

张佩, 吴田, 姚薇, 等. 江苏省油菜全生育期气候特征的变化分析[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(9): 118–121.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.09.035

江苏省油菜全生育期气候特征的变化分析

张佩¹, 吴田¹, 姚薇¹, 江海东²

(1. 江苏省气象局, 江苏南京 210008; 2. 南京农业大学, 江苏南京 210092)

摘要:利用江苏省 35 个气象台站 1961—2013 年的气象观测资料, 采用曼-肯德尔(Mann-Kendall)法、线性倾向估计和相关分析等数理统计方法, 分析江苏省油菜全生育期气候因子的时空分布特征。结果表明: 在气候变化背景下, 淮北地区自 20 世纪 90 年代初、淮河以南地区自 20 世纪 90 年代中期起的油菜全生育期积温呈显著增加的趋势; 日照总体呈减少趋势, 以沿淮淮北地区最为明显; 降水较日照、积温的年际波动更大, 无明显的突变, 气候变化对江苏省油菜生长有利有弊。

关键词:气候变化; 油菜; 生育期; 产量因素; 响应; 江苏省

中图分类号: S162.5⁺4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)09-0118-04

气候变化对自然生态系统有着深远影响, 而农业由于自身生产的脆弱性, 气候变化会对其产生不同程度的或潜在或显著的影响。近年来, 关于气候变化对农作物生长的影响, 国内外学者已做了很多相关研究, 主要从两大角度去切入: 一是从气候资源配置的角度, 系统研究气候变化给种植制度及作物产量带来的影响^[1-10]。杨晓光等以 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温为主要指标研究认为, 在过去的 50 年中, 气候变化造成了全国种植制度界限不同程度北移、冬小麦和双季稻种植北界北移, 且 21 世纪上半叶, 气候变化将会造成全国种植制度界限继续以不同程度北移^[1-7], 其他学者选取不同指标也得到一致的研究结果^[8-11]。对作物产量的影响得出的观点不一, 有的学者认为, 气候变化增加了作物生育期积温, 从而缩短了作物生育期, 最终使作物产量下降^[12-14]; 但也有学者认为, 对于原本农业热量资源欠缺的地方, 气候变化可能增加作物产量^[15-16]。另外, 熟制的可能使种植制度界限变化区域的粮食单产增加^[1]。二是从作物自身生长的角度, 具体研究气候变化对作物发育期的影响^[11, 13, 17-25]。研究结果指出, 气候变化使农作物生长发育速度发生了明显变化, 但不同作物的生育期、不同地区的同一作物生育期及同一作物的不同生育期对气候变化的响应不同, 如春播作物播种期提早, 喜温作物生育期延长^[11], 越冬作物播种期推迟, 生育期缩短。

江苏是中国油菜的主产省和高产省之一^[26]。据统计, 江苏油菜种植面积占全国油菜种植面积的 9% 左右, 产量达到全国总产量的 13% 左右, 单产更是名列全国之首。油菜是唯一的冬季油料作物, 可与水稻、玉米、大豆等粮食作物合理轮作^[27], 已成为江苏仅次于水稻、小麦的第三大作物, 对保证

粮、油的安全, 稳定供应起着双重作用。因此, 明确油菜全生育期内气候因子的变化特征, 为进一步研究气候变化对江苏油菜主要生育期和产量因素的影响提供科学依据, 最终对科学调整粮油生产布局及改进油菜种植制度、保障食用植物油安全、增加农民收入等有着重要的意义。

1 资料与方法

1.1 资料来源

选用江苏省 35 个气象台站 1961—2013 年的气象资料, 统计油菜全生育期(9 月至次年 5 月)总积温、降水量和日照时数。

1.2 研究方法

1.2.1 曼-肯德尔(Mann-Kendall, 简称 MK)法 它是一种常用的突变检测方法^[28], 具有检验范围宽、定量化程度高等优点。本研究利用曼-肯德尔(Mann-Kendall)法分析油菜全生育期气候因子的时间变化特征。

对于具有 50 个样本量的时间序列 x (历年油菜生育期积温、日照或降水), 构造一秩序列:

$$s_k = \sum_{i=1}^k r_i (k=2, 3, \dots, n). \quad (1)$$

$$\text{其中: } r_i = \begin{cases} 1, & \text{当 } x_i \geq x_j, \\ 0, & \text{当 } x_i < x_j, \end{cases} \quad j=1, 2, \dots, i-1.$$

则:

$$UF_k = \frac{[s_k - E(s_k)]}{\sqrt{\text{var}(s_k)}}, \quad k=1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

式中 $UF_1 = 0$, $E(s_k)$ 、 $\text{var}(s_k)$ 是累计数 s_k 的均值和方差, 其中:

$$E(s_k) = \frac{k(k-1)}{4}; \quad (3)$$

$$\text{var}(s_k) = \frac{k(k-1)(2k+5)}{72}. \quad (4)$$

式中 UF_k 为标准正态分布, 给定显著水平, 查正态分布表, 若 $|UF_k| > U_{\alpha}$ (本研究取 $\alpha=0.05$ 时, $U_{0.05} = \pm 1.96$), 则表明序列存在明显的趋势变化。

按时间序列 x 逆序 x_n, x_{n-1}, \dots, x_1 , 再重复上述过程, 同时

收稿日期: 2014-09-26

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(编号: GYHY201406028); 江苏省气象局开放基金(编号: 201107、K201005、K201304)。

作者简介: 张佩(1984—), 女, 安徽芜湖人, 硕士, 工程师, 主要从事农业气象科研与业务工作。Tel: (025) 83287157; E-mail: 78073954@qq.com。

通信作者: 江海东, 副教授, 主要从事作物逆境生理方面的研究。Tel: (025) 84395713; E-mail: hdjiang@njau.edu.cn。

使 $UB_k = -UF_k (k = n, n-1, \dots, 1)$, $UB_1 = 0$ 。UF 和 UB 曲线交点出现的年份即为冬季积温突变开始年。

1.2.2 统计分析和作图 使用 IDL 语言编写曼-肯德尔 (Mann-Kendall) 法计算程序;数据的处理和分析主要是运用 Microsoft Excel 软件;应用 ArcGIS 绘制气候因子的空间分布图。

2 结果与分析

2.1 江苏省油菜全生育期气候变化特征

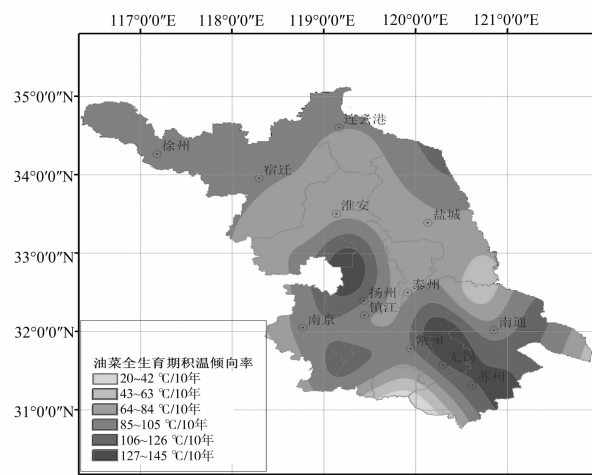
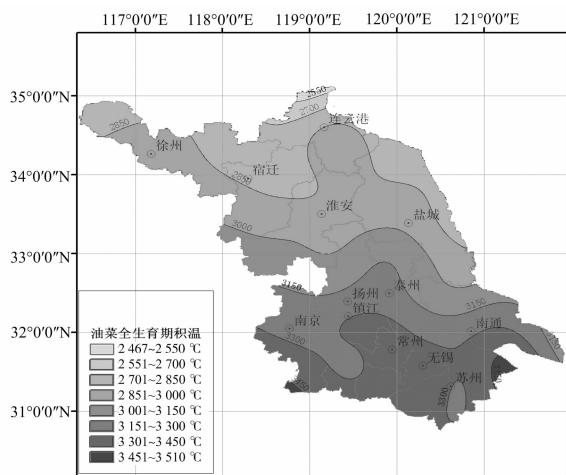


图1 江苏省油菜全生育期积温 (左) 和积温倾向率 (右) 空间分布

进一步利用 M-K 法明确江苏省油菜全生育期积温的突变特征。根据 35 个站点 UF 和 UB 曲线交点的位置,确定江苏省油菜全生育期积温在 20 世纪 80 年代后期开始的增暖是一突变现象。其中,淮北地区突变开始年份要早于淮河以南地区,淮北地区冬季积温突变开始年基本在 1988—1992 年,平均值为 1991 年,淮河以南地区则普遍在 1990—1994 年之间,平均值为 1993 年(图 2)。由 $|UF_k| > U_{0.05} = 1.96$ 开始年可看出,淮北地区自 20 世纪 90 年代初、淮河以南地区自 20 世纪 90 年代中期起,油菜全生育期积温的增加趋势通过了 0.05 水平的显著性检验。

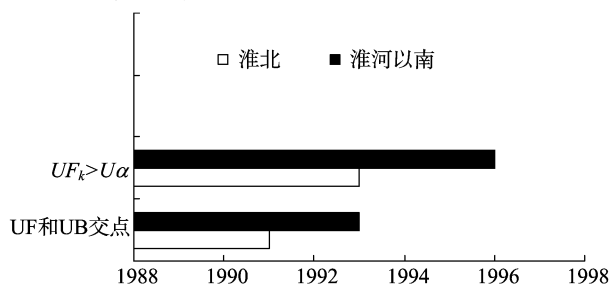


图2 江苏省35个站点油菜全生育期积温的曼-肯德尔统计量信息

2.1.2 江苏省油菜全生育期日照的时空分布特征 由图 3 中左图可见,江苏省油菜全生育期日照由南向北递增,淮北大部及江淮之间的东北地区日照时数普遍在 1 600 h 以上,其他地区在 1 303.0 ~ 1 588.1 h 之间。

采用线性倾向估计法分析其年际变化趋势发现,油菜全生育期日照较积温的年际波动大,分站点具体分析,仅淮安东

2.1.1 江苏省油菜全生育期积温的时空分布特征 图 1 左图为江苏省油菜全生育期积温的空间分布图,可见江苏省油菜全生育期积温由北向南递增,以苏北灌溉总渠为界,淮河以北地区为 2 667.3 ~ 2 935.1 °C · d,淮河以南地区则为 2 944.4 ~ 3 457.6 °C · d。

采用线性倾向估计法详细分析江苏省油菜全生育期积温的年际变化发现(图 1 右图),各站点油菜全生育期积温逐年增加,每 10 年普遍增加 43 ~ 145 °C · d,且均通过 0.01 置信度水平。

南部、扬州北部、盐城沿海地区及镇江-常州-无锡一带逐年增加,其他大部分地区逐年递减,且沿淮淮北大部站点普遍通过 0.01 置信度水平(图 3 右图)。从全省平均情况来看,江苏省油菜全生育期平均日照时数逐年递减,每 10 年减少 20 h,且通过 0.05 置信度水平(图 4 上图)。

利用 M-K 法分析日照的时间变化趋势后发现,各站点的日照突变开始年差异很大。

2.1.3 江苏省油菜全生育期降水的时空分布特征 由图 5 左图可见,江苏省油菜全生育期降水北少南多,淮北大部及江淮之间北部地区降水量普遍在 307.1 ~ 503.8 mm 之间,其他地区在 514.2 ~ 741.1 mm 之间。

从年际变化趋势来看,油菜全生育期降水较日照、积温的年际波动更大,分站点具体分析,全省大部分地区逐年递减,但变化趋势不明显(图 3 右图)。从全省平均情况来看,江苏省油菜全生育期平均降水量逐年递减,每 10 年减少 12.4 mm,尤其是进入 2000 年以后,下降速度加快,为每 10 年减少 44.3 mm(图 4 下图)。总体来看,油菜全生育期降水年际波动较大,变化趋势不明显,因此,各站点降水无明显的突变;但自 20 世纪 90 年代中期以来,各地降水量总体呈逐年递减的趋势。

3 结论与讨论

3.1 气候变化背景下江苏省油菜全生育期积温、日照和降水都发生了不同变化

江苏省油菜全生育期积温显著增加。20 世纪 80 年代中后期江苏省油菜全生育期积温的增加是一突变现象,其中淮

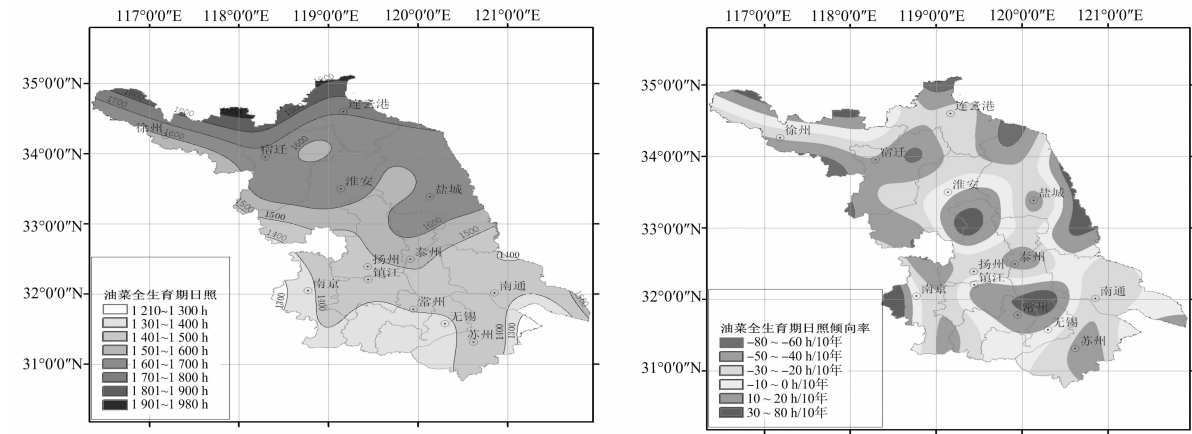


图3 江苏省油菜全生育期日照(左)和日照倾向率(右)空间分布

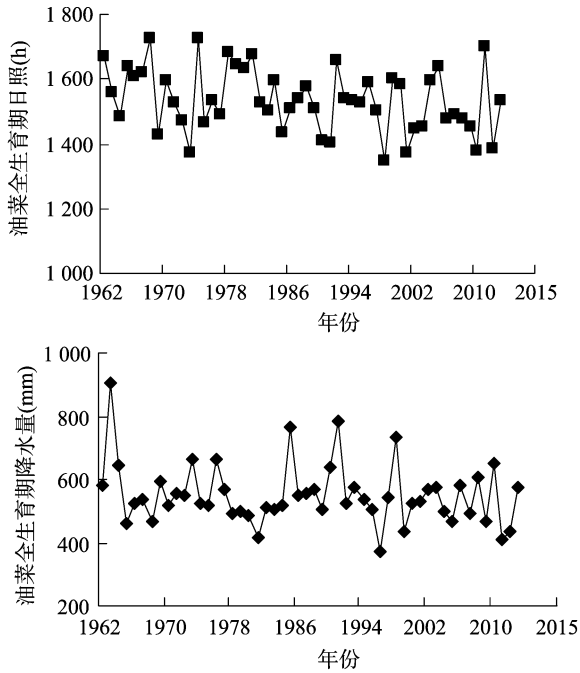


图4 江苏省油菜全生育期日照(上)和降水(下)年际变化趋势

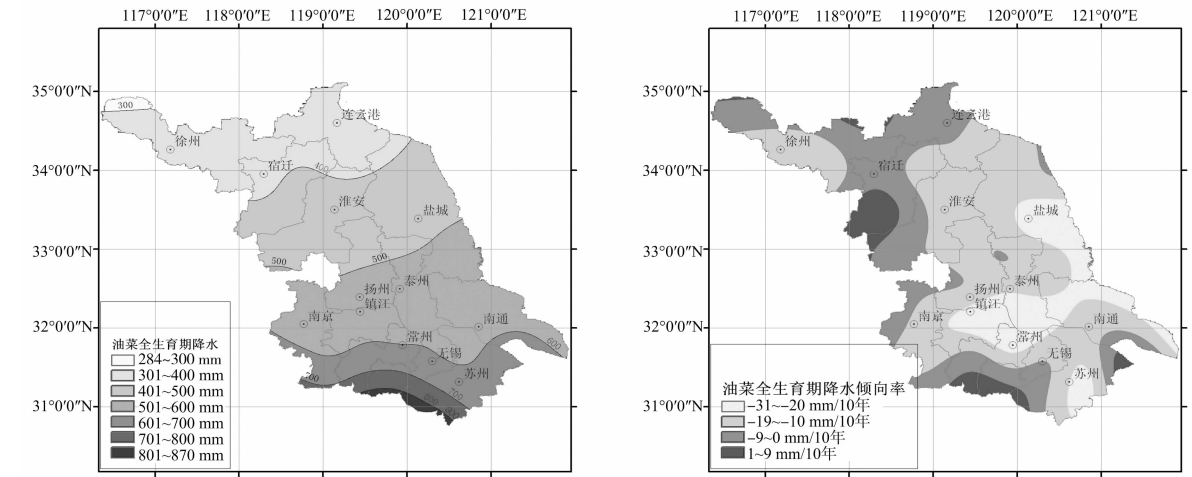


图5 江苏省油菜全生育期降水(左)和降水倾向率(右)空间分布

北的突变开始年份普遍早于淮河以南地区,且淮北地区自 20 世纪 90 年代初、淮河以南地区自 20 世纪 90 年代中期起油菜全生育期积温的增加均达到了显著水平。

油菜全生育期日照较积温的年际波动大,各站点的日照突变开始年差异很大。仅淮安东南部、扬州北部、盐城沿海地区及镇江-常州-无锡一带逐年增加,省内其他大部分地区逐年递减,且沿淮淮北的大部分站点普遍通过 0.01 置信度水平。

油菜全生育期降水较日照、积温的年际波动更大,无明显的突变开始年。全省大部分地区逐年递减,但变化趋势不明显。

3.2 气候变化对江苏省油菜生长可能带来的影响分析

气候变化对江苏省油菜生长有利有弊。有利的方面主要表现在:(1)近年来,由于江苏省偏迟熟水稻种植北移,如淮北地区水稻种植品种以迟熟中粳为主,而该地区稻后油是油菜的主要种植方式,这就导致了油菜腾茬和移栽越来越晚,而笔者在另 2 篇文章曾分析得到,一方面,江苏省气候变暖尤其以秋冬季气温升高更明显,油菜播种期间的日平均气温和冬前积温均逐年升高,冬前积温的增大为油菜适期晚播晚栽提供了积温基础;另一方面,江苏省大部分冬小麦品种进入越冬期后并没有完全停止生长,冬季积温增多,越冬期间当日平均

气温高于 3℃, 麦苗仍可缓慢生长, 增加分蘖, 弥补了一定的冬前积温, 这又为晚播提供了条件^[24]。同时, 冬季温度偏高, 有利于晚播、直播的弱小苗转化, 减少冬季冻害。(2) 生殖生长期尤其开花—成熟期的延长利于籽粒的生长及灌浆、充实, 促进了粒数和粒重的提高, 最终促进产量的提高。(3) 绿熟、成熟期的提前, 减小了遭遇高温的概率, 从而避免发生高温逼熟。

不利的是气候变化使极端灾害性气候频发^[28], 农业气象灾害的威胁增大:(1) 秋冬干旱。本研究统计分析发现, 江苏省油菜全生育期降水自 20 世纪 90 年代中期以来总体呈逐年递减的趋势。张旭晖等研究也发现, 20 世纪 90 年代以来江苏省秋旱发生概率普遍增加^[29]。秋季干旱导致油菜无法及时播栽, 移栽后不易活棵; 冬季干旱易形成干冻害, 加重冻害的危害。如 2006 年入秋后, 受大陆暖性高压控制, 江苏省气温持续偏高(9 月下旬至 11 月上旬全省平均气温达 19.6℃, 比常年同期偏高 2.9℃), 降水量持续偏少(9 月中旬至 11 月上旬淮北地区雨量不足 30 mm, 较常年同期偏少 8 成以上, 淮河以南地区也偏少 4~7 成), 大部分地区出现了旱情, 其中淮北及沿淮一带、宁镇扬丘陵地区旱情较重, 阻碍了油菜的移栽成活和幼苗生长, 给全省农业生产造成了许多不利影响。(2) 冻害。暖冬气候会使油菜品种的气候适应性发生变化, 品种抗寒性减弱; 同时, 冬季积温的增加可能导致部分播期、移栽较早油菜苗出现旺长。因此, 虽然冬季积温增加, 冻害次数可能减少, 但冷暖交替突变, 给冬小麦生长带来的危害加大。(3) 初霜冻害。现蕾、抽薹及开花期提前, 加之此时油菜抗寒能力的下降, 增大了其遭受初春霜冻危害的概率。如 2010 年 10 月至 2011 年 5 月, 江苏省发生了大范围的秋冬春连旱, 越冬后气温明显偏低, 旱、冻叠加, 油菜生长发育明显受到抑制, 冬春发棵普遍不足, 植株生长量偏小, 入春后的 3 月 16 日、25 日和 4 月 2 日、10 日江苏省又出现了 4 次频繁的寒潮降温天气, 使油菜“雪上加霜”, 主要表现为有效分枝和花芽分化数普遍偏少, 这也是当年油菜减产的主要原因之一。(4) 春季渍涝。历年 3—5 月江苏省(尤其淮河以南地区)常出现持续阴雨寡照天气, 易发生渍涝, 导致油菜生长缓慢, 花期延迟, 开花质量下降, 持续阴雨常常伴随低温, 这还有可能导致分段结荚。(5) 病虫草害。冬季温度的升高, 利于病虫安全越冬, 春季回温后, 如遇阴雨天气, 温湿交互, 病虫草害加重。

参考文献:

- [1] 杨晓光, 刘志娟, 陈 阜. 全球气候变暖对中国种植制度可能影响 I. 气候变暖对中国种植制度北界和粮食产量可能影响的分析[J]. 中国农业科学, 2010, 43(2): 329–336.
- [2] 赵 锦, 杨晓光, 刘志娟, 等. 全球气候变暖对中国种植制度可能影响 II. 南方地区气候要素变化特征及对种植制度界限可能影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(9): 1860–1867.
- [3] 李克南, 杨晓光, 刘志娟, 等. 全球气候变化对中国种植制度可能影响分析 III. 中国北方地区气候资源变化特征及其对种植制度界限的可能影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(10): 2088–2097.
- [4] 刘志娟, 杨晓光, 王文峰, 等. 全球气候变暖对中国种植制度可能影响 IV. 未来气候变暖对东北三省春玉米种植北界的可能影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(11): 2280–2291.
- [5] 李 勇, 杨晓光, 王文峰, 等. 全球气候变暖对中国种植制度可能

- 影响 V. 气候变暖对中国热带作物种植北界和寒害风险的影响分析[J]. 中国农业科学, 2010, 43(12): 2477–2484.
- [6] 杨晓光, 刘志娟, 陈 阜. 全球气候变暖对中国种植制度可能影响 VI. 未来气候变化对中国种植制度北界的可能影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(8): 1562–1570.
- [7] 李 勇, 杨晓光, 张海林, 等. 全球气候变暖对中国种植制度可能影响 VII. 气候变暖对中国柑橘种植界限及冻害风险影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(14): 2876–2885.
- [8] 张雪芹, 孙 杨, 郑 度, 等. 中国干旱区温度带界线对气候变暖的响应[J]. 地理学报, 2011, 66(9): 1166–1178.
- [9] 郝志新, 郑景云, 陶向新. 气候变暖背景下的冬小麦种植北界研究——以辽宁省为例[J]. 地理科学进展, 2001, 20(3): 254–261.
- [10] 李长军, 刘焕彬. 山东省气候变化及其对冬小麦生产潜力的影响[J]. 气象, 2004, 30(8): 49–53.
- [11] 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[J]. 生态学报, 2008, 28(8): 3760–3768.
- [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] 代立芹, 李春强, 魏瑞江, 等. 河北省冬小麦生长和产量对气候变化的响应[J]. 干旱区研究, 2011, 28(2): 294–300.
- [14] 张谋草, Duan J S, 段金省, 等. 气候变暖对黄土高原区农作物生长和气候生产力的影响[J]. 资源科学, 2006, 28(6): 46–50.
- [15] 方修琦, 王 媛, 徐 铨, 等. 近 20 年气候变暖对黑龙江省水稻增产的贡献[J]. 地理学报, 2004, 59(6): 820–828.
- [16] 刘德祥, 郭俊琴, 董安祥, 等. 气候变暖对甘肃夏秋作物产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(4): 123–128.
- [17] 曾 凯, 周 玉, 宋忠华. 气候变暖对江南双季稻灌浆期的影响及其观测规范探讨[J]. 气象, 2011, 37(4): 468–473.
- [18] 韩 芳, 李兴华, 苗百岭, 等. 气候变化对内蒙古小叶杨叶芽开放期的影响[J]. 气象, 2010, 36(1): 91–96.
- [19] 陈慧慧. 气候变化对河南南部冬小麦播种期的影响[J]. 气象, 2005, 31(10): 83–85.
- [20] 荣云鹏, 朱保美, 韩贵香, 等. 气温变化对鲁西北冬小麦最佳适播期的影响[J]. 气象, 2007, 33(10): 110–113.
- [21] 陈新光, 王 华, 邹永春, 等. 气候变化背景下广东早稻播期的适应性调整[J]. 生态学报, 2010, 30(17): 4748–4755.
- [22] 王 华, 陈新光, 胡 飞, 等. 气候变化背景下广东晚稻播期的适应性调整[J]. 生态学报, 2011, 31(15): 4261–4269.
- [23] 黄毓华, 高 苹, 徐 萌, 等. 气候变暖对江苏省冬麦苗期的影响及对策的研究[J]. 气象, 2000, 26(9): 43–46.
- [24] 张 佩, 高 苹, 刘彦丽. 江苏省冬小麦播种期对气候要素变化的响应[J]. 气象科学, 2011, 31(6): 763–769.
- [25] 杨建堂, 梅旭荣, 刘 勤, 等. 气候变化背景下华北地区冬小麦生育期的变化特征[J]. 植物生态学报, 2011, 35(6): 623–631.
- [26] 戚存扣, 傅寿仲. 江苏油菜科学技术发展 50 年[J]. 江苏农业学报, 2010, 26(2): 430–436.
- [27] 杨 光, 石剑飞, 冷锁虎, 等. 江苏中部地区迟直播油菜低产原因的研究[J]. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2009, 30(2): 64–68.
- [28] 张树杰, 王汉中. 我国油菜生产应对气候变化的对策和措施分析[J]. 中国油料作物学报, 2012, 34(1): 114–122.
- [29] 张旭辉, 居为民. 江苏省近 40 年农业干旱发生规律[J]. 灾害学, 2000, 15(3): 42–45.