

气象条件对油菜物候期的影响分析

胡萍¹, 吴风雨¹, 冯敏玉^{2*}

¹江西省农业气象试验站, 江西 南昌

²江西省南昌市气象局, 江西 南昌

Email: *fmy3893@163.com

收稿日期: 2020年12月30日; 录用日期: 2021年2月12日; 发布日期: 2021年2月20日

摘要

为研究油菜前期气象条件对后期物候期的影响, 本文运用相关、回归分析方法分析了2014~2019年南昌农试站油菜播种-现蕾-抽苔期的气象因子和开花盛期前的各物候期的关系。结果表明: 播种至现蕾期、现蕾至抽苔期内温度因子与物候期呈负相关, 气温高可使物候期缩短; 油菜在播种至现蕾期受湿度因子影响较小, 现蕾至抽苔期受湿度因子影响较大; 光热因子对油菜现蕾抽苔物候期影响较大。播种至现蕾期阴雨天气多的年份开花物候期明显比阴雨天气少开花物候期长5~10 d。油菜苗期各气象因子对油菜现蕾物候期影响不明显, 油菜能及时现蕾, 对现蕾之后生殖生长期的各物候期有显著影响。

关键词

物候期, 气象因子, 油菜

Analysis of the Effect of Meteorological Conditions on the Phenology of Rape

Ping Hu¹, Fengyu Wu¹, Minyu Feng^{2*}

¹Jiangxi Crop-Ecology and Agri-Meteorology Experiment Station, Nanchang Jiangxi

²Meteorological Bureau of Nanchang, Nanchang Jiangxi

Email: *fmy3893@163.com

Received: Dec. 30th, 2020; accepted: Feb. 12th, 2021; published: Feb. 20th, 2021

Abstract

In order to study the effect of early meteorological conditions on the later phenological phase of

*通讯作者。

文章引用: 胡萍, 吴风雨, 冯敏玉. 气象条件对油菜物候期的影响分析[J]. 世界生态学, 2021, 10(1): 41-48.

DOI: 10.12677/ije.2021.101004

rape, the correlation and regression analysis methods were used to analyze the relationship between the meteorological factors of rape sowing-budding-bolting stage and the phenological periods before flowering in Nanchang Agricultural Experiment Station from 2014 to 2019. The results showed that the temperature factor was negatively correlated with the phenological phase from sowing to budding stage and from budding to bolting stage, and the phenological phase was shortened by high temperature, while rape was less affected by humidity factor from sowing to budding stage and greatly affected by humidity factor from budding stage to bolting stage. Light and heat factors have great influence on the phenological phase of budding and bolting of rape. The flowering phenological period in the year with more overcast and rainy weather from sowing to budding stage was 5~10 days longer than that in cloudy and rainy weather. The rape could bud in time because of the meteorological factors in rape seeding stage which had no obvious effect on the budding phenological phase. But it had a significant effect on the phenological phase of reproductive growth period after budding.

Keywords

Phenological Phase, Meteorological Factors, Rape

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

油菜是我国重要的食用油料作物之一，在我国农业生产中有重要地位。长江中下游地区是我国冬油菜的主要种植区域，种植面积和产量在全国均占 90% 以上[1]。油菜也是江西省的三大农作物之一，在生产力相对稳定的情况下，气候条件是影响油菜产量的主要因子之一，关于气候因子与油菜生长之间的相关关系的研究很多，有对不同年份的气候条件进行比较分析，有对不同地区的进行气候条件分析，其中对油菜全生育期的气象因子开展的研究较多[2]-[11]。

南方地区油菜是越冬作物，生育期较长，生长期大部分在 200 天以上，经历秋冬春三季。每一个生育期都有可能出现灾害性天气过程，在生长过程中，由于后期的气象条件可以弥补前期不利天气造成影响，生长前期气象因素的影响不够被重视。研究表明，苗期温高光足是油菜丰产的气象条件之一[12]。油菜全生育期降水因子中，冬前苗期及角果发育期降水量对产量的影响最大[13]。油菜为一年生油料作物，物候期的长短对油菜物种来说相对稳定，但其具体物候期出现的早晚受当年气象因子的影响较大。本文通过分析 2014~2019 年油菜播种至现蕾期的气象因素与播种至现蕾、现蕾至抽苔、播种至开花普期与播种至开花盛期的关系，并对气候类型进行分类分析，寻找前期气候条件对油菜后期物候期的影响规律，为农业生产管理及开展花期菌核病防治工作提供参考依据。

2. 资料来源与方法

2014~2019 年油菜苗期物候期观测资料来源于南昌农试站。同期气象资料来源于南昌市气象局。油菜物候期观测严格按照《农业气象观测规范》操作，两天观测一次，旬末进行巡视观测。现蕾普期指油菜植株顶部出现花苞(拨开幼叶检查)达 50% 以上。抽苔普期指油菜主茎伸长，出现苔子，长约 2 cm 达 50% 以上。物候期长度是指油菜两个物候期之间持续的天数[14]。数据采用 SPSS 和 EXCEL 统计软件进行统计分析。

3. 结果与分析

3.1. 2014~2019 年油菜物候期状况

2014~2019 年油菜播种的平均日期为 10 月 5 日, 其中最早的为 2015 年 9 月 23 日; 最晚的为 2018 年 10 月 12 日。现蕾普期的平均为 1 月 24 日, 其中最早的为 2015 年 1 月 8 日, 最晚的年份为 2018 年 2 月 2 日。抽苔普期平均为 2 月 13 日, 其中最早的为 2015 年 1 月 30 日, 最晚的为 2018 年 2 月 24 日。开花普期平均为 3 月 5 日, 其中最早的为 2015 年 2 月 16 日, 最晚的为 2018 年 3 月 10 日。播种至现蕾期平均物候期为 107.6 d, 现蕾到抽苔期的物候期平均为 23.6 d, 播种至开花期天数平均为 159.3 天(表 1)。

Table 1. Phenology phase of rape 2014~2019

表 1. 2014~2019 年油菜物候期

年份	播种期 (年/月/日)	现蕾普期 (年/月/日)	抽苔普期 (年/月/日)	开花始期 (年/月/日)	开花普期 (年/月/日)	开花盛期 (年/月/日)	播种至现 蕾天数 (d)	现蕾至抽 苔天数 (d)	播种至开 花期天数 (d)
2014	2013/10/8	2014/1/22	2014/2/12	2014/2/24	2014/3/6	2014/3/16	106	21	159
2015	2014/9/23	2015/1/8	2015/1/30	2015/2/6	2015/2/16	2015/2/26	107	22	156
2016	2015/9/30	2016/1/14	2016/2/14	2016/2/20	2016/3/4	2016/3/12	106	31	164
2017	2016/10/11	2017/1/28	2017/2/16	2017/2/18	2017/3/2	2017/3/14	109	19	154
2018	2017/10/12	2018/2/2	2018/2/24	2018/3/2	2018/3/10	2018/3/20	113	22	159
2019	2018/10/9	2019/1/22	2019/2/18	2019/3/5	2019/3/14	2019/3/22	105	27	164
平均	10/5	1/24	2 月 13 日		3 月 5 日		107.7	23.7	159.3

3.2. 温度因素对现蕾/抽苔的影响

通过对 6 年油菜物候期内各温度因子与各物候期的相关分析表明, 播种至现蕾期内除平均气温日较差外, 其余各温度因子与物候期均呈负相关但不显著, 相关系数绝对值最大的是平均最低气温(表 2)。现蕾至抽苔期各温度因子与物候期均呈负相关, 且除平均气温日较差外, 其余各温度因子均达显著水平。平均气温、平均最高气温、平均最低气温相关系数分别为: -0.9013 , -0.8607 , -0.8195 , 在 0.01 水平上显著。

Table 2. Correlation coefficient table between the phenological phase of sowing-budding and budding-bolting and temperature factors

表 2. 播种 - 现蕾、现蕾 - 抽苔物候期与温度因子相关系数表

生育期		播种至现蕾天数	平均气温	平均最高	平均最低	气温日较差
播种 - 现蕾	播种至现蕾天数	1				
	平均气温	-0.3962	1			
	平均最高	-0.3392	0.9379	1		
	平均最低	-0.4342	0.9525	0.7883	1	
	气温日较差	0.0227	0.3097	0.6173	0.0082	1
现蕾 - 抽苔	现蕾至抽苔天数	1				
	平均气温	-0.9013**	1			
	平均最高	-0.8607**	0.9579	1		
	平均最低	-0.8195**	0.90278	0.7634	1	
	气温日较差	-0.5042	0.5783	0.7765	0.1862	1

注: **表示 $P < 0.01$; *表示 $P < 0.05$ 。

2014~2019年油菜播种-现蕾期物候期内平均气温为12.4℃、平均气温日较差为6.4℃。2019年播种至现蕾期平均气温为10.9℃,较6年平均气温偏低1.5℃;平均气温日较差5.1℃,较6年平均气温日较差偏少1.3℃。2014~2019年现蕾至抽苔期平均气温、气温日较差分别为7.5℃和6.8℃。2019年现蕾至抽苔期平均气温、气温日较差分别偏低0.7℃和偏少1.7℃。2019年油菜幼苗生长期气温偏低、积温偏少,越冬期最低气温偏高,积温略偏多。

综上所述,冬季最低气温高,油菜生育期加快,物候期变短;气温低,油菜生育期相应延长。

3.3. 湿度因素对现蕾/抽苔的影响

湿度因素主要包括降雨量、降雨日数、相对湿度等因子。

6年油菜物候期数据相关分析表明,播种至现蕾期内湿度因子均与物候期呈负相关,但相关性不显著;现蕾至抽苔期内湿度因子除相对湿度外,其他各因子均与物候期呈正相关且在0.01水平上显著相关。连续3d以上的降水次数、降雨日数和降水量,相关系数分别为0.8602、0.8597和0.8013(表3)。

Table 3. Table of correlation coefficient between sowing-budding, budding-bolting phase and humidity factors

表 3. 播种-现蕾、现蕾-抽苔物候期与各湿度因子相关系数表

物候期		播种至现蕾天数	雨日	雨日持续 ≥ 3 d 降水过程次数	降水量	相对湿度
播种 - 现蕾期	播种至现蕾天数	1				
	雨日	-0.3076	1			
	雨日持续 ≥ 3 d 降水过程次数	-0.0086	0.8528	1		
	降水量	-0.4001	0.9476	0.9114	1	
	相对湿度	-0.2060	0.9065	0.6836	0.7730	1
现蕾 - 抽苔期	现蕾至抽苔天数	1				
	雨日	0.8597**	1			
	雨日持续 ≥ 3 d 降水过程次数	0.8602**	0.7773	1		
	降水量	0.8013**	0.8967	0.5189	1	
	相对湿度	0.2860	0.7283	0.2971	0.6063	1

注: **表示 $P < 0.01$; *表示 $P < 0.05$ 。

2014~2019年播种至现蕾期间降雨量平均为253.6 mm,雨日为43.3 d,3 d以上连续阴雨次数5.8次,最长连续降雨日长7.7 d,平均相对湿度为74.5%。2019年油菜播种至现蕾降雨量、总雨日、3 d以上连续阴雨次数、最长连续降雨日长和平均相对湿度分别为409.6 mm、63 d、8次、10d和81%,与6年平均比分别偏多0.60%、19.7 d、2.2次、2.3 d和偏大6.5%。

2014~2019年现蕾至抽苔期间平均降水量49.3毫米,雨日8.5 d,最长连续降水日数5天。2019年油菜现蕾至抽苔期间降雨量、总雨日、3 d以上连阴雨次数分别为118.3 mm、15 d和12天。与2014~2019年平均比分别偏多1.4倍、偏多7.8 d和偏长7.0 d。

综上所述,油菜在播种至现蕾期受湿度因子影响较小,现蕾至抽苔期受湿度因子影响较大。现蕾抽苔期内阴雨日越多,油菜抽苔越缓慢,物候期延长。

3.4. 光热因子对现蕾/抽苔的影响

本文中光热因子主要指日照时数和 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温。

光热资源主要影响油菜的光合作用,干物质的积累,对物候期的影响较小。相关分析表明,播种至现蕾期内, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温与物候期呈负相关但不显著,日照时数与物候期长度呈正相关也不显著。现蕾至抽苔期内, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温和日照时数均与物候期呈正相关,相关系数分别为0.8597(0.01水平上显著)和0.5663(表4)。

Table 4. Table of correlation coefficient between light factors and phenological length in sowing-budding and budding-bolting I period

表 4. 播种 - 现蕾、现蕾 - 抽苔物候期内各光照因子与物候期长度相关系数表

	播种至现蕾期			现蕾至抽苔期		
	物候期长度(d)	$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温($^{\circ}\text{C}$)	日照时数(h)	物候期长度(d)	$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温($^{\circ}\text{C}$)	日照时数(h)
物候期长度	1			物候期长度	1	
$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温($^{\circ}\text{C}$)	-0.2437	1.0000		$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温($^{\circ}\text{C}$)	0.8597**	1
日照时数(h)	0.1332	0.5010	1	日照时数(h)	0.5663	0.3715

注: **表示 $P < 0.01$; *表示 $P < 0.05$ 。

2014~2019年油菜播种至现蕾物候期内 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温平均为1299.3 $^{\circ}\text{C}$,其中热量最多的是2015年积温为1605.8 $^{\circ}\text{C}$,最少的是2014年积温为1266.2 $^{\circ}\text{C}$;日照时数为377.95 h,其中最多的为2014年545.2 h,最少的为2016年274.2 h。2019年油菜播种至现蕾物候期内 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温为1109.0 $^{\circ}\text{C}$,与6年平均积温比偏少189.4 $^{\circ}\text{C}$ 。日照时数为204.8 h,比6年平均偏少173.2小时,不到6年平均的1/2。

2014~2019年现蕾至抽苔物候期内 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温平均为174.1 $^{\circ}\text{C}$,日照时数为73.8 h。2019年油菜现蕾至抽苔物候期内 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温183.8 $^{\circ}\text{C}$,与6年平均相比偏多9.8 $^{\circ}\text{C}$;日照时数55.8 h。与6年平均比偏少18.0 h。

综上所述,2019年油菜现蕾抽苔物候期内热量尚可,但光照不足,物候期长度为27 d,较6年平均延长3天。说明光热因子对油菜现蕾抽苔物候期影响较大,光热充足,油菜抽苔加快。

3.5. 气象因素对油菜抽苔开花的影响

把2014年、2015年、2017年和2018年作为一组,2016年和2019年归为另一组。比较2014~2019年的油菜播种至现蕾物候期内气象条件发现,2016年与2019年的气候条件比较类似(阴雨天气相对较多),播种至现蕾期日照时数少(不足300 h)、雨日多(大于60 d)、持续3 d上以的降水过程多(8~9次)、累积雨量大(400 mm以上);2014年、2015年、2017年和2018年气候条件类似(阴雨天气相对较少),播种至现蕾期日照时数相对较多(333.4~545.2 h)、雨日相对较少(25~43 d)、持续3天上以的降水过程相对较少(2~7次)、累积雨量大(104.7~206.6 mm)。用阴雨天气较多物候期长度减去阴雨天气较少的物候期长度,得到两类天气条件下物候期长度差,正值表示物候期相对延长,负值表示物候期相对滞后。结果表明,除现蕾期差值为负之外,其他物候期长度差值均为正值。播种至现蕾期阴雨天气多的年份开花物候期明显比阴雨天气少开花物候期长5~10 d(抽苔期延长4.75 d、开花始期延长6.5 d、开花盛期延长7 d、开花普期延长9.5 d)(图1)。

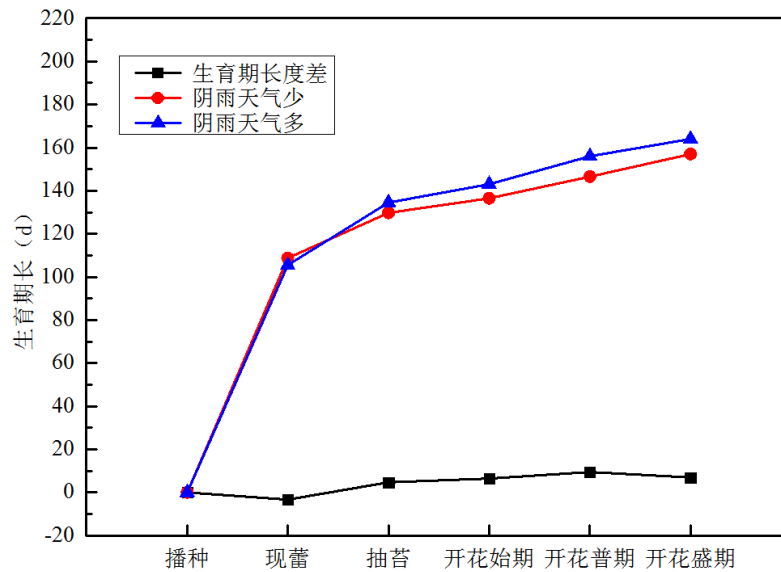


Figure 1. Difference of phenological period between two kinds of weather conditions

图 1. 两类天气条件的物候期变化差异

3.6. 建立回归模型

表 5 为播种至现蕾期内各气象因素与现蕾至开花期内各物候期的相关分析所得的相关系数。现蕾前的平均气温与开花期的物候期成负相关但不显著，但与开花普期与开花盛期负相关，并在 0.05 水平上达显著水平；降水量因素对现蕾期、与开花始期、开花普期呈负相关，但与抽苔期与开花盛期均呈正相关，均未达到显著水平。日照因素除与现蕾呈正相关外，与其他物候期均呈负相关，均未达到显著水平。

Table 5. Correlation coefficients between meteorological factors at budding stage and phenological periods from budding to flowering

表 5. 播种现蕾期各气象因素与现蕾至开花期内各物候期的相关系数

	现蕾	抽苔	开花始期	开花普期	开花盛期	平均气温	降水量	日照时数
现蕾	1							
抽苔	0.157	1						
开花始期	0.6204	0.7264	1					
开花普期	0.6184	0.6686	0.927	1				
开花盛期	0.578	0.6721	0.9181	0.9967	1			
平均气温	-0.3232	-0.5461	-0.6895	-0.8510*	-0.8899*	1		
降水量	-0.7411	0.2974	-0.1827	-0.0032	0.0438	-0.2705	1	
日照时数	0.4874	-0.6789	-0.0952	-0.2251	-0.2627	0.3953	-0.8751	1

注: **表示 $P < 0.01$; *表示 $P < 0.05$ 。

通过播种至现蕾物候期内的气象因素与油菜播种至现蕾、播种至抽苔、播种至开花普期和播种至开花盛期的各物候期长度进度相关分析，剔除相关性不显著的变量，进行多元回归，得出以下回归方程(表 6)。

Table 6. Regression equation between the length of each phenological period and meteorological factors from sowing to budding**表 6.** 各物候期长度与播种至现蕾期的气象因素回归方程

回归方程	R ²
$Y_{\text{现蕾}} = 119.3414 - 0.7736X_1 \text{ 平均气温} - 0.0155X_2 \text{ 降水量}$	$R^2 = 0.8450$
$Y_{\text{抽苔}} = 147.2228 - 0.7847 X_1 \text{ 平均气温} - 0.0164X_3 \text{ 日照时数}$	$R^2 = 0.5524$
$Y_{\text{开花普期}} = 196.37 - 2.7861 X_1 \text{ 平均气温} - 0.0241 X_2 \text{ 降水量} - 0.0162 X_3 \text{ 日照时数}$	$R^2 = 0.8155$
$Y_{\text{开花盛期}} = 185.9276 - 2.2479 X_1 \text{ 平均气温} - 0.0032X_3 \text{ 日照时数}$	$R^2 = 0.8012$

式中: Y 为物候期长度(d); X_1 为平均气温($^{\circ}\text{C}$), X_2 降水量(mm), X_3 日照时数(h)。

回归方程分析表明, 在播种至现蕾期内, 平均气温每升高 1°C , 降水量增加 1 mm, 播种至现蕾物候期缩短 0.7891 d; 平均气温每升高 1°C , 日照增加 1 小时, 播种至抽苔物候期缩短 0.8011 d; 平均气温每升高 1°C , 降水量增加 1 mm, 日照增加 1 小时, 播种至开花普期物候期缩短 2.8264 d; 平均气温每升高 1°C , 日照增加 1 小时, 播种至开花盛期物候期缩短 2.2511 d。

综上分析说明, 油菜苗期各气象因子对油菜现蕾物候期影响不明显, 油菜能及时现蕾, 对现蕾之后生殖生长期的各物候期有显著影响。说明油菜生长前期光合作用受到影响造成油菜后期生产力不足, 后期需要更长的时间, 更充足的光合产物补足前期的欠缺。

4. 结论与讨论

通过对 2014~2019 年油菜播种至抽苔期的气象因子对油菜现蕾至开花盛期物候期的影响分析, 结果如下:

1) 温度因子与油菜物候期成负相关。冬季最低气温高, 油菜生育期加快, 物候期变短; 气温低, 油菜生育期相应延长。

2) 播种至现蕾期内湿度因子均与物候期呈负相关, 但相关性不显著; 现蕾至抽苔期内湿度因子除相对湿度外, 其他各因子均与物候期呈正相关且在 0.01 水平上显著相关。油菜在播种至现蕾期受湿度因子影响较小, 现蕾至抽苔期受湿度因子影响较大, 现蕾抽苔期内阴雨日越多, 油菜抽苔越缓慢, 物候期延长。

3) 播种至现蕾期内, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温与物候期呈负相关但不显著, 日照时数与物候期长度呈正相关也不显著。现蕾至抽苔期内, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温和日照时数均与物候期呈正相关, 相关系数分别为 0.8597 (0.01 水平上显著) 和 0.5663。说明光热因子对油菜现蕾抽苔物候期影响较大, 光热充足, 油菜抽苔加快。

4) 通过相似气候年的分析表明, 播种至现蕾期阴雨天气多的年份开花物候期明显比阴雨天气少开花物候期长 5~10 d (抽苔期延长 4.75 d、开花始期延长 6.5 d、开花盛期延长 7 d, 开花普期延长 9.5 d)。

5) 回归分析表明, 在播种至现蕾期内, 平均气温每升高 1°C , 降水量增加 1 mm, 播种至现蕾物候期缩短 0.7891 d; 平均气温每升高 1°C , 日照增加 1 小时, 播种至抽苔物候期缩短 0.8011 d; 平均气温每升高 1°C , 降水量增加 1 mm, 日照增加 1 小时, 播种至开花普期物候期缩短 2.8264 d; 平均气温每升高 1°C , 日照增加 1 小时, 播种至开花盛期物候期缩短 2.2511 d。

结论: 油菜苗期各气象因子对油菜现蕾物候期影响不明显, 油菜能及时现蕾, 对现蕾之后生殖生长期的各物候期有显著影响。油菜生长前期光合作用受到影响造成油菜后期生产力不足, 后期需要更长的时间, 更充足的光合产物补足前期的欠缺。

讨论: 气候对植物物候期影响的研究中普遍着重多年生的木本植物, 有关气象因素对一年生的植物生长影响的研究较多, 大多是着重气象因素对生长及产量的影响。本文在研究对物候期内气候因素影响

的同时分析了前期气候因素对后期物候期的影响,有助于为更准确地预测油菜重要物候期——花期提供技术参考。

基金项目

南昌市农业气象重点实验室开放研究基金项目(2019NNZS204)。

参考文献

- [1] 中国统计年鉴[EB/OL]. <https://www.ke82.com/view/578s248945u0.html>
- [2] 宋蜜蜂, 蒋跃林. 安徽油菜生产的气象条件分析[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(21): 44-46.
- [3] 叶海龙, 何利德, 吴海镇. 油菜生育期气象条件分析[J]. 江西农业学报, 2008, 20(11): 97-98.
- [4] 童明达, 王文军. 气象条件对油菜生产影响分析研究[J]. 上海农业科技, 2008(6): 64-66.
- [5] 黄淑娥, 祝必琴, 辜晓青, 等. 鄱阳湖地区油菜生产气象条件分析与种植气候区划[J]. 江西农业大学学报, 2009, 31(5): 945-949.
- [6] 刘有林, 王建新, 郭文杨, 等. 油菜产量与气象条件的关系[J]. 浙江气象科技, 1994(3): 36-38.
- [7] 高育兴. 江西省安义县油菜种植气象条件分析[J]. 北京农业, 2014(21): 160-161.
- [8] 兰娟, 陶玲, 李静, 等. 浏阳地区油菜生产气象条件及灾害防御[J]. 现代农业科技, 2014(16): 232-233.
- [9] 谭方颖, 赵秀兰, 张蕾. 2014年冬小麦、油菜全生育期农业气象条件评价[J]. 中国农业气象, 2014, 35(4): 482-484.
- [10] 张书伟, 陆建洲, 蔡奕卉, 等. 气象条件对如皋市油菜生长的影响[J]. 上海农业科技, 2014(3): 57.
- [11] 刘洪良, 陈红梅, 重庆市合川区油菜生长与农业气象条件的关系[J]. 农技服务, 2019, 36(7): 86-87.
- [12] 周顺亮, 冯敏玉, 叶清, 等. 油菜产量与苗期气象条件的相关分析[J]. 江西农业学报, 2007, 19(9): 22-24.
- [13] 余兆海. 气候条件对油菜产量的影响[J]. 中国农业科学, 1981(5): 64-70.
- [14] 黄健, 成秀虎. 农业气象观测规范(上卷) [M]. 北京: 气象出版社, 1993.