

# 气象因子变化及其对小麦生产的影响

孟自力, 陈昆, 闫向泉, 朱倩, 倪雪峰, 朱伟\* (河南省商丘市农林科学院, 河南商丘 476000)

**摘要** 全球气候变化趋势明显, 小麦的生长发育和产量在一定程度上受到影响。综述光照、温度、水分 3 个主要气象因子变化特征的研究现状, 及其对小麦物候期变化、产量和品质的影响。

**关键词** 光照; 温度; 水分; 小麦

中图分类号 S162.5<sup>+</sup>3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)07-0027-03

## Research Status of Change of Meteorological Factors and Its Influence on Wheat Production

MENG Zi-li, CHEN Kun, YAN Xiang-quan et al (Shangqiu Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shangqiu, Henan 476000)

**Abstract** The trend of global climate change is obvious, which affects the growth and yield of wheat to some extent. Research status of change characteristics of three main meteorological factors: light, temperature and moisture, and their influence on phenophase change, yield and quality of wheat were reviewed.

**Key words** Light; Temperature; Moisture; Wheat

随着工业化时代的到来, 人类活动对全球气候产生了深远的影响, 全球气候变暖已经成为全人类所面对的共同问题。根据 IPCC 第 4 次评估报告, 75 项研究中超过 29 000 个观测资料序列显示, 全球平均气温和海洋温度升高、大范围积雪和冰融化、全球平均海面逐渐上升, 可见气候系统变暖是明显的。生态系统之间息息相关, 牵一发而动全身的生态系统在全球气候变暖的影响下, 或多或少的都有一定的变化, 农业生产随着气候的变化会产生较为明显的改变, 是所有生态系统中随着全球气候变暖影响较为巨大的系统之一<sup>[1]</sup>。据科学家预测, 全球气候变暖对农业生产产生的影响, 如果不进行有效的控制, 那么在 21 世纪的后期, 我国的粮食产量将会下降 37 个百分点, 我国是农业大国, 粮食产量十分重要, 所以重视气候对粮食产量的影响十分重要。

目前, 我国农业基础较为脆弱, 多数地方还是靠天吃饭, 粮食安全面临诸多威胁, 如水资源不足、农业生态环境质量变劣、自然灾害频发等。而气候要素平均值的变化与气候极端事件的发生存在较大的相关性。大量研究表明, 即使温度、降水等平均值发生微小的变化, 也能在一定的基础上对环境气候产生重大影响, 从而影响粮食的产量。因此, 把应用气象与保障粮食安全紧密结合起来, 深入地研究气候变化规律及其对生产的影响, 及时采取应对措施, 克服生态环境恶化、气候变化异常等不利因素, 保障国家粮食安全则成为我国粮食生产研究的重大课题之一。

小麦是我国第二大粮食作物, 小麦的产量在我国农业粮食产量中占 20%~50%, 是我国重要的农作物, 其耕种面积占我国总体农耕地面积的 20%~30%, 平均产量已由 20 世纪 50 年代的 750 kg/hm<sup>2</sup> 左右, 逐渐提高到 2007 年 1 月 1 日国家发改委发布的主产区小麦平均产量 5 575.5 kg/hm<sup>2</sup>。产量水平的历史性提高, 除了日益发展的化肥、农药、调节剂

和小麦品种的更新换代外, 还与更加科学的栽培技术及防灾措施应用于小麦的有效生产有关。所以, 在全球气候变暖的环境气候下, 如何对我国的小麦播种气候进行一定的科学预测, 针对气候对小麦的生产相关作业工作进行改变, 对于我国粮食生产具有至关重要的作用。

### 1 主要气象因子的变化规律

在所有的天气条件中, 光照、降水量、气温是影响粮食生产最为重要的因子, 对这 3 个因子进行科学的预测, 掌握三者之间的相互影响与相互作用, 把握这 3 个因子之间的相互作用, 能够更好地了解气候对农业生产的影响。

**1.1 温度** 在我国小麦生产中, 冬小麦占据重要地位, 在近 50 年的冬小麦生产过程中, 内部积温逐年上升, 商丘市在冬小麦的生育期间也不例外, 年平均最低气温也呈上升趋势。温度升高对小麦的播种、中期生长及后期生长带来一系列影响。

**1.2 降水** 近 56 年来, 河北省春季降水无明显线性增减倾向, 山东省年、季平均降水量呈减少趋势。黄淮海区的降水总体变化趋势不显著, 但是不同区域与不同时段降水分布不均, 仍然是影响小麦生产的一大问题<sup>[2-3]</sup>。商丘、驻马店、周口不同时段降水偏少或者偏多均对小麦有一定的不利影响, 使得干旱、渍害、连阴雨、雷雨、大风灾害频发<sup>[4]</sup>, 所以各地专家指导小麦生产要根据不同地区不同年份来具体安排小麦的播种、灌溉和收获。

**1.3 光照** 在冬小麦的生育期间, 河南省冬小麦光照数呈现逐年较少的趋势, 虽然目前年光照数还能够满足冬小麦的生长发育, 但对光照的研究仍十分重要。在河南省驻马店市的冬小麦生长发育期间, 3 月下旬的日照时数与往年相比, 没有出现较大的变化, 但是 3 月后的日照时数明显上升, 与冬小麦中后期光照需求逐渐增加相吻合, 基本能满足冬小麦生长发育需要; 周口临界日照时数为 13.0~13.5 h, 适宜栽培品种为半冬性和弱春性品种, 搭配少量冬性品种, 由此看来, 国内其他小麦种植区域可根据当地日照情况种植适宜品种。

### 2 气候因子变化对小麦生长发育的影响

由于小麦生产是在开放的生态环境中进行, 研究生态环

**基金项目** 河南省现代农业(小麦)产业技术体系项目(Z2010-01-08); 河南省科技攻关项目(15210211029)。

**作者简介** 孟自力(1986—), 男, 河南商丘人, 助理研究员, 硕士, 从事小麦栽培与育种研究。\* 通讯作者, 副研究员, 硕士, 从事小麦栽培与育种研究。

**收稿日期** 2017-11-30

境对小麦生长的影响一直是农业应用气象、小麦栽培和生产上的研究热点。现代对农业生产气候的研究由农作物生长发育、产量形成及产量结构等生物过程或要素与各个气象要素关系的分析,向气候变化对农作物产量的影响以及农作物生长动态模拟和产量预测等方面转移。有学者指出 CO<sub>2</sub> 浓度升高和气候变暖有利于冬小麦种植区向春麦区扩展,主要表现在辽宁、河北、陕西、内蒙古等种植边界的显著北移和青海、甘肃种植边界的显著西扩,气候变化还表现为太阳辐射的下降,病虫害害加剧;研究还指出高温与低温以及降水时空分布不均导致的干旱和渍水等极端气象灾害事件,随着全球气候变化发生频率显著增加,这样的气候变化已经对小麦的生长造成严重的影响,如在小麦结穗期的气候变化使小麦穗粒干瘪,严重影响小麦的产量。

## 2.1 对小麦物候期的影响

**2.1.1 播期推迟。**随着冬积温的不断上升,商丘市的小麦播种时期已经明显延迟,在半冬季型小麦的种植中,商丘市的小麦种植春性品种占 70%,冬季气温的不断升高对小麦的播种时期已经产生影响。

**2.1.2 返青、起身、拔节、开花、成熟提前。**1979 年以来淮北平原冬小麦物候期的变化规律:返青、起身、拔节、开花、成熟,在这 5 个生长周期过程中,返青、开花、成熟期与以前相比明显提前,在淮北平原小麦的生长期间,温度对小麦的影响最大。河南省播种一越冬天数平均每 10 年增加 1.7 d,开花一成熟期冬小麦生长时期也提前<sup>[5]</sup>。

**2.1.3 越冬期、灌浆期和全生育期缩短。**河南省冬小麦全生育期呈缩短趋势<sup>[6]</sup>。随着气候不断变化,冬小麦的生长发育周期明显缩短,20 世纪 80 年代冬小麦平均返青时间出现在 2 月 22 日,80 年代之后,小麦的返青时间向前推移 10 d 左右,返青时间的提前表明冬小麦越冬时间缩短,灌浆周期缩短。

有报道指出,气候变化已引起黄淮麦区西部冬小麦越冬期缩短 3~14 d,播种期呈逐渐推后、拔节期和抽穗期呈提前趋势,长江中游麦区生育期缩短。

**2.2 对小麦产量的影响**随着全球变暖的大环境日益恶化,越来越多的科学家开始关注气候变化给农业带来的影响。早期,国外主要采用相关统计的方法即“黑箱”法来研究气候变化对小麦产量的影响,但是这种方法不能明确气候变化与粮食生产的关系。此后,科学家们利用先进的模型技术,GCMs 对作物的生长进行动态的模拟演变,从而在动态的基础之上分析气候变化对农作物产生的影响。国内科学家在气候变化对粮食的影响评价上也做了大量工作,主要是采用回归模型和 GCMs 与作物模型耦合的方法<sup>[7-10]</sup>。

在黄淮海地区,针对黄淮海地区将近 10 个站点的农业数据进行 CERES - Wheat 动态机理作物模型分析,然后将 CERES - Wheat 模型与 2 个全球气候模式(GISS 和 Hadley)结合,同时考虑 CO<sub>2</sub> 对小麦的直接施肥作用,模拟黄淮海农业区 10 个站点在 IPCC SRES A2 和 B2 2 个气候情景下雨养和灌溉小麦产量和水分利用的变化趋势。结果表明,除 CO<sub>2</sub>

直接肥效的影响外,在黄淮地区雨养小麦的生产中,东部地区的小麦生产总量变化较少,但是东部地区小麦的生产数量骤降,说明小麦的产量受灌溉水量的重要影响。在同等灌溉水量的影响下,小麦的产量基本不变,但是在水资源短缺的情况下,对小麦的产量会产生严重的负面影响,所以考虑如何利用水资源,将有限的水资源合理有效地应用到农业生产中,是黄淮地区必须考虑的问题。在考虑 CO<sub>2</sub> 直接肥效的情况下,雨养和灌溉小麦产量全面增产,雨养小麦的增产幅度明显偏高,灌溉小麦增产 10%~30%,但 CO<sub>2</sub> 的肥效能否充分发挥还需要进一步研究证明<sup>[11]</sup>。另外,周林等<sup>[12]</sup>利用改进的荷兰 Wageningen 农业大学的产量生态学模式 SUCROS,将气候变暖情况下的降水量与温度变化对小麦生产产生的影响进一步分析,结果显示,在黄淮海地区,北部地区的小麦受灌溉水源的影响较大,在生长期间的降水量远不能满足小麦需要的灌溉量,所以在没有灌溉条件时小麦生长十分困难;在黄淮海的南部地区降水量充足,能够满足小麦的生长需求,但是气温升高过快,过快升高的气温经常会造成小麦叶面积指数升高,CO<sub>2</sub> 的同化能力大大增强,虽然前期的降水量能够满足生长需要,但是过快升高的气温会迅速蒸发土壤中的水分,造成小麦生长后期水分不足,生产数量较少,当气候变暖伴随降水量增大时,这一现象有所缓解。若气候变暖伴随降水减少,则产量下降加剧。模拟显示,该区的农田林网可有效地改善农田小气候,提高小麦的水分利用率和干物质生长量。在气候变暖的严峻形势下,组建农林复合生态系统应作为一种可持续发展的农业经营策略加以推广应用。河南省位于亚热带气候与温带气候的交界处,气候变化对小麦生长会产生重要的影响,南北差异性较大是河南省小麦生长期间的特点<sup>[12]</sup>。

诸多研究者探讨小麦生长期气候对小麦生产的影响。千怀遂等<sup>[13]</sup>利用正交多项式对小麦产量进行分析,利用积分回归的方式对小麦随着气候变化的规律进行分析,在两者相互结合的基础上,又对亚热带与温带之间的相互关系进行研究。焦仁庆等<sup>[14]</sup>将开封作为研究基点,分析气候变化对冬小麦生产的影响:一是冬小麦会随着温度的变化不断变化,在冬小麦的生长发育过程中,冬小麦发芽的适宜温度为 11~22℃,但是为了防止小麦过早地拔节生长,一般都会在 20℃播种,小麦在吹穗时期,暴热的天气十分不利,适宜的日较差有利于小麦生长。二是小麦对水分有较高的要求。小麦需要 530 mm 以上的降水量才能够自然成熟,在小麦的整个生长过程中,不同时期所需要的水分各不相同,在小麦拔节过程中,需要 140 mm 的降水量,土壤水分需要保持在此水分的 70%~80% 的水量,在此期间,如果遇到干旱,则会造成小麦结穗较少,但是过多的降水则会造成小麦茎秆细小,较易倒伏,直接影响小麦的产量。三是小麦对光照的要求更为严格。农作物在生长过程中,都需要大量光照,小麦同样如此,在小麦的生长发育中需要光照的参与才能最后结果,充足的光照配合适量的灌溉,能够使小麦快速生长,使小麦结出饱满的穗粒<sup>[14]</sup>。

## 2.3 对小麦品质的影响

**2.3.1 温度。**气温对小麦的影响可以从气候温度与土壤温度来分析,气候温度对小麦的生长影响比较大,不仅影响小麦的光合作用,更在产物转化等方面对小麦的生长发育产生影响。

**2.3.1.1 对小麦籽粒重的影响。**温度会对小麦的粒重产生影响,日最高温度、日均温对小麦的生长发育影响最大,日均温与最高温度在小麦的生长过程中的影响呈现非线性关系,在 21℃/13℃(白/夜)~23℃/14℃(白/夜)时小麦的灌浆速度最快。

**2.3.1.2 对小麦籽粒蛋白质含量的影响。**在许多的科学研究中都证明温度对小麦籽粒蛋白质的影响,在小麦生长过程中,小麦的生长发育随着温度的上升而增快<sup>[15-16]</sup>。同样,蛋白质的含量也随着温度的上升不断增加,小麦在开花过程中,日均温在 15~32℃,会加快小麦籽粒蛋白质的增加,温度在这一区间上升过程中,籽粒蛋白质也在不断增长,但是温度一旦超过 32℃,籽粒蛋白质的含量增长就会呈下降趋势,籽粒灌浆盛期受温度影响最大,籽粒蛋白质的含量随着气温年较差、日平均气温的变化不断变化。

**2.3.1.3 对加工品质的影响。**温度会对小麦加工品质产生影响,在生长过程中,灌浆期温度升高,加工指标的各项品质也会不断攀升,灌浆期间的籽粒蛋白质会随高温的不断变化呈现上升趋势,面团延展性会与温度呈现正相关关系,面团强度与面包的体积与温度呈负相关关系。

**2.3.2 水分。**降水量会影响小麦的生长,同时也是小麦品质的重要影响因素,过多的水分会使小麦根系呼吸能力下降,新陈代谢能力下降,生长减缓,品质下降;过少的水分会使小麦根系弱小,水分不足,脱水的细胞会严重阻碍小麦的生长发育,所以优质的小麦形成与降水量、水分有着重要的关系,大量的研究表明,降水量越多小麦的品质越差。

**2.3.3 光照。**光照对小麦的影响随小麦生长周期的变化,产生不同的要求,在小麦的出苗至抽穗期,小麦对光照的要求高,充足的光照会使小麦籽粒蛋白质含量增加,吸收较多的氮素,促进小麦的生长发育,不足的光照直接影响小麦的生长发育周期,对小麦的籽粒蛋白质产生较大的负面影响。有研究显示,籽粒蛋白质的含量随日照时数的增加而减少,

在小麦的开花成熟阶段,日照时数较少会不断积累小麦的碳水化合物,增加小麦的光合作用与呼吸作用,使小麦的蛋白质含量不断积累增加。温度、光照、水分对小麦都有十分重要的作用,在小麦的生长过程中,三者共同作用才会形成优质小麦,这 3 因素是如何相互作用,则需要依据当地的相关气候条件等进行具体适宜的实际性研究。

## 参考文献

- [1] IPCC. Summary for policymakers of climate change 2007: The physical science basis [C]//SOLOMON S, QIN D, MANNING M, et al. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 曹倩, 姚凤梅, 林而达, 等. 近 50 年冬小麦主产区农业气候资源变化特征分析[J]. 中国农业气象, 2011, 32(2): 161-166.
- [3] 全文伟, 胡怀旭, 王二虎, 等. 河南省粮食产量周期波动分析[J]. 河南科学, 2009, 27(2): 222-225.
- [4] 武建华, 陈松, 陈英慧, 等. 驻马店市冬小麦主要气候特征及高产气象因素[J]. 中国农学通报, 2011, 27(6): 387-393.
- [5] 路欣, 姜洋, 刘文新, 等. 商丘市气候变化对农业的影响及对策[J]. 现代农业科技, 2009(23): 306.
- [6] 成林, 薛昌颖, 李彤霄, 等. 河南省稻麦类作物对气候变化的响应[J]. 气象与环境科学, 2010, 33(3): 6-10.
- [7] HALL A E, ALLEN L H. Designing cultivars for the climatic condition of the next century [C]//BOXTON D R, SHIBLES R, FORSBERG R A, et al. International crop science I. Madison W. I.: Crop Science Society of America, 1993: 291-297.
- [8] HULME M. Climate change and Southern Africa [M]. Norwich, United Kingdom: Climatic Research Unit, University of East Anglia, 1996: 104-115.
- [9] JONES C A, KINIRY J R. CERES-MAIZE: A simulation model of maize growth and development [M]. Texas: Texas A&M University Press, 1986: 31-33.
- [10] KLEPPER O, ROUSE D I. A procedure to reduce parameter uncertainty for complex models by comparison with real system output illustrated on a potato growth model [J]. Agricultural systems, 1991, 36(4): 375-395.
- [11] 田展. 气候变化对黄淮海平原作物生产潜力影响研究 [D]. 北京: 中国科学院地理科学与资源研究所, 2006.
- [12] 周林, 王汉杰, 朱红伟. 气候变暖对黄淮海平原冬小麦生长及产量影响的数值模拟 [J]. 解放军理工大学学报(自然科学版), 2003, 4(2): 76-82.
- [13] 千怀遂, 魏东岚. 气候对河南省小麦产量的影响及其变化研究 [J]. 自然资源学报, 2000, 15(2): 149-154.
- [14] 焦仁庆, 赵新礼. 开封地区气象因素对冬小麦产量的影响 [J]. 现代农业科技, 2009(15): 299.
- [15] 百家惠, 张文松, 汪可可, 等. 气象因子对平顶山市小麦生产的影响 [J]. 现代农业科技, 2009(3): 203-204.
- [16] LAL M, SINGH K K, RATHORE L S, et al. Vulnerability of rice and wheat yields in NW India to future changes in climate [J]. Agricultural and forest meteorology, 1998, 89: 101-114.
- [17] 石祖梁, 王飞, 李想, 等. 秸秆“五料化”中基料化的概念和定义探讨 [J]. 中国土壤与肥料, 2016(6): 152-155.
- [18] 徐振兴, 周磊, 杜友. 我国秸秆机械化综合利用情况 [J]. 农机科技推广, 2017(2): 20-24.
- [19] 高立, 梅应丹. 我国生物质发电产业的现状及存在问题 [J]. 生态经济, 2011(8): 123-127.

(上接第 26 页)

- [41] 杨青松. 玉米秸秆草砖房结构与保温性能研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.
- [42] 王如军. 羧甲基纤维素/β-环糊精水凝胶的制备及其工业废水处理应用研究 [D]. 上海: 华南理工大学, 2013.
- [43] 段洪涛. 羧甲基纤维素化学改性及水性分散体的制备与性能 [D]. 北京: 北京理工大学, 2015.