

基于遥感的冬小麦长势等级与气象因子相关性分析*

黄青¹ 周清波^{1,2} 王利民^{1,2} 李丹丹^{1,2}

(1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 2. 农业部农业信息技术重点实验室, 北京 100081)

摘要: 利用遥感数据,以陕西、甘肃两省为例,探讨了冬小麦不同生育期内不同等级的长势状况及其与气温、降水、日照等气象因子的相关性。将冬小麦的生长发育过程分为7个不同的生育期,借助植被指数NDVI,利用GIS空间分析方法,分析了不同生育期内作物生长发育动态变化状况;探讨了2011—2012年不同生长发育期内,不同等级的冬小麦长势状况与同生育期、前一生育期及生育期内累计温度、降水、日照时数等气象因子的相关性。结果表明,2011—2012年,陕西、甘肃两省冬小麦长势在空间上呈现越冬前较好,越冬期略变差,之后恢复变好的状况,但同时存在时空分布差异。相关分析结果表明,就平均来说,无论冬小麦长势状况如何,冬小麦长势和累计降水之间的相关性都大于同期和前一生育期的相关性,显示了降水在冬小麦整个生育期内的重要性;温度对冬小麦的影响根据冬小麦长势等级的不同而不同;日照方面,不论冬小麦长势等级如何,各种不同等级的长势都和累计日照时数相关关系最大。研究同时表明,长势好和长势差的冬小麦对降水较为敏感,而温度在整体上对长势正常的冬小麦影响较大。

关键词: 冬小麦 遥感 长势 生育期 归一化植被指数 气象因子 空间相关性

中图分类号: S127; S512.1⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)12-0301-07

引言

农业生态系统是各类生态系统中受气候和天气变化影响最大的生态系统之一^[1-14]。气候变化在不同尺度上影响着农业生态环境、生产布局及农业结构等^[15-18],从而进一步影响全球的粮食生产和粮食安全,因此农业对气候变化的反应是气候变化影响研究的关键核心问题之一,对指导区域粮食生产、农业结构调整等对将来气候变化的适应性及农业资源环境的可持续发展等都具有重要意义。

众多关于气候变化对农业生产的研究多集中在气象因子的变化对作物单产和产量的影响^[16,19-20],而关于气象因子对作物生长不同阶段不同长势状况的影响研究相对较少。

农业生产高度依赖气候,对气候变化反应敏感。作物从播种到收获,不同生长发育阶段对不同气象因子的需求存在差异,同时也存在时间的滞后性^[21]。温度、降水、日照等因子对作物从播种到收获的各个阶段的影响,不同等级的作物长势和同生育期、前生育期及累计气象因子之间相关性的研究对指导农业生产和保障区域粮食安全具有重要的实

际意义。

田间调查是传统的农业长势监测方法,它在小区域尺度上对农户和地方政府及时准确地了解作物长势较为有用,但在大区域尺度,及时、准确地了解作物田间长势仅靠田间地面调查则费时费力,遥感以其大范围、宏观、客观性等特点,为大范围作物长势监测提供了一个及时、有效的手段^[22-24]。

本文旨在通过遥感手段,对作物生长发育过程中的长势状况进行动态监测,并在此基础上,探讨作物不同生育期内,不同等级的冬小麦长势状况与温度、降水、日照时数等气象因子的相关性。研究对定量理解作物长势等级和气象因子之间的相关性及更好地指导田间管理有较大的实际意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区包括我国陕西和甘肃两省冬小麦主要分布地区(图1)。该区地处黄土高原腹地,是我国北方半湿润气候与半干旱气候的过渡地带。冬小麦—夏玉米是本地区主要的种植模式,研究区冬小麦播种面积约占全国冬小麦播种面积的8.4%^[25]。

收稿日期: 2013-11-28 修回日期: 2013-12-26

* “十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAH29B02)、引进国际先进农业科学技术计划资助项目(2011-G6)和农业部“全国农业遥感监测系统业务化运行”资助项目

作者简介: 黄青,博士,主要从事农情遥感研究, E-mail: hqing@caas.net.cn

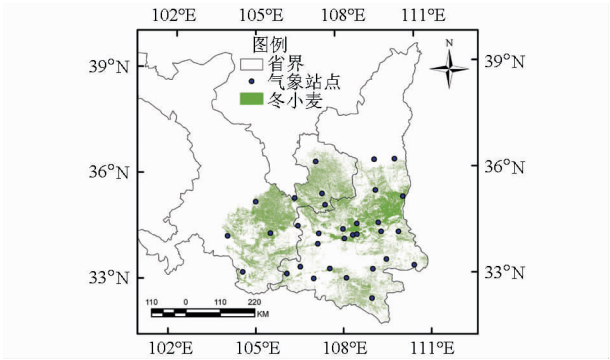


图1 研究区冬小麦及气象站点分布
Fig.1 Study area and meteorological stations

1.2 数据来源及处理

MODIS 数据主要来自农业部遥感应用中心研究部。利用 2007 年 10 月—2012 年 6 月(除去 2008—2011 年间 7、8、9 月)冬小麦关键生育期内每日覆盖研究区冬小麦的 MODIS 数据,经过辐射定标、几何校正等过程,计算每天的 NDVI 值,然后用最大值法,将 NDVI 按照冬小麦生育期合成,每个生育期 NDVI 用来监测作物长势。研究区内冬小麦分布数据来源于大尺度作物面积自动提取技术^[26]。

2011 年 9 月—2012 年 6 月的气象数据来源于研究区内国家气象局的 32 个气象台站。每个气象站点的平均温度、日照时数及总降水量根据不同生育期用每天的数据进行合成计算。每个生育期内的气象数据用克里金插值法插值成和遥感数据同样大小的 250 m×250 m 网格。

1.3 方法

1.3.1 作物长势监测

NDVI 是目前应用最广泛的进行作物长势监测的植被指数^[22]。本文主要选用 NDVI 的差值模型来评价冬小麦的长势情况。首先,将冬小麦分布数据作为掩膜,用 ArcGIS 将有耕地分布的 NDVI 提出,其次计算近 5 年每年每个生育期平均的 NDVI,然后应用差值模型,分别计算当年冬小麦分布区域内,每个生育期每个像元的 NDVI 和近 5 年均值 NDVI 的差值。

$$R = I_{NDVI} - I_{NDVIaverage}$$
 (1)

式中 R——作物长势指数

I_{NDVI} ——当年作物不同生育期内像元的归一化植被指数

$I_{NDVIaverage}$ ——同一时期内,研究区近 5 年平均的归一化植被指数

根据差值将冬小麦长势分为好、正常和差 3 类。如果 R 大于均值的 5%,则认为作物长势好;如果 R 小于均值的 5%,则认为作物长势差;中间值则认为作物长势正常。如果有云覆盖,则该地区归类为非

监测区。

1.3.2 气象因子与作物长势的相关关系

本研究的时滞长度是冬小麦的整个生育期。冬小麦的生育期被分为 7 个阶段,即播种—出苗期、分蘖期、越冬期、返青期、拔节期、抽穗—开花期、乳熟—成熟期。

每个生育期内不同等级的长势和温度、降水、日照时数的相关性采用相关分析法。在每个不同的生育期,在 3 个不同长势等级的冬小麦范围内,一一分析像元尺度上 NDVI 和同期温度、降水、日照,前一期温度、降水、日照及自播种后累计降水和平均温度、日照(每个生育期的累计值包括当期生育期及该生育期之前的气象因子)的相关性。相关系数的计算公式为

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$
 (2)

式中 r_{xy} ——x 和 y 的相关性, $r_{xy} > 0$,表示正相关,即同向相关; $r_{xy} < 0$,表示负相关,即异向相关

x_i, y_i ——x、y 的样本值($i = 1, 2, \dots, n$)

$\bar{x}$ ——x 样本值的平均值

$\bar{y}$ ——y 样本值的平均值

显著性水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 冬小麦长势时空动态变化

2011 年 10 月—2012 年 6 月期间,冬小麦长势的时空动态变化如图 2 所示。整个生育期内,冬小麦长势在空间上呈现越冬前较好,越冬期略变差,之后恢复变好的状况。

2.2 冬小麦长势与气象因子的相关性

图 3 为 7 个生育期内冬小麦长势不同等级比例及温度(图 3a)、降水和日照时数(图 3b)动态变化。其中横坐标 0 表示播种前的 9 月份,1~7 分别表示播种至出苗期、分蘖期、越冬期、返青期、拔节期、抽穗—开花期和乳熟—成熟期。2011 年冬小麦播种前的 9 月份,研究区平均降水量达 246 mm,明显高于常年均值。充沛的降水为冬小麦播种提供了良好的土壤墒情。但是越冬期、返青期及拔节期的降水偏少,对冬小麦长势有一定影响。从图 3a 可以看出,温度、降水及日照时数和冬小麦不同等级的长势之间有一定的相关性。一般情况下,充足的降水和日照有利于冬小麦生长发育,当温度偏低,降水偏少时,冬小麦长势差的比例有所上升,同时不同等级的

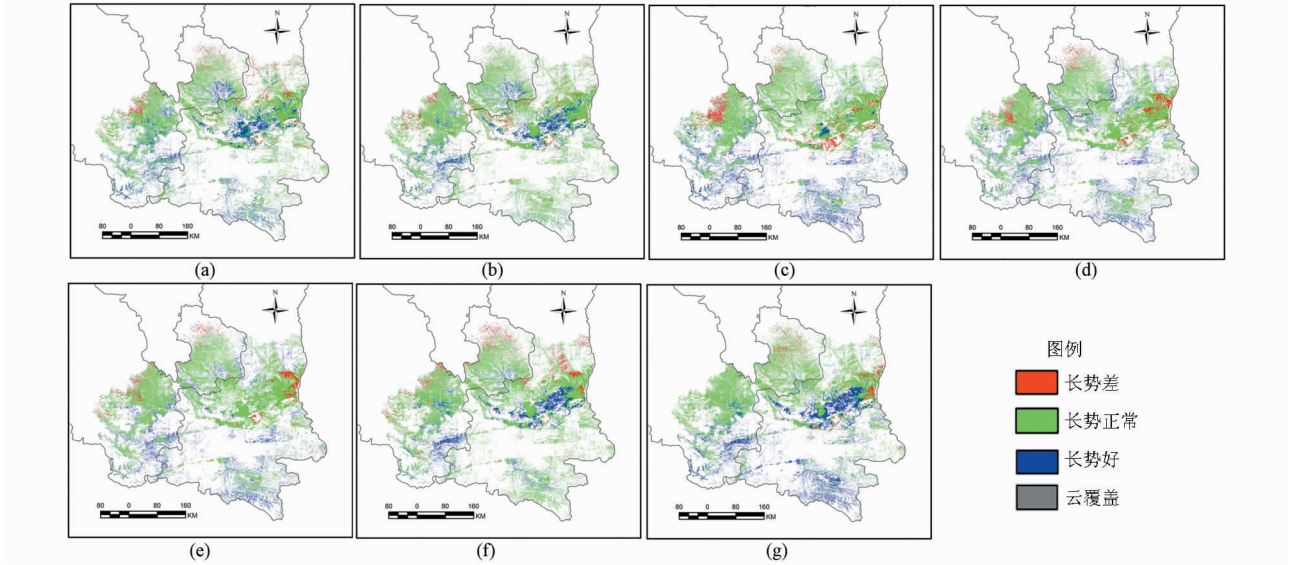


图 2 冬小麦长势在 7 个生育期内的时空变化

Fig. 2 Spatiotemporal changes in winter wheat growth condition during seven phenophases

(a) 播种-出苗期 (b) 分蘖期 (c) 越冬期 (d) 返青期 (e) 拔节期 (f) 抽穗-开花期 (g) 乳熟-成熟期

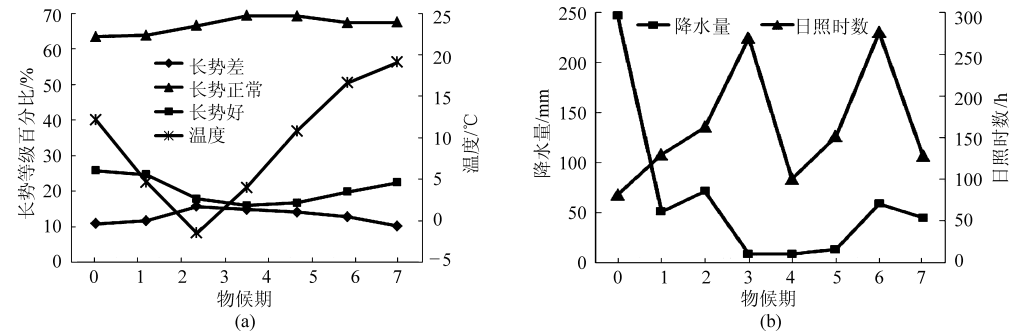


图 3 不同生育期内冬小麦长势及温度、降水量和日照时数动态变化

Fig. 3 Dynamic changes of winter wheat growth, temperature, precipitation and sunshine hours during different phenophases

(a) 冬小麦长势和温度动态变化 (b) 不同生育期降水量、日照时数动态变化

长势和气象因子之间存在一定的滞后性。

作物长势对气象因子变化存在时间上的滞后，但是目前大多数研究都关注于整个区域范围内作物长势或产量变化和气象因子的相关性。而更具实际意义的是，不同生育期内，不同等级的冬小麦长势和气象因子存在的时滞关系，以及不同生育期，气象因子对不同等级的长势具有的影响性。

图 4、图 5 和图 6 分别表示不同等级冬小麦长势和降水、温度及日照时数的相关性。

在冬小麦长势好的地区(图 4a)，冬小麦长势和降水量的最大相关性出现在返青期的冬小麦和同期降水之间，相关系数为 0.664，说明返青期降水对长势好的冬小麦有更大的影响。(图 4 中横坐标表示冬小麦的不同生育期，其中 1~7 与图 3 一致，8 代表生育期内平均值。播种出苗期的累计降水包括播种前的 9 月份，从第二个生育期开始，累计降水、温度及日照时数不包括 9 月份)。与前一生育期降雨量及累计降雨量的最大相关系数分别出现在越冬阶

段及乳熟-成熟阶段，分别说明不同阶段降雨量对长势较好作物的影响更大。在 7 个生育期内，长势和累计降水的相关性最大出现了 4 次，分别为播种-出苗期、拔节期、抽穗-开花期及乳熟-成熟期。长势和前一生育期降水相关系数最大仅出现了 1 次，即越冬期。分蘖期和返青期长势较好的冬小麦和同期降水的相关性最大。

在冬小麦长势正常的地区(图 4b)，长势和降水的最大相关性全部出现在累计降水量和冬小麦长势之间，其中乳熟-成熟期长势和累计降水量的相关系数达到了 0.871。在冬小麦长势差的地区(图 4c)，长势和累计降水的最大相关性亦出现在冬小麦乳熟-成熟期，达到 0.701。在 7 个生育期内，长势和同期降水相关系数最大出现了 2 次，即返青期和拔节期；长势和前一生育期降水相关系数最大出现了 1 次，即分蘖期；而长势和累计降水的相关性最大出现了 4 次，即播种-出苗期、越冬期、抽穗-开花期和乳熟-成熟期。

就平均来看,不论冬小麦长势如何,各种不同等级的长势都和累计降水的相关性最大,说明累计降水在冬小麦整个生育期对冬小麦的生长发育的影响

尤为重要,此结论表明,如果某一具体生育期冬小麦缺水受旱,理论上可以通过其他生育阶段水分的增加得以部分补偿。

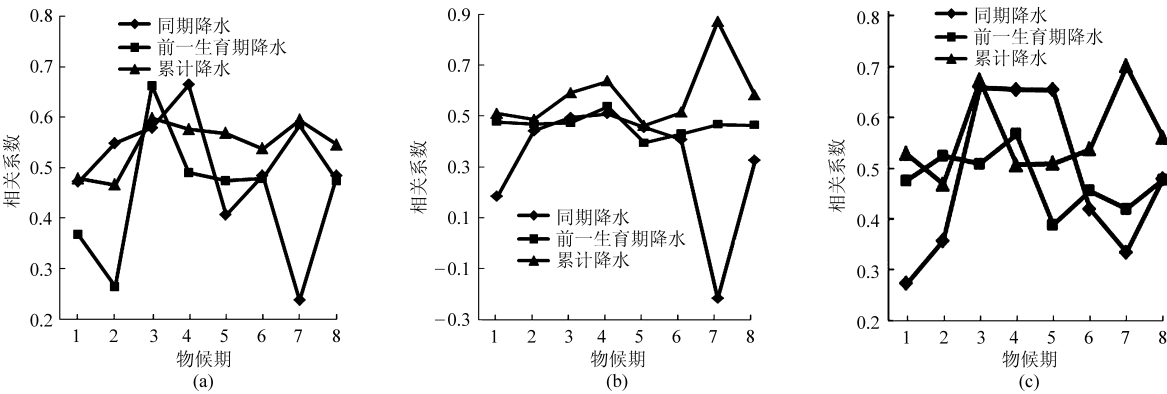


图 4 不同等级冬小麦长势和降水在不同时间尺度上的相关性

Fig. 4 Correlation coefficients between different grades of winter wheat growth and precipitation with different time lags

(a) 长势好 (b) 长势正常 (c) 长势差

图 5 显示了不同等级的冬小麦长势和同期温度及前一生育期温度、自播种以来的累计平均温度之间的相关性有较大差异(播种-出苗之后的累计温度不包括播种之前的 9 月份)。

在冬小麦长势好的地区(图 5a),长势和温度的最大相关性出现在乳熟-成熟期的累计温度和冬小麦长势之间。在 7 个生育期内,长势和同期平均温度相关系数最大出现了 4 次。长势和前一生育期平均温度及累计平均温度的相关性最大出现分别为 1 次和 2 次。

对长势正常的冬小麦而言(图 5b),长势和温度的最大相关性出现在返青期的前一生育期平均温度和冬小麦长势之间,说明如果冬季长时间大范围低温,对大部分长势正常的冬小麦影响较大。在 7 个生育期内,长势和累计平均温度相关系数最大出现了 3 次,即播种-出苗期、越冬期、抽穗-开花期及乳熟-成熟期。

冬小麦长势差的地区(图 5c),在 7 个生育期

内,长势和累计平均温度相关系数最大出现了 3 次,即播种-出苗期、拔节期和抽穗-开花期。可以看出,抽穗-开花期的冬小麦各级长势状况都与累计平均温度相关性较大。就平均来看,长势好的冬小麦和同期温度相关性最大、长势正常的冬小麦和累计温度相关性最大而长势差的冬小麦和前一生育期温度相关性较大。

图 6 为不同等级冬小麦长势与日照时数之间的相关性。在冬小麦长势好的地区(图 6a),长势和日照时数的最大相关性出现在冬小麦分蘖期的长势和累计日照时数之间,相关系数达到 0.789,充分说明了日照时数对冬小麦出苗期的重要影响。在 7 个生育期内,长势和累计日照时数相关系数最大出现了 4 次,分别为分蘖期、越冬期、返青期和抽穗-开花期,和同期日照时数的相关性最大在播种-出苗期和乳熟-成熟期。在冬小麦长势正常的地区(图 6b),长势和日照时数的最大相关性出现在冬小麦抽穗-开花期的长势和累计日照时数之间。在 7 个生育期

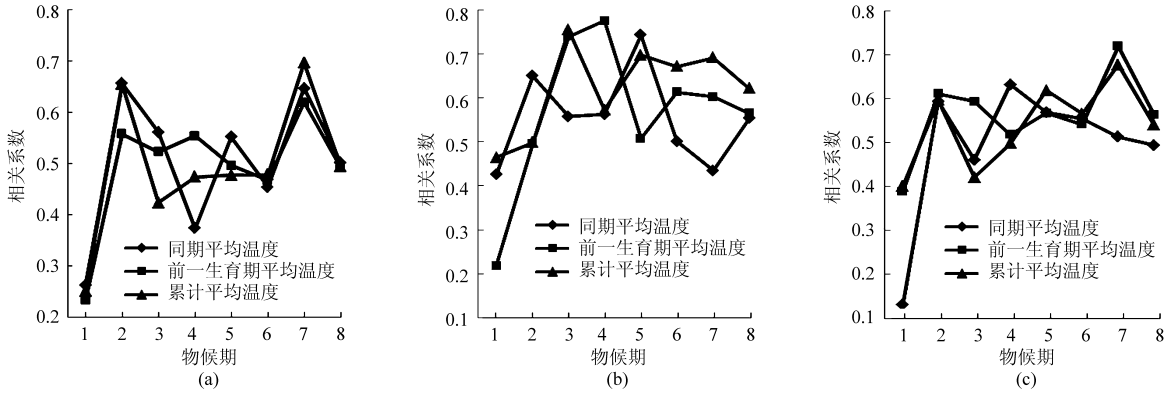


图 5 不同等级的冬小麦长势和温度在不同时间尺度上的相关系数

Fig. 5 Correlation coefficients between different grades of winter wheat growth and temperature with different time lags

(a) 长势好 (b) 长势正常 (c) 长势差

内,长势和累计日照时数相关系数最大出现了 4 次。在冬小麦长势差的地区(图 6c),长势和日照时数的最大相关性亦出现在冬小麦分蘖期的长势和累计日照时数之间。就平均来看,不论冬小麦长势如何,各

种不同等级的长势都和累计日照时数相关关系最大,从而充分说明,累计日照时数在冬小麦整个生育期对作物的影响较同期日照时数和前一生育期日照时数大。

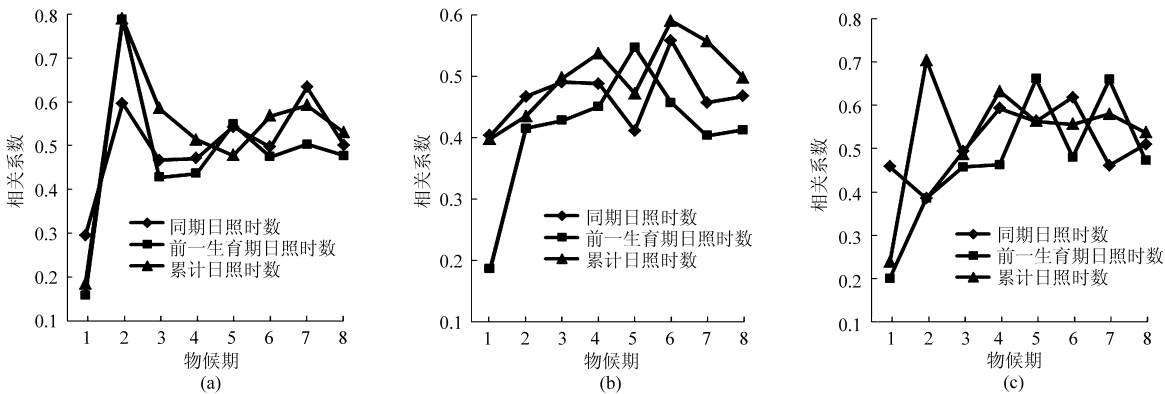


图 6 不同等级的冬小麦长势和日照时数在不同时间尺度上的相关系数

Fig. 6 Correlation coefficients between different grades of winter wheat growth and sunshine hours with different time lags

(a) 长势好 (b) 长势正常 (c) 长势差

综合来说,7 个生育期内,长势好的冬小麦,长势和降水的相关性大于长势和温度及长势和日照时数的相关性 21 次中出现了 10 次,而长势和温度的相关性及长势和日照时数的相关性最大分别出现了 6 次和 5 次,充分说明了水分对长势良好的冬小麦的重要影响。但是对长势正常的冬小麦来说,长势和温度的相关性大于长势和降水及长势和日照时数的相关性 21 次中出现了 15 次,证明了温度对长势正常冬小麦的重要影响。对长势差的冬小麦来说,长势和降水的相关性及长势和温度的相关性 21 次中分别出现了 8 次。在所有不同等级的作物长势中,日照时数与作物长势相关性最大出现的次数均小于与温度和降水的相关性,也证明了日照相对于降水和温度,对作物生长发育的影响相对较小。同时在最后 2 个生育期,18 次中有 11 次长势和温度的相关性大于长势和降水及长势和日照时数的相关性,说明在抽穗-开花期及乳熟-成熟期,温度对冬小麦的长势有更大的影响。

3 讨论

许多学者研究了历史上长期的气候变化,并根据历史气候变化特征预测未来气候变化和作物产量之间的相关性^[9,20,27],这对理解长期的气候变化趋势及未来的粮食安全有重要意义。但在短期来说,更具有实际意义的是,气象因子的变化在不同的生育期怎样实时的影响作物长势状况。从播种到收获,气象因子的变化会不同程度地影响不同等级的作物长势,因此本文并没有将冬小麦产量作为唯一的单因子,讨论产量和气象因子之间的相关性,也没

有简单的从句或月的时间尺度上,简单地分析 NDVI 和气象因子之间的相关性,而是将气象因子根据冬小麦生长发育进程分成了与物候一致的 7 个阶段,研究了气象因子和不同等级的冬小麦长势之间的相关关系。

本文从一个新的角度,获得了一些很有意义的研究成果,但因为这些研究结论是根据一年的气象资料分析得来,作物长势等级和气象因子相关性是否具有区域性或普适性规律,还需要多作物、多区域、长时间遥感数据和气象因子的进一步研究、分析和验证;其次,将冬小麦长势根据 NDVI 差值分为 3 类,这在某种程度上可能不能完全代表真实的作物长势状况,因为作物长势的分级相当复杂(例如旺长苗根据此方法,很可能被分为长势较好的一类苗)。同时,本文只是考虑了气象因子和作物长势之间的关系,毫无疑问作物长势是各因素综合作用的结果,例如土壤类型、作物病虫害、灌溉及施肥等人工措施等。

4 结束语

以我国西北地区陕西省、甘肃省为例,分析了冬小麦长势在不同生育期内的时空动态变化以及气象因子和不同等级的冬小麦之间的相关性。研究结果表明:遥感技术在实时、大规模作物长势监测中有地面调查无可替代的优势和先进性。陕西省、甘肃省冬小麦长势在 2011—2012 年期间空间上呈现越冬前较好,越冬期略变差,之后恢复变好的状况,但同时存在时空分布差异。通过相关性分析,在冬小麦的各个生育期,降水、温度、日照时数都对冬小麦生

长发育产生影响。就降水量影响来看,不论冬小麦长势如何,各种不同等级的长势都和累计降水相关性最大,说明累计降水在冬小麦整个生育期对作物的影响较同期降水和前期降水大。就温度而言,长势好的冬小麦和同期温度相关性最大、长势正常的冬小麦和累计温度关系最大,而长势差的冬小麦和

前一期温度关系较大。日照方面,不论冬小麦长势等级如何,各种不同等级的长势都和累计日照时数相关关系最大。研究同时表明,长势好和长势差的冬小麦对降水较为敏感,而温度在整体上对长势正常的冬小麦影响较大。

参 考 文 献

- 1 Walther G R, Post E, Convey P, et al. Ecological responses to recent climate change[J]. *Nature*, 2002, 416(6879): 389–395.
- 2 葛全胜,陈泮勤,方修琦,等. 全球变化的区域适应研究:挑战与研究对策[J]. *地球科学进展*, 2004, 19(4): 516–524.
Ge Quansheng, Chen Panqin, Fang Xiuqi, et al. Adaptation to global change: challenge and research strategy[J]. *Advances in Earth Science*, 2004, 19(4): 516–524. (in Chinese)
- 3 朱连奇,许立民. 全球变化对陆地生态系统的影响研究[J]. *地域研究与开发*, 2011, 30(2): 161–164.
Zhu Lianqi, Xu Limin. Analysis of effects of global change on terrestrial ecosystem[J]. *Areal Research and Development*, 2011, 30(2): 161–164. (in Chinese)
- 4 Arnella N W, Livermore M J L, Kovats S, et al. Climate and socio-economic scenarios for global-scale climate change impacts assessments: characterising the SRES storylines[J]. *Global Environmental Change*, 2004, 14(1): 3–20.
- 5 国家发展和改革委员会. 中国应对气候变化的政策与行动年度报告[R]. 2011, 2012, 2013.
- 6 Moriondo M, Bindi M, Kudzewicz Z W, et al. Impact and adaptation opportunities for European agriculture in response to climatic change and variability[J]. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2010, 15(7): 657–679.
- 7 李晓锋,陈明新. 全球气候变暖对我国畜牧业的影响与分析[J]. *中国畜牧杂志*, 2008, 44(4): 50–53.
- 8 Pielke R A. Land use and climate change[J]. *Science*, 2005, 310(5754): 1625–1626.
- 9 Ye L M, Xiong W, Li Z G, et al. Climate change impact on China food security in 2050[J]. *Agronomy for Sustainable Development*, 2013, 33(2): 363–374.
- 10 孙丽,王飞,李保国,等. 基于多源数据的武陵山区干旱监测研究[J]. *农业机械学报*, 2014, 45(1): 246–252.
Sun Li, Wang Fei, Li Baoguo, et al. Study on drought monitoring of Wuling Mountain area based on multi-source data[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2014, 45(1): 246–252. (in Chinese)
- 11 Howden S M, Soussana J F, Tubiello F N, et al. Adapting agriculture to climate change[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007, 104(50): 19691–19696.
- 12 张赛,王龙昌. 全球变化背景下农田生态系统碳循环研究[J]. *农机化研究*, 2013, 35(1): 4–9.
Zhang Sai, Wang Longchang. Review on carbon cycling of farmland ecosystem under the context of global changes[J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2013, 35(1): 4–9. (in Chinese)
- 13 Gornall J, Betts R, Burke E, et al. Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century[J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 2010, 365(1554): 2973–2989.
- 14 刘彦随,刘玉,郭雨英. 气候变化对中国农业生产的影响及应对策略[J]. *中国生态农业学报*, 2010, 18(4): 905–910.
Liu Yansui, Liu Yu, Guo Liying. Impact of climatic change on agricultural production and response strategies in China[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2010, 18(4): 905–910. (in Chinese)
- 15 朱晓禧,方修琦,高勇. 基于系统科学的中国粮食安全评价研究[J]. *中国农业资源与区划*, 2012, 33(6): 11–17.
Zhu Xiaoxi, Fang Xiuqi, Gao Yong. Assessment of the food security in China based on system science[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2012, 33(6): 11–17. (in Chinese)
- 16 Thomas A. Climatic change and potential agricultural productivity in China[J]. *Erdkunde*, 2006, 60(2): 157–172.
- 17 王馥棠,赵宗慈,王石立,等. 气候变化对农业生态的影响[M]. 北京:气象出版社, 2003.
- 18 吴鑫淼,王晶,郑志红. 基于多年降雨资料的作物灌溉制度多目标优化[J]. *农业机械学报*, 2013, 44(4): 108–112.
Wu Xinmiao, Wang Jing, Qie Zhihong. Multi-objective optimization of crop irrigation schedule based on years of rainfall data[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2013, 44(4): 108–112. (in Chinese)
- 19 莫瑶. 黄淮海流域植被覆盖变化及其与气候因子关系的研究[D]. 南京:南京信息工程大学, 2007.
Mo Yao. Changes of vegetation cover in the Huang-Huai-Hai basin and the correlation with climate factors [D]. Nanjing: Nanjing University of Information Science and Technology, 2007. (in Chinese)
- 20 Jiang X J, Tang L, Liu X J, et al. Spatial and temporal characteristics of rice potential productivity and potential yield increment in main production regions of China[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2013, 12(1): 45–56.
- 21 翟虎渠. 农业概论[M]. 北京:高等教育出版社, 1999: 28–40.
- 22 王纪华,赵春江,黄文江. 农业定量遥感基础与应用[M]. 北京:科学出版社, 2008: 276–287.
- 23 李小涛,黄诗峰,李纪人,等. 黄河三角洲 NDVI 变化与气候因子的相关分析[J]. *人民黄河*, 2007, 29(6): 20–22.
Li Xiaotao, Huang Shifeng, Li Jiren, et al. Correlation analysis of NDVI variations and climatic factors in Yellow River Delta[J].

World River, 2007, 29(6):20 – 22. (in Chinese)

24 刘绿柳,许红梅. 黄河流域主要植被类型 NDVI 变化规律及其与气象因子的关系[J]. 中国农业气象,2007,28(3): 334 – 337.

Liu Lüliu, Xu Hongmei. Change of NDVI of main vegetation and their relationship with meteorological factors in Yellow River Basin[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2007, 28(3): 334 – 337. (in Chinese)

25 中华人民共和国农业部. 中国农业统计资料[M]. 北京:中国农业出版社,2010: 39.

26 黄青,李丹丹,陈仲新,等. 基于 MODIS 数据的冬小麦种植面积快速提取与长势监测[J]. 农业机械学报,2012,43(7): 163 – 167.

Huang Qing, Li Dandan, Chen Zhongxin, et al. Monitoring of planting area and growth condition of winter wheat in China based on MODIS data[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2012,43(7):163 – 167. (in Chinese)

27 Bolton D K, Friedl M A. Forecasting crop yield using remotely sensed vegetation indices and crop phenology metrics[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2013,173: 74 – 84.

Relationship between Winter Wheat Growth Grades Obtained from Remote-sensing and Meteorological Factor

Huang Qing¹ Zhou Qingbo^{1,2} Wang Limin^{1,2} Li Dandan^{1,2}

(1. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China
2. Key Laboratory of Agri-informatics, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China)

Abstract: Based on MODIS-NDVI data, taking Shaanxi and Gansu provinces as examples, the correlation between different grades of winter wheat growth and main meteorological factors at 7 different phenophases were explored. Firstly, the development stage of winter wheat was divided into 7 different stages. Then the growth condition of winter wheat from sowing to maturity stages from 2011—2012 were assessed based on MODIS-NDVI data. Furthermore, the lag correlation between different grades of winter wheat growth in each phenophase and the meteorological factors with corresponding phenophases (temperature, precipitation and sunshine), which taken from 32 meteorological stations distributed within Shaanxi and Gansu provinces, were analyzed by using correlation analysis and GIS spatial analysis methods. The results showed that the winter wheat growth varied across time and space in the study area. And no matter what grades of winter wheat growth, the correlation coefficients between winter wheat growth condition and accumulated precipitation were higher than synchronous precipitation and pre-phenophase precipitation in terms of the average value in 7 phenophases, which showed the accumulated precipitation during the whole growing season had greater influence on winter wheat growth than synchronous precipitation and pre-phenophase precipitation. The influences of temperature on winter wheat were different according to different grades of winter wheat growth. In terms of sunshine, no matter what grades of winter wheat growth, the correlation coefficients between winter wheat growth condition and accumulated sunshine were highest in terms of the average value in 7 phenophases. The study also showed that winter wheat with better and worse growth condition were more sensitive to precipitation, whereas winter wheat with normal growth condition were largely influenced by temperature in the whole.

Key words: Winter wheat Remote sensing Growth condition Phenophase NDVI Meteorological factor Spatial-temporal correlation