

孙润,雷俊,尚军林,等. 黄土高原半干旱区春小麦、胡麻物候变化特征分析[J]. 干旱气象, 2017, 35(5): 761-766, [SUN Run, LEI Jun, SHANG Junlin, et al. Change of Typical Phenological Phases of Spring Wheat and Oil Flax in Semi-arid Region in Northwest China[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(5): 761-766], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-05-0761

## 黄土高原半干旱区春小麦、 胡麻物候变化特征分析

孙润<sup>1,2</sup>, 雷俊<sup>2</sup>, 尚军林<sup>2</sup>, 郭继平<sup>2</sup>,  
张涛<sup>2</sup>, 张海耀<sup>2</sup>, 李强<sup>3</sup>

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 中国气象局  
干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省定西市气象局,  
甘肃 定西 743000; 3. 兰州资源环境职业技术学院, 甘肃 兰州 730021)

**摘要:**为揭示西北黄土高原典型农作物物候期对气候变化的响应规律,利用西北黄土高原半干旱区春小麦 1987—2016 年与胡麻 1988—2004 年物候观测资料,结合同期气象资料,通过相关分析等方法分析春小麦、胡麻典型物候期的变化特征及典型生育期间隔日数与气象要素的关系。结果表明:分析期内,春小麦、胡麻出苗期的变化幅度最大,最早和最晚出现日期分别相差 36 d 和 30 d;春小麦播种—出苗、抽穗—开花期间隔日数显著缩短( $P < 0.05$ ),开花—乳熟期的间隔日数显著延长( $P < 0.05$ ),胡麻各物候期间隔日数变化不明显( $P > 0.05$ );春小麦、胡麻各物候期间隔日数与日照的相关性最好( $P < 0.01$ )(除春小麦开花—乳熟期显著相关及胡麻现蕾—开花期相关性不明显);分析期内,春小麦、胡麻全生育期持续时间线性变化趋势不明显。

**关键词:**农业物候;线性变化率;营养生长;生殖生长

**文章编号:**1006-7639(2017)05-0761-06 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-05-0761

**中图分类号:**P49

**文献标志码:**A

### 引言

IPCC 第五次评估报告指出,在过去的 133 a 间(1880—2012),全球地表平均温度已上升 0.85 °C<sup>[1]</sup>,在过去的 30 a,每 10 a 地表温度的上升幅度高于 1850 年以来的任何时期<sup>[2]</sup>。中国西北黄土高原与全球气温变化趋势一致,自 1961 年以来气温呈持续上升趋势,气候倾向率为 0.27 °C · (10 a)<sup>-1</sup>,近半个世纪以来升高 1.3 °C<sup>[3]</sup>。近年来,随着全球气候变化研究的逐步深入,物候对气候变化的响应研究已成为全球变化和物候学研究的热点领域<sup>[4]</sup>,气候变暖可能已经对许多自然和生物系统产生了可辨别的影响<sup>[5]</sup>,许多传统的农事活动和物候特征也随之发生改变,比如春季物候期和作物播种期提前<sup>[6-7]</sup>。

黄土高原地区对气候变暖的响应更敏感,其适应能力更脆弱<sup>[8-10]</sup>,气候变化已对黄土高原地区农业生产产生重要影响。研究表明,甘肃黄土高原冬小麦、梨树、苹果树春季物候期普遍提前<sup>[11]</sup>;天水地区苹果叶芽开放、展叶、开花等春季物候期提前 14 d 左右,叶变色期、落叶期等秋季物候期发育期后延 2~5 d<sup>[12]</sup>;甘肃陇中黄土高原马铃薯生育前期的营养生长阶段缩短、生殖生长阶段延长、全生育期延长<sup>[13]</sup>;草本植物春季物候期明显提前,生长季显著延长<sup>[14]</sup>;甘肃河西走廊地区春小麦、玉米春夏季物候提前,春季物候间隔期缩短,营养生长期缩短,生殖生长期延长<sup>[15]</sup>。欧洲<sup>[16]</sup>、北美<sup>[17]</sup>物候研究结果表明春季物候期均表现为提前趋势。目前,有关处于典型黄土高原地带的陇中地区农作物物候变化特

收稿日期:2017-03-29; 改回日期:2017-06-24

基金项目:国家自然科学基金“大气增温和二氧化碳浓度升高对马铃薯生理生态影响研究”(41575149)和公益性行业(气象)科研重大专项“我国北方农业干旱风险评估技术与对策”(GYHY201506001-6)共同资助

作者简介:孙润(1984—),女,甘肃秦安人,工程师,主要从事地面观测及农业气象服务。E-mail:sunrun52995@163.com。

通信作者:雷俊(1985—),男,甘肃通渭人,工程师,主要从事农业气象试验及业务工作。E-mail:75267630@163.com。

征的研究报道较少,本文分析春小麦、胡麻 2 种典型农作物农业物候的出现特征和生长季的变化趋势,并结合同期气象资料分析不同生育期间隔日数与气象要素的关系,以期掌握气候变暖背景下黄土高原半干旱区春小麦、胡麻物候变化特征,揭示物候对气象要素变化的响应规律,对丰富农业物候的研究有重要意义。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料来源

物候资料来源于甘肃省定西市农业气象试验站人工实测资料,春小麦资料序列为 1987—2016 年,观测记录年份共 30 a;胡麻资料序列为 1988—2004 年(该站 2004 年后停止胡麻的观测,故 2004 年后无该作物观测资料),观测记录年份共 17 a。该站属典型的黄土高原半干旱气候,海拔高度 1 897.2 m,年平均气温 6.7 °C,年降水量为 386.6 mm,降水季节分配不均,年均日照时数 2 433.0 h,无霜期 140 d 左右,自然降水与农作物需水供需错位所导致的干旱是影响区域农作物产量低而不稳的重要原因。农作物发育期定位观测时间、标准、方法统一按照《农业气象观测规范》<sup>[18]</sup>要求进行。春小麦、胡麻为当地主要种植农作物,春小麦、胡麻营养生长期分别为出苗—抽穗和出苗—现蕾期的持续时间,生殖生长期为抽穗—成熟和现蕾—成熟期的持续时间。

### 1.2 数据处理

统计各农业物候期间隔日数,得到各农业物候期间隔日数的时间序列,利用一元线性回归方程分析植物物候期的逐年变化趋势,并对相关系数进行趋势的显著性检验,物候期的线性趋势分析和逐步

回归采用 SPSS 16.0 统计软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 西北黄土高原典型农作物物候期统计特征

表 1 为春小麦典型农业物候期的特征统计。可以看出,主要物候期的出现时间变化幅度较大,出苗期最早和最晚出现日期变化幅度最大,相差 36 d;抽穗期次之,相差 25 d;三叶期变化幅度最小(12 d)。春小麦营养生长阶段(出苗—抽穗)平均为 57 d,最长持续时间是 1990 年的 68 d,最短持续时间是 2003 年的 43 d;生殖生长阶段(抽穗—成熟)平均持续时间为 37 d,变化幅度为 13 d。

表 2 列出胡麻典型农业物候期特征统计。可以看出,胡麻出苗期的变化幅度最大,最早出现日期和最晚出现日期相差 30 d;成熟期次之,相差 29 d;播种期变化幅度最小,相差 12 d。营养生长(出苗—现蕾)阶段平均持续时间为 57 d,最长持续时间与最短持续时间相差 15 d;生殖生长(现蕾—成熟)阶段平均持续时间为 37 d,最长持续时间与最短持续时间相差 13 d。

### 2.2 西北黄土高原典型农作物农业物候期持续时间

植物物候的变化与一段时间内气象条件密切相关,各物候间隔期的变化可以反映植物生长的快慢,反过来也可以表征气候的变化<sup>[15]</sup>。表 3 列出春小麦各物候期间隔日数线性变化趋势,可以看出,近 30 a 来,春小麦播种—出苗、抽穗—开花的持续时间表现为显著缩短趋势( $P < 0.05$ ),其线性倾向率分别为  $3 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$  和  $1 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ ,开花—乳熟期持续时间表现为显著延长趋势( $P < 0.05$ ),其余各物候期间隔日数变化不明显。胡麻各农业物候期

表 1 研究区 1987—2016 年春小麦物候期特征

Tab. 1 The statistics of agricultural phenophase of spring wheat from 1987 to 2016 in study area

物候期	平均出现日期	最早出现日期	最晚出现日期
播种	03 - 20	03 - 12(1988)	03 - 29(2015)
出苗	04 - 14	04 - 04(2009)	05 - 10(1999)
三叶	04 - 29	04 - 24(1993, 2000, 2004, 2008, 2013)	05 - 06(2011)
拔节	05 - 24	05 - 16(2009)	06 - 04(1999)
孕穗	06 - 04	06 - 26(2006)	06 - 12(2005)
抽穗	06 - 10	06 - 03(1994, 2004, 2008)	06 - 28(2001)
开花	06 - 17	06 - 08(2008)	06 - 27(2001)
乳熟	07 - 04	06 - 24(2008)	07 - 15(2001)
成熟	07 - 18	07 - 06(1995)	07 - 26(1987, 2015)

表 2 研究区 1988—2004 年胡麻物候期特征

Tab.2 The statistics of agricultural phenophase of oil flax from 1988 to 2004 in study area

物候期	平均出现日期	最早出现日期	最晚出现日期
播种	03 - 20	03 - 15(1991)	03 - 27(1998)
出苗	04 - 21	04 - 08(1991)	05 - 08(1997,1999)
现蕾	06 - 15	06 - 08(1990,1994)	06 - 24(1999,2000)
开花	06 - 26	06 - 19(1991)	07 - 06(2000)
成熟	08 - 07	07 - 27(1991)	08 - 25(2003)

表 3 春小麦典型发育期间隔日数变化趋势

Tab.3 The linear trend of typical growing stage interval of spring wheat in study area

发育期	回归系数	相关系数
播种—出苗	-0.323	0.390 *
出苗—三叶	0.020	0.042
三叶—拔节	0.014	0.034
拔节—孕穗	0.066	0.197
孕穗—抽穗	0.051	0.248
抽穗—开花	-0.087	0.430 *
开花—乳熟	0.212	0.573 **
乳熟—成熟	-0.128	0.267
出苗—抽穗(营养生长)	0.116	0.135
抽穗—成熟(生殖生长)	-0.002	0.004

注: \* , \*\* 分别表示通过 0.05 和 0.01 水平的显著性检验,下同

表 4 胡麻物候期间隔日数线性变化趋势

Tab.4 The linear change trend of typical growing stage interval of oil flax in study area

发育期	回归系数	相关系数
播种—出苗	0.863	0.429
出苗—现蕾	-0.404	0.299
现蕾—开花	-0.064	0.139
开花—成熟	0.272	0.180
出苗—现蕾(营养生长)	-0.346	0.276
现蕾—成熟(生殖生长)	0.199	0.133

### 2.3 春小麦典型发育期间隔日数与气象要素的相关性

对春小麦物候间隔日数与气象要素进行相关分析,结果见表 5。除开花—乳熟期持续时间与日照时数显著相关( $P < 0.05$ )外,其余各农业物候期的持续时间一致表现为极显著相关( $P < 0.01$ )。日照时数增加,典型农业物候期的持续时间延长,在其他生态气候条件适宜时,日照对作物生长发育表现为正效应<sup>[19]</sup>;播种—出苗期、开花—乳熟期、

持续时间间隔日数变化趋势见表 4,近 17 a 来,研究区胡麻各农业物候期间隔日数的变化趋势不明显,出苗—现蕾、现蕾—开花期持续时间表现为缩短趋势,但未通过显著性检验( $P > 0.05$ )。

表 5 春小麦典型发育期间隔日数与气象要素的相关分析

Tab.5 Correlation coefficients between meteorological factors and typical growing stage interval of spring wheat

发育期	气温	降水	日照	$T_{0\text{ cm}}$	$T_{5\text{ cm}}$	$T_{10\text{ cm}}$	$T_{20\text{ cm}}$
播种—出苗	-0.113	0.516 **	0.614 **	-0.134	-0.126	-0.108	-0.089
出苗—三叶	-0.421 *	0.268	0.619 **	-0.453 **	-0.487 **	-0.509 **	-0.527 **
三叶—拔节	-0.117	-0.307	0.568 **	-0.078	-0.088	-0.066	-0.151
拔节—孕穗	-0.064	0.627 **	0.604 **	-0.311	-0.289	-0.261	-0.433 *
孕穗—抽穗	0.054	0.038	0.771 **	0.236	0.179	0.171	0.098
抽穗—开花	-0.290	0.335	0.689 **	-0.420 *	-0.424 *	-0.395 *	-0.431 *
开花—乳熟	0.052	0.546 **	0.378 *	-0.183	-0.141	-0.143	-0.009
乳熟—成熟	-0.287	0.588 **	0.537 **	-0.160	-0.123	-0.135	-0.127

注: $T_{0\text{ cm}}$ 、 $T_{5\text{ cm}}$ 、 $T_{10\text{ cm}}$ 、 $T_{20\text{ cm}}$  分别表示生育期间地表温度、5 cm 土壤温度、10 cm 土壤温度及 20 cm 土壤温度,下同

乳熟—成熟期持续时间受降水、日照影响最为显著 ( $P < 0.01$ ); 出苗—三叶期持续时间与降水的相关性不明显, 与其他气象要素均达到显著或极显著相关: 三叶—拔节期、孕穗—抽穗期持续时间受日照的影响最为显著 ( $P < 0.01$ ); 拔节—孕穗期持续时间受降水影响最为明显, 日照次之, 20 cm 地温对其也有显著影响 ( $P < 0.05$ ); 抽穗—开花期持续时间与

气温、降水相关性不明显, 与其他气象要素的相关性均达到显著或极显著水平。

进一步对春小麦各农业物候期间隔日数与气象要素的关系进行逐步回归分析(表6), 建立各物候持续日期与气象要素的回归方程, 各方程的决定系数  $R^2$  均达到极显著水平, 能较好地表征各物候期持续时间与气象要素的关系。

表6 春小麦农业物候间隔日数与气象要素回归方程

Tab. 6 Regression equations between meteorological factors and growing stage interval of spring wheat

发育期	回归方程	决定系数
播种—出苗	$y = 0.051 S + 0.252 R + 13.297$	0.488 **
出苗—三叶	$y = 0.063 S - 0.831 T_{20\text{cm}} + 18.964$	0.530 **
三叶—拔节	$y = 0.059 R + 0.048 S + 13.772$	0.478 **
拔节—孕穗	$y = 0.080 R + 0.040 S + 5.552$	0.346 **
孕穗—抽穗	$y = 0.032 R + 0.073 S + 2.455$	0.680 **
抽穗—开花	$y = 0.712 T + 0.077 S + 0.684 T_{0\text{cm}} + 5.590$	0.735 **
开花—乳熟	$y = 0.056 R + 0.023 S + 12.942$	0.394 **
乳熟—成熟	$y = 0.101 R + 0.036 S + 7.742$	0.490 **

注:  $T, R, S$  分别为气温、降水及日照时数

对胡麻各发育期间隔日数与气象要素进行相关分析, 结果见表7。播种—出苗期、出苗—现蕾期、现蕾—开花期、开花—成熟期间隔日数与日照时数极显著相关 ( $P < 0.01$ ), 与气温的相关性未通过显著性水平检验 ( $P > 0.05$ ); 播种—出苗期、开花—成熟期的持续时间受日照影响最大, 降水次之, 该时段日照对产量的形成为正效应<sup>[20]</sup>, 与  $T_{0\text{cm}}$ 、 $T_{5\text{cm}}$ 、 $T_{10\text{cm}}$ 、 $T_{20\text{cm}}$  的相关性均通过 0.05 显著性水平检验。

进一步对胡麻各农业物候期间隔日数与气象要素的关系进行逐步回归分析(表8), 建立各物候持续日期与气象要素的回归方程, 各方程的决定系数  $R^2$  均达到极显著水平, 能较好地表示各物候期持续时间与气象要素的关系。

## 2.4 主要农作物全生育期持续时间

图1给出春小麦、胡麻全生育期持续时间的线性变化趋势。可以看出, 分析期内, 受气候变暖影响, 春小麦生长发育速度加快, 从而导致全生育期持续时间呈缩短趋势, 但趋势未通过显著性水平检验 ( $P > 0.05$ )。胡麻全生育期持续时间表现为延长趋势, 未达到显著或极显著水平 ( $P > 0.05$ ), 线性倾向率为  $6 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ , 主要由于受气候变暖影响, 生育前期气温升高, 营养生长速度加快, 持续时间缩短, 而秋季气温升高则补充了热量使得生殖生长阶段延长, 全生育期持续时间延长。2种典型农作物分析期内全生育期持续时间线性变化趋势相反, 可能是由于作物生长习性的差异、生育期内气象要素的不同及对气候变化响应特征的差异造成。

表7 胡麻典型发育期间隔日数与气象要素相关分析

Tab. 7 Correlation coefficients between meteorological factors and growing stage interval of oil flax

发育期	气温	降水	日照	$T_{0\text{cm}}$	$T_{5\text{cm}}$	$T_{10\text{cm}}$	$T_{20\text{cm}}$
播种—出苗	0.389	0.603 *	0.940 **	0.492 *	0.527 *	0.524 *	0.544 *
出苗—现蕾	-0.248	0.096	0.717 **	-0.183	-0.106	-0.082	-0.113
现蕾—开花	0.183	0.273	0.822 **	0.233	0.236	0.206	0.156
开花—成熟	-0.453	0.781 **	0.798 **	-0.591 *	-0.580 *	-0.586 *	-0.562 *

表8 胡麻农业物候间隔日数与气象要素回归方程

Tab.8 Regression equations between meteorological factors and growing stage interval of oil flax

发育期	回归方程	决定系数
播种—出苗	$y = -1.584 T + 0.135 S + 12.329$	0.936 **
出苗—现蕾	$y = 0.076 S + 22.397$	0.515 **
现蕾—开花	$y = 0.069 S + 4.515$	0.676 **
开花—成熟	$y = 0.092 R + 0.081 S + 6.633$	0.895 **

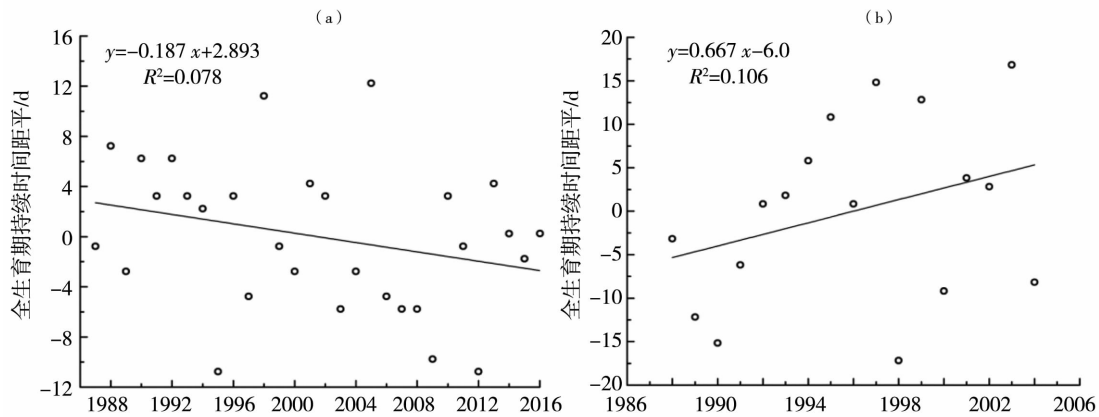


图1 春小麦(a)及胡麻(b)全生育期持续时间距平线性变化

Fig.1 The linear change of duration anomaly of the whole growth period of spring wheat (a) and oil flax (b)

### 3 结论与讨论

(1)春小麦、胡麻出苗期的变化幅度最大,最早和最晚出现日期分别相差36 d和30 d。营养生长阶段,春小麦、胡麻最长持续时间与最短持续时间的变化幅度分别为15 d和25 d,生殖生长阶段这一数值均为13 d。

(2)春小麦播种—出苗、抽穗—开花的持续时间显著缩短,开花—乳熟期显著延长,营养生长持续时间延长,生殖生长阶段缩短,但线性拟合趋势均未通过显著性检验,生殖生长缩短的趋势与肖攀登等<sup>[21]</sup>对我国新疆地区春小麦的研究结果一致。胡麻各物候期间隔日数的线性变化趋势不明显,基本表现为营养生长时间缩短,生殖生长阶段延长( $P > 0.05$ ),这主要是由于对具有无限生长习性的作物(胡麻、马铃薯等)而言,气候变暖,其营养生长阶段缩短、生殖生长阶段延长、全生长期延长,其生物学机制是增温加快了这些作物的生长速度,使营养生长阶段缩短,而秋季增温推迟了这些作物的停止生长期,使生殖生长阶段延长,全生育期延长<sup>[13]</sup>。而西北地区有限生长习性作物(小麦、玉米等)对气候变化的响应特征则与此不同<sup>[22-23]</sup>。

(3)春小麦各物候期间隔日数与日照时数极显著相关( $P < 0.01$ )(除开花—乳熟期显著相关),同一生育时段,不同作物对同一气象要素的响应不同,

同一作物不同生育阶段对同一气象要素的响应更是存在很大差异。胡麻各物候间隔日数与日照时数极显著相关( $P < 0.01$ ),降水和日照为影响胡麻出苗期、开花—成熟期持续时间长短的主要气象因子。

(4)2种典型农作物全生育期持续时间线性变化趋势相反,春小麦研究期内表现为缩短趋势,由于受气候变暖影响,春小麦生长发育速率加快,全生育期持续时间缩短,甘肃河西走廊东部春小麦对气候变化的响应研究也得出类似结论<sup>[15]</sup>,但与我国东北地区春小麦生育期变化不明显的结论相差较大<sup>[24]</sup>,可能由于地域差异、作物品种不同及对气候变暖的响应程度差异等因素造成,而胡麻全生育期表现为延长趋势,主要是由于受气候变暖影响,春播期提前,营养生长阶段生长速率加快,持续时间缩短,秋季气温升高,作物生殖生长期延长,停止生长期推迟造成。

#### 参考文献:

[1] 秦大河, STOCKER T. IPCC第五次评估报告第一工作组报告的亮点结论[J]. 气候变化研究进展, 2014, 10(1): 1-6.  
 [2] 沈永平, 王国亚. IPCC第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点[J]. 冰川冻土, 2013, 35(5): 1068-1076.  
 [3] 张强, 王润元, 邓振镛, 等. 中国西北干旱气候变化对农业与生态影响及对策[M]. 北京: 气象出版社, 2012: 16-17.

- [4] 白洁,葛全胜,戴君虎,等. 西安木本植物物候与气候要素的关系[J]. 植物生态学报,2010,34(11):1274-1282.
- [5] IPCC. Summary for Policymakers of the Synthesis Report of the IPCC Fourth Assessment Report [R]. UK: Cambridge University Press, 2007.
- [6] CHMIELEWSKI F M, MÜLLER A, BRUNS E. Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961—2000 [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2004, 121 (1/2):69-78.
- [7] KAUKORANTA T, HAKALA K. Impact of spring warming on sowing times of cereal potato and sugar beet in Finland [J]. Agricultural and Food Science, 2008, 17(2):165-176.
- [8] 姚玉璧,邓振镛,王润元,等. 气候暖干化对甘肃马铃薯生产的影响[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(3):16-20.
- [9] 姚玉璧,董安祥,王润元,等. 西北半干旱区气候变化对马铃薯生长脆弱性的影响[J]. 地球科学进展,2007,22(增刊):48-54.
- [10] 姚玉璧,王毅荣,李耀辉,等. 中国黄土高原气候暖干化及其对生态环境的影响[J]. 资源科学,2005,27(5):146-152.
- [11] 郭海英,赵建萍,索安宁,等. 陇东黄土高原农业物候对全球气候变化的响应[J]. 自然资源学报,2006,21(4):608-612.
- [12] 蒲金涌,姚小英,姚晓红,等. 气候变暖对黄土高原苹果物候期及生长的影响[J]. 中国农业气象,2008,29(2):181-183.
- [13] 姚玉璧,王润元,邓振镛,等. 黄土高原半干旱区气候变化及其对马铃薯生长发育的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(2):379-385.
- [14] 雷俊,姚玉璧,孙润,等. 黄土高原半干旱区物候变化特征及其对气候变暖的响应[J]. 中国农业气象,2017,38(1):1-8.
- [15] 蒋菊芳,王鹤龄,魏育国,等. 河西走廊东部不同类型植物物候对气候变化的响应[J]. 中国农业气象,2011,32(4):543-549.
- [16] MENZEL A. Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996 [J]. International Journal of Biometeorology, 2000,44(2):76-81.
- [17] BRADLEY N L, LEOPOLD A C, ROSS J, et al. Phenological changes reflect climate change in Wisconsin [C]//Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1999, 96:9701-9704.
- [18] 国家气象局. 农业气象观测规范(上卷) [M]. 北京:气象出版社,1993:133-135.
- [19] 姚玉璧,王润元,杨金虎,等. 黄土高原半干旱区气候变化对春小麦生长发育的影响——以甘肃定西为例[J]. 生态学报,2011,31(15):4225-4234.
- [20] 姚玉璧,王润元,杨金虎,等. 黄土高原半干旱区气候变暖对胡麻生育和水分利用效率的影响[J]. 应用生态学报,2011,22(10):2635-2642.
- [21] 肖登攀,齐永青,王仁德,等. 1981—2009年新疆小麦和玉米物候期与气候条件变化研究[J]. 干旱地区农业研究,2015,33(6):189-194.
- [22] 张强,邓振镛,赵映东,等. 全球气候变化对我国西北地区农业的影响[J]. 生态学报,2008,28(3):1210-1218.
- [23] 邓振镛,张强,蒲金涌,等. 气候变暖对中国西北地区农作物种植的影响(英文)[J]. 生态学报,2008,28(8):3760-3768.
- [24] 李正国,杨鹏,唐华俊,等. 气候变化背景下东北三省主要作物典型物候期变化趋势分析[J]. 中国农业科学,2011,44(20):4180-4189.

## Change of Typical Phenological Phases of Spring Wheat and Oil Flax in Semi - arid Region in Northwest China

SUN Run<sup>1,2</sup>, LEI Jun<sup>2</sup>, SHANG Junlin<sup>2</sup>, GUO Jiping<sup>2</sup>,

ZHANG Tao<sup>3</sup>, ZHANG Haiyao<sup>2</sup>, LI Qiang<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province, China Meteorological Administration/Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China;

2. Dingxi Meteorological Bureau of Gansu Province, Dingxi 743000, Gansu, China;

3. Lanzhou Resources & Environment Voc - Tech College, Lanzhou 730021, China)

**Abstract:** To reveal the response of phenological phases of typical crops to climate change in the Loess Plateau in Northwest China, the variation characteristics of typical phenological phases of spring wheat and oil flax in study area were analyzed firstly according to the phenological data of spring wheat from 1987 to 2016 and oil flax from 1988 to 2004, as well as the corresponding meteorological data by using correlation analysis method, then the relationship between interval days of typical growing periods of two crops and meteorological factors was analyzed too. The results show that the seeding stage of spring wheat and oil flax exhibited a widest variation range, and the time gaps between the earliest and the latest emergence date were 36 days and 30 days, respectively. The interval of spring wheat from sowing to sprouting stage and from heading to flowering stage significantly shortened ( $P < 0.05$ ), while the interval from flowering to maturing stage obviously extended ( $P < 0.05$ ), on the other hand, the interval of each phenological phase of oil flax had a little change ( $P > 0.05$ ). The interval days of each phenological phase of spring wheat and oil flax were correlated with sunshine hours most greatly ( $P < 0.01$ ), except the significant correlation of flowering to maturing stage of spring wheat and the non - significant correlation of budding to flowering period of oil flax. During the analysis period, the duration of the whole growth period of spring wheat and oil flax presented no obvious variation trend and failed to reach the significant or extremely significant level.

**Key words:** agricultural phenology; linear change rate; vegetative growth; reproductive growth