子含油量积累的适宜温度。

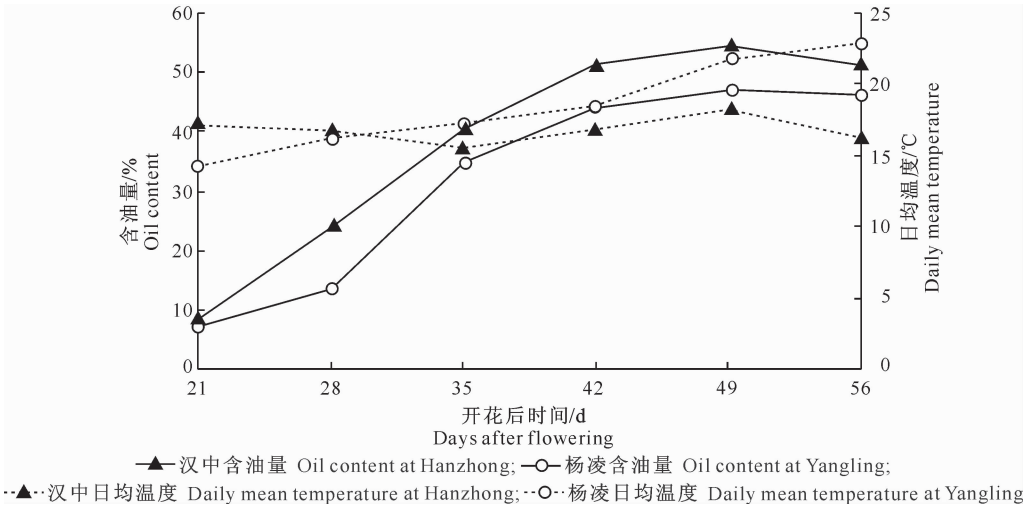


图 2 甘蓝型油菜种子发育过程中日均温度与种子含油量的关系曲线

Fig. 2 Relationship of daily mean temperature and oil content during seeds fromation of *Brassica napus* L.

由图 3 可知,油菜种子发育过程中汉中的平均日均温差为 10.49℃,日均温差变幅 6.54~13.79℃,杨凌的平均日均温差为 12.40℃,日均温差变幅

11.31~13.30℃;汉中日均温差变幅差(7.25℃)明显大于杨凌(1.99℃),且日均温度较稳定,所以汉中能维持较长的油分快速积累期,有利于油分积累。

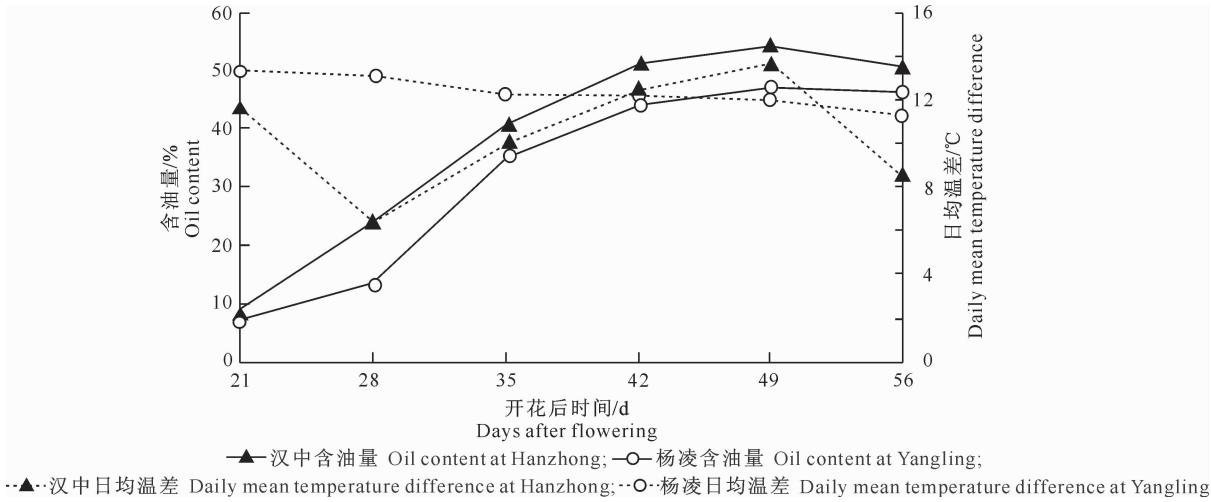


图 3 甘蓝型油菜种子发育过程中日均温差与种子含油量的关系曲线

Fig. 3 Relationship of the daily mean temperature difference and oil content during seeds formation of *Brassica napus* L.

由图 4 可知,日均降水量会影响油菜种子油分积累。油菜种子发育过程中汉中平均日均降水量为

3.30 mm/d,而杨凌仅为 1.80 mm/d。由此可知,适宜的降水量有利于油分积累。

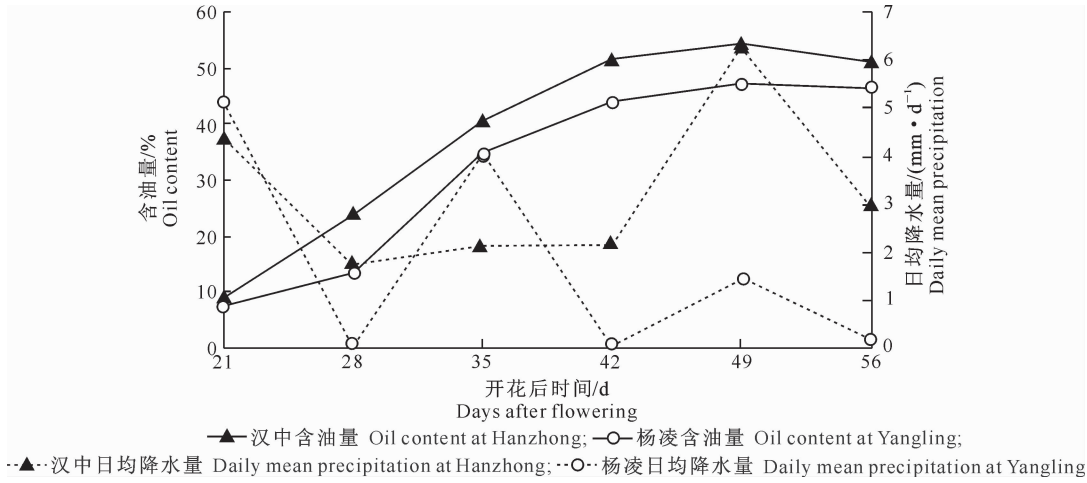


图 4 甘蓝型油菜种子发育过程中日均降水量与种子含油量的关系曲线

Fig. 4 Relationship of daily mean precipitation and oil content during seeds formation of *Brassica napus* L.

由图 5 可知,油菜花后至成熟期间,汉中日均日照时数偏少,仅为 3.82 h/d,杨凌较稳定,维持在 6.79 h/d,但汉中油菜种子含油量高于杨凌,由此判

断日均日照时数可能并不是导致两地油菜种子含油量存在差异的主要原因。

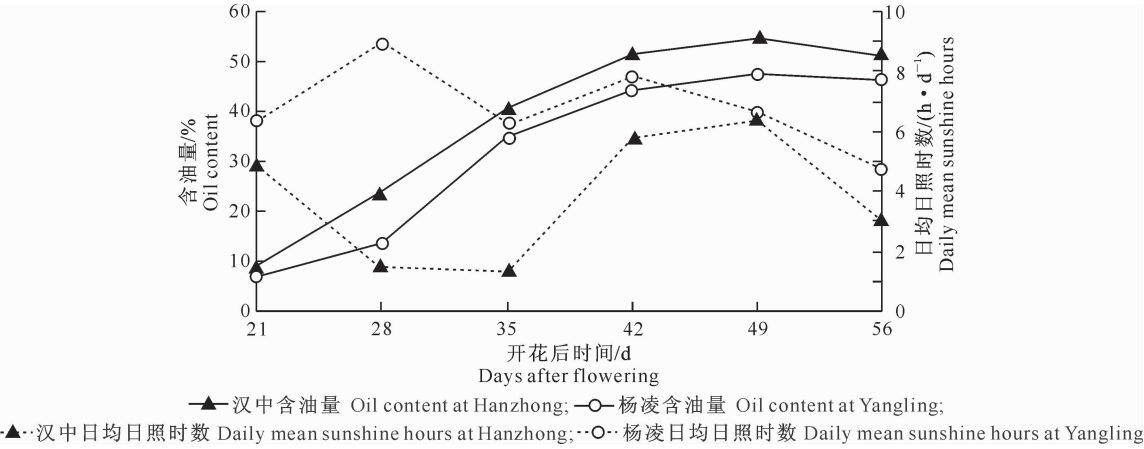


图 5 甘蓝型油菜种子发育过程中日均日照时数与种子含油量的关系曲线

Fig. 5 Relationship of daily mean sunshine hours and oil content during seeds formation of *Brassica napus* L.

由图 6 可知,在油分快速积累期,油菜种子含油量受日均最低温度影响较大。汉中平均日均最低温度为 12.59 ℃,变幅为 12.30~14.04 ℃,变化较平缓;杨凌日均最低温度呈现持续上升趋势,从 8.61 ℃上升至 17.77 ℃,变化幅度较大,平均日均最低温度为 12.89 ℃。除开花后 21~28 d 汉中日均最低温度高于杨凌外,其余时段均低于杨凌。适宜油菜种子油分积累的日均最低温度为 12~16 ℃。

杨凌外,其余阶段均低于杨凌。适宜油菜种子油分积累的日均最高温度为 20~25 ℃。

由图 8 可以看出,日均最小相对湿度对油菜种子含油量也有影响。汉中降雨量充足,日均最小相对湿度为 45.81%,杨凌降雨量较少,日均最小相对湿度为 37.69%。

图 7 表明,日均最高温度也会影响油菜种子含油量。汉中日均最高温度平均为 23.07 ℃,杨凌平均为 25.30 ℃;汉中的日均最高温度变化趋势较杨凌平缓,杨凌变幅为 21.91~29.09 ℃,呈现不断上升趋势。汉中的日均最高温度除在花后 21 d 高于

综上所述,影响油菜种子发育过程中油分积累的主要气象因子有日均温度、日均温差、日均降水量、日均最高和最低温度及日均最小相对湿度。日均温度为 17 ℃左右可能是油菜角果期种子含油量积累的适宜温度;日均温差变幅较大,能够维持较长的油分快速积累期,有利于油分积累;适当的降水量有利于油分积累;日均最低温度为 12~16 ℃,日均

最高温度为 20~25 ℃时有利于油分积累;日均最小 相对湿度较大时油菜种子含油量较高。

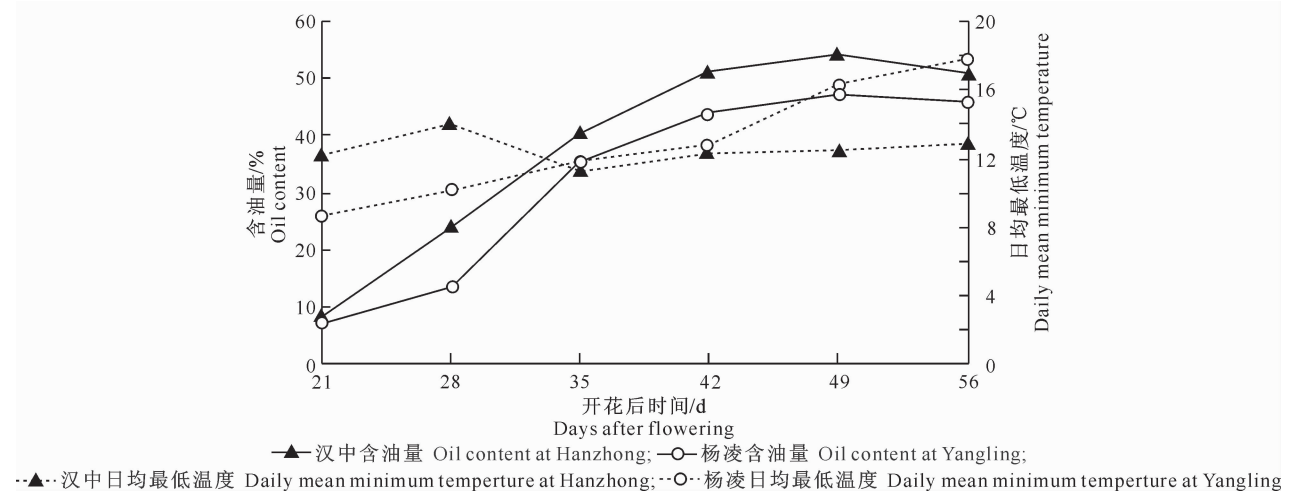


图 6 甘蓝型油菜种子发育过程中日均最低温度与种子含油量的关系曲线

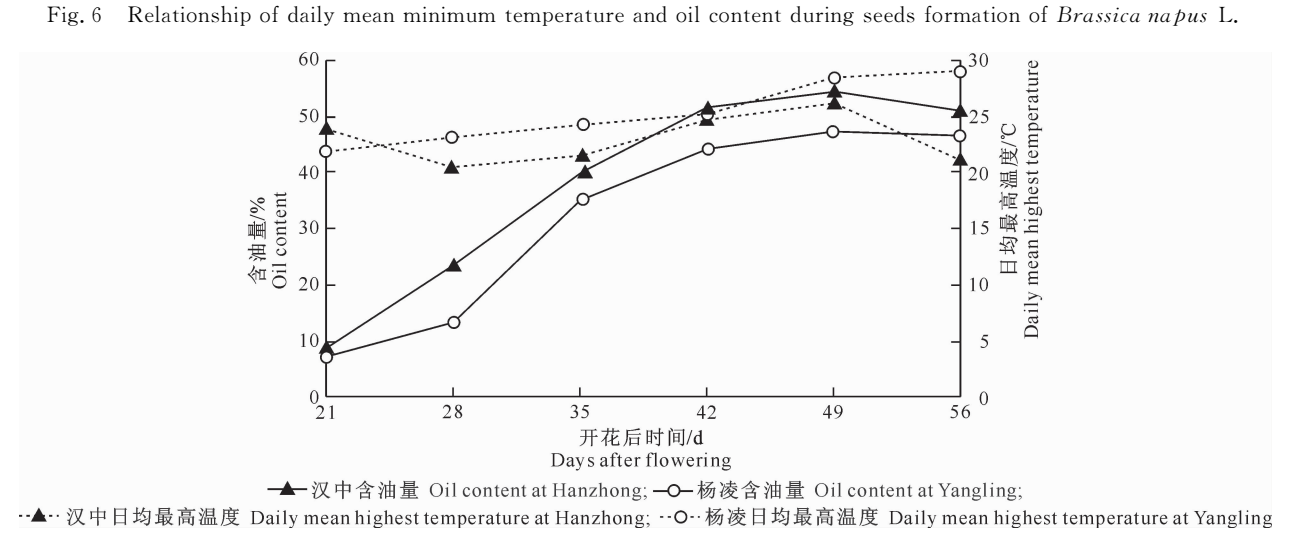


图 7 甘蓝型油菜种子发育过程中日均最高温度与种子含油量的关系曲线

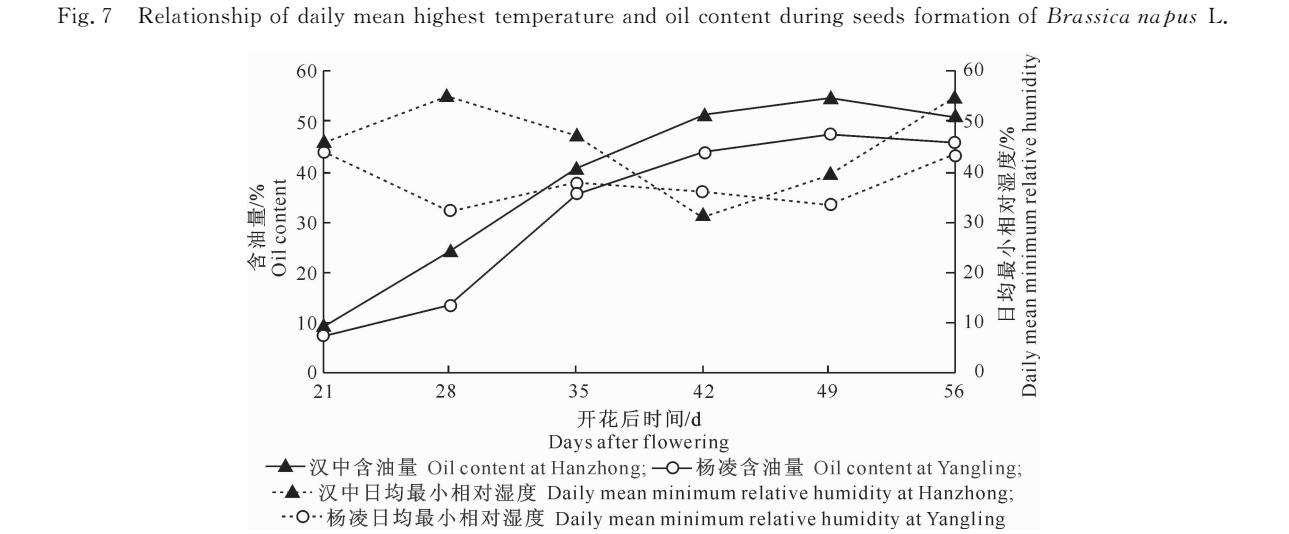


图 8 甘蓝型油菜种子发育过程中日均最小相对湿度与种子含油量的关系曲线

Fig. 8 Relationship of daily mean minimum humidity and oil content during seeds formation of *Brassica napus* L.

2.3 主要气象因子与油菜成熟种子含油量间的相关性

汉中和杨凌两地的 12 份甘蓝型油菜品系种子最终含油量与主要气候因子间的相关性分析结果

表 1 甘蓝型油菜种子含油量与主要气象因子间的相关性

Table 1 Correlation between oil content and main climatic factors during seeds formation of *Brassica napus* L.

地点 Site	日均温度 Daily mean temperature	日均最高温度 Daily mean highest temperature	日均最低温度 Daily mean minimum temperature	日均温差 Daily mean temperature difference	日均日照时数 Daily mean sunshine hours	日均降水量 Daily mean precipitation	日均最小相对湿度 Daily mean minimum humidity
汉中 Hanzhong	−0.023	−0.275	0.358*	−0.369*	−0.304	−0.015	0.335*
杨凌 Yangling	−0.435**	−0.373*	−0.273	−0.152	−0.355*	0.207	0.130

注：* 表示 $P=0.05$ 水平上相关显著；** 表示 $P=0.01$ 水平上相关极显著。

Note: * Correlation is significant at the $P=0.05$ level; ** Correlation is extremely significant at the $P=0.01$ level.

3 讨 论

本研究结果表明,甘蓝型油菜种子含油量先上达到峰值,成熟后种子含油量略低于积累峰值,这与伊淑丽等^[21]的研究结果一致。汉中和杨凌两地的甘蓝型油菜种子含油量快速积累期持续时间存在差异,汉中的种子油分快速积累开始早,持续时间长;杨凌的快速积累期持续时间短。通过对气象因子与汉中和杨凌两地油菜种子最终含油量的相关性分析可知,在油菜种子发育过程中,日均温度、日均最高和最低温度、日均温差及日均最小相对湿度是影响两地种子含油量的主要气象因子。不同的地理生态区,影响油菜种子中含油量的主要气象因子不同。沈惠聪等^[22]认为,油菜种子含油量与降水量呈负相关。本研究发现,日均降水量对两地油菜种子含油量的影响不明显。油菜角果期营养成分为种子的油分,温度对油分的影响较大,此阶段温度为15~20℃有利于油分积累。

汉中日均温度较杨凌小且稳定,日均温差较小,但日均温差的变幅较大,降雨量多,光照较充足,有利于种子含油量积累,汉中的气候条件是油菜高油分基因表达的理想条件。限制杨凌油菜种子含油量的主要原因是油菜角果期日均温度不断升高,日均温差较大,但日均温差的变幅较小,降雨量少及日最高温度太高,从而造成杨凌油菜种子含油量低。

[参考文献]

[1] Garzon G A. Effect of oil content and pH on the physicochemical of rape oil composites properties [J]. Cereal Chem, 2003, 80:2-5.

[2] Delourme R, Falentin C, Huteau V, et al. Genetic control of oil content in oilseed rape (*Brassica napus* L.) [J]. Theoretical

(表 1)表明,在汉中,种子含油量与日均最低温度、日均最小相对湿度呈显著正相关,与日均温差呈显著负相关;在杨凌,种子含油量与日均温度、日均最高温度、日均日照时数均呈显著或极显著负相关。

and Applied Genetics, 2006, 113(7):1331-1345.

[3] 赵合句,李培武,李光明,等. 施肥水平对优质油菜种子生化品质影响的研究 [J]. 作物学报, 1991, 17(4):256-260.

Zhao H J, Li P W, Li G M, et al. Effects of fertilizer dressing on biochemical qualities in quality rape (*B. napus* L.) [J]. Acta Agronomica Sinica, 1991, 17(4):256-260.

[4] 孟赐福,吴益伟,水建国,等. 施用石灰对红壤旱地土壤酸度和油菜产量的影响 [J]. 中国油料, 1995, 17(2):39-43.

Meng C F, Wu Y W, Shui J G, et al. Effect of liming on soil acidity and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) grown on red soil upland [J]. Oil Crops of China, 1995, 17(2):39-43.

[5] 张子龙,李加纳,唐章林,等. 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, et al. The research progress of the effect of environmental factors on quality characters of rapeseed [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006, 22(2):124-129.

[6] Wang X F, Liu G H, Yang Q, et al. Genetic analysis on oil content in rapeseed (*Brassica napus* L.) [J]. Euphytica, 2010, 173:17-24.

[7] 孙玉莲,尹宪志,边学军,等. 甘肃临夏地区油菜生态气候适应性分析与适生种植区划 [J]. 干旱气象, 2011, 29(4):492-496.

Sun Y L, Yin X Z, Bian X J, et al. Analysis of eco-climate suitability of *Brassica napus* and its suitable planting area in Linxia of Gansu province [J]. Journal of Arid Meteorology, 2011, 29(4):492-496.

[8] 徐亚丽. 不同生态区条件下播期和密度对直播油菜农艺性状、产量及品质的影响 [D]. 成都:四川农业大学, 2004.

Xu Y L. Effect of sowing date and density on agronomic traits, yield and quality of direct-sowing rapeseed (*Brassica napus* L.) under different ecological conditions [D]. Chengdu: Sichuan Agriculture University, 2004.

[9] 沈惠聪,江 宇. 甘蓝型油菜种子主要脂肪酸气象生态效应及数学模型的研究 [J]. 浙江农业大学学报, 1990, 16(1):69-76.

Shen H C, Jiang Y. Studies on the meteorological ecological effects and the mathematical model of major fatty acid contents in rapeseed (*B. napus* L.) [J]. Acta Agriculturae Universitatis

- Zhejiangensis, 1990, 16(1): 69-76.
- [10] 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 (*B. napus* L.) [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2004.
- [11] 李明辉, 武孟祥, 刘建军. 油菜生长的气象因素影响分析 [J]. 种植技术, 2013(13): 91.
- Li M H, Wu M X, Liu J J. Rape growth analysis of the meteorological factors [J]. Planting Technology, 2013(13): 91.
- [12] 钱 钧. 环境因子对油菜生长发育及品质形成的影响 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2004.
- Qian J. Effect of environmental factors on growth-development and quality formation of rapeseed [D]. Wuhan: Huazhong Agriculture University, 2004.
- [13] 汪剑鸣, 杨爱卿, 陈永元, 等. 气象因子与油菜产量关系的初步研究 [J]. 江西农业学报, 1997, 9(1): 6-11.
- Wang J M, Yang A Q, Chen Y Y, et al. A preliminary study on the relationship between meteorological factors and rape yield [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 1997, 9(1): 6-11.
- [14] 付三雄, 伍晓明, 李成磊, 等. 不同地理位置对甘蓝型油菜含油量的效应研究 [J]. 江苏农业学报, 2009, 25(2): 247-252.
- Fu S X, Wu X M, Li C L, et al. Effects of different geographical positions on oil content of *Brassica napus* L. [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2009, 25(2): 247-252.
- [15] 李 超, 李 波, 曲存民, 等. 两种环境下甘蓝型油菜含油量的差值 QTL 分析 [J]. 作物学报, 2011, 37(2): 249-254.
- Li C, Li B, Qu C M, et al. Analysis of difference QTLs for oil content between two environments in *Brassica napus* L. [J]. Acta Agronomica Sinica, 2011, 37(2): 249-254.
- [16] Fu S X, Cheng H, Qi C K. Microarray analysis of gene expression in seeds of *Brassica napus* planted in Nanjing (altitude: 8.9 m), Xining (altitude: 2 261.2 m) and Lhasa (altitude: 3 658 m) with different oil content [J]. Mol Biol Rep, 2009, 36: 2375-2386.
- [17] 付三雄, 戚存扣. 不同海拔地区(南京和拉萨)种植的甘蓝型油菜的种子基因差异表达 [J]. 植物学报, 2009, 44(2): 178-184.
- Fu S X, Qi C K. Identification of genes differentially expressed in seeds of *Brassica napus* planted in Nanjing and Lhasa by arabidopsis microarray [J]. Chinese Bulletin of Botany, 2009, 44(2): 178-184.
- [18] 文陇英, 陈 拓. 不同海拔高度祁连圆柏和青海云杉叶片色素的变化特征 [J]. 植物学报, 2012, 47(4): 405-412.
- Wen L Y, Chen T. Changes of pigments in *Sabina przewalskii* and *Picea crassifolia* needles along with different altitudes [J]. Chinese Bulletin of Botany, 2012, 47(4): 405-412.
- [19] 付三雄, 李成磊, 尼玛卓玛, 等. 气象因子对油菜种子中油分积累的影响 [J]. 植物学报, 2014, 49(1): 41-48.
- Fu S X, Li C L, Nima Z M, et al. Effect of meteorological factors on oil accumulation in rapeseed [J]. Chinese Bulletin of Botany, 2014, 49(1): 41-48.
- [20] 谷类、油料作物种子粗脂肪测定法(GB 2906—82) [J]. 中国油料, 1983(2): 75-77.
- Method for the determination of crude fats in cereals and oil crop seeds [J]. Oil Crops of China, 1983(2): 75-77.
- [21] 伊淑丽, 梁 颖, 代柳亭, 等. 高温对甘蓝型油菜籽粒后熟相关特性的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2008, 30(2): 48-50.
- Yi S L, Liang Y, Dai L T, et al. Effects of high temperature on post-harvest ripening-related characteristics in *Brassica napus* L. [J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2008, 30(2): 48-50.
- [22] 沈惠聪, 江 宇, 季吟秋, 等. 油菜籽含油量与气象因子的相关及预报模式 [J]. 浙江农业大学学报, 1989, 15(3): 253-259.
- Shen H C, Jiang Y, Ji Y Q, et al. The correlation between oil contents of rapeseed and meteorological factors and the model for oil contents prediction [J]. Acta Agriculturae Universitatis Zhejiangensis, 1989, 15(3): 253-259.