

2010 年小麦成熟期推迟的气候因子探析

杜黎君^{1,2}, 苏 晴¹, 孙海燕¹, 李友勇¹

(1. 河南科技学院 河南省高等学校作物分子育种重点学科开放实验室, 河南 新乡 453003;
2. 新乡市气象局, 河南 新乡 453003)

摘要: 从分析气候(温度)因子着手, 探讨 2010 年小麦晚熟的成因。选择 4 个年份, 其中 2001-2002 年和 2008-2009 年是暖冬年份, 2002-2003 年和 2009-2010 年是冷冬年份。研究结果表明, 年份之间小麦成熟期差异显著, 但这| 差异与生长期间的月平均气温、活动积温、有效积温、负积温、有效积温天数等相关性不显著, 而与 11 月至翌年 4 月间的 20℃以上温度累积天数(D20)相关达 0.1 显著水平。据此建立了回归方程 $y = 656.539 - 2.673x$ 。该方程可用来预测小麦生长期中所需 20℃以上温度的天数和成熟期等信息。如, 小麦 10 月上旬播种, 6 月初成熟, 11 月至翌年 4 月份至少需要 15~20 个 20℃以上温度日, 否则, 生育期推迟。该现象也暗示, 生育期内气温波动更有利于小麦的生长发育。

关键词: 小麦; 成熟期; 积温; 20℃以上温度累积天数(D20)

中图分类号: S512.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2011)05-0047-05

Analysis of Meteorological Factors for Delaying Wheat Maturity in 2010

DU Lijun^{1,2}, SU Qing¹, SUN Haiyan¹, LI Youyong^{1*}

(1. Key Discipline Open Laboratory for Crop Molecular Breeding of Henan Institute of Higher Learning, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China;
2. Xinxiang Meteorological Bureau, Xinxiang 453003, China)

Abstract: The data of meteorological factors, especially temperature, were analyzed to explore the reason of wheat late-maturing in 2010. Four years from 2001 to 2010 were selected for the analysis, of which 2001-2002 and 2008-2009 belonged to warm winter years, while 2002-2003 and 2009-2010 belonged to cold winter years. The results of analysis showed that the wheat mature periods were significantly different between years. The difference was not correlated with the monthly average temperature, active and effective accumulated temperature, negative accumulated temperature, and days of effective accumulated temperature. It had significant correlation with the days over 20℃ (D20) from November to next April. A regression equation, $y = 656.539 - 2.673x$, was established based on the correlation. From the equation two important parameters, D20 and mature period could be predicted. For example, if wheat sowing period was in the first ten days of October, and its maturation was expected in early days of June, 15 to 20 D20 would be needed during November to next April. Otherwise, the mature period would be delayed. The phenomenon also suggested that fluctuated temperature during the growing period was conducive to growth and development of winter wheat.

Key words: Wheat; Mature period; Accumulated temperature; Days over 20℃(D20)

收稿日期: 2011-02-08
基金项目: 河南省基础与前沿计划(102300410127)
作者简介: 杜黎君(1963-), 女, 河南南阳人, 工程师, 主要从事农业气象研究。E-mail: dulijun1963@yahoo.com.cn
* 通讯作者: 李友勇(1955-), 男, 河南济源人, 教授, 主要从事农学与生物技术研究。E-mail: liyouyong@163.com

小麦是河南主产作物, 关乎国家粮食安全保障。小麦的成熟期延迟, 遇到 6 月初的干热风, 会大幅减产, 而且推迟下季作物播期, 对夏粮丰产也有较大影响。因此, 弄清小麦成熟期的影响因素对指导生产有重要意义。

2009 年冬对华北来说是一个少见的低温年份, 降温早, 降雪大, 低温持续时间长, 来年 1- 3 月份高温天气少, 温度回升平稳, 没有大起大落波动。正是这一气候条件, 对越冬作物小麦的生长发育产生了较大影响, 2010 年小麦成熟期比往年推迟 7 d 左右。查阅气象资料发现, 2002 年冬与 2009 年冬相似, 也是一个低温年份, 平均气温接近, 小麦生长期均为 8.8℃, 但 2003 年的小麦成熟期与常年相近。这就出现了 2 个低温年份全生育期却有较大差异的现象。

小麦的生长发育受多种因素影响, 有品种的遗传因素, 如冬性和春性、早熟和晚熟等, 也有栽培和环境因素, 如土壤类型、播期、栽培方式、温度、光照等。人们已熟知活动积温和有效积温是典型气象因子指标, 这些因子的定量积累影响小麦生育期。为

了探讨影响小麦晚期的直接因素, 特进行了该研究。

1 材料和方法

1.1 供试品种

2001- 2009 年连续种植的 11 个小麦品种, 分别为早熟类型(抗性 2、偃展 1 号)、中熟类型(百农 68、新麦 11、新麦 13、A10、红叶舌)、以及中早熟类型(百农 3217、百泉 3039)、中晚熟类型(豫麦 54 号和大头麦)。

1.2 气象资料

气象资料来源于河南省新乡市气象局。新乡市地处豫北地区, 是优质小麦重要产区, 其资料对分析小麦品种特性有典型意义。

选取的年份分别是 2001- 2002、2002- 2003、2008- 2009、和 2009- 2010 年 4 个小麦生产季节年份, 其主要气象数据见表 1。根据气象资料和 11 个小麦品种的田间记载, 统计整理全生育期天数(也称生育期)、活动积温(AT)、有效积温(ET)、积温持续天数(D)、负积温(NT) 等温度气象因子参数, 具体见表 2。

表 1 4 个年份 10 月至次年 5 月主要温度记载℃

月份	2001- 2002 年	2002- 2003 年	2008- 2009 年	2009- 2010 年
10	15.8	14.6	16.8	17.7
11	8.1	6.8	9.6	4.2
12	5.0	0.2	2.7	1.6
01	3.3	0.0	0.0	- 0.2
02	7.1	3.8	5.0	3.4
03	12.2	8.5	10.0	8.2
04	15.7	15.3	16.0	13.6
05	20.1	21.3	22.7	22.0
生育期内平均	10.9	8.8	10.3	8.8
0℃活动积温ΣAT0	2423.4	2046.2	2491.9	2130.9
3℃活动积温ΣAT3	2376.8	2017.1	2419.0	1994.0
3℃有效积温ΣET3	1812.8	1522.0	1876.0	1526.0
3℃有效积温天数ΣD3	188.0	165.0	181.0	156.0
负积温ΣNT	- 17.5	- 84.7	- 49.1	- 85.5

表 2 11 个品种 4 个年份播种到成熟全生育期的生长天数和积温

品种	2001- 2002 年				2002- 2003 年				2008- 2009 年				2009- 2010 年			
	成熟期/ (月·日)	生长天数/ d	ΣT0/℃	ΣT3/℃	成熟期/ (月·日)	生长天数/ d	ΣT0/℃	ΣT3/℃	成熟期/ (月·日)	生长天数/ d	ΣT0/℃	ΣT3/℃	成熟期/ (月·日)	生长天数/ d	ΣT0/℃	ΣT3/℃
大头麦	06-02	237	2478.2	2431.6	06-03	235	2111.6	2082.5	06-02	237	2545.5	2472.6	06-10	245	2346.0	2236.1
豫麦 54 号	06-03	238	2507.5	2460.9	06-03	235	2111.6	2082.5	05- 31	235	2491.9	2419.0	06-07	242	2278.6	2168.7
百农 68	06-01	236	2451.4	2404.8	06-02	234	2092.2	2082.2	05-31	235	2491.9	2419.0	06-08	243	2301.7	2191.8
红叶舌	06-02	237	2478.2	2431.6	06-02	234	2092.2	2082.2	05-31	235	2491.9	2419.0	06-08	243	2301.7	2191.8
新麦 11	06-02	237	2478.2	2431.6	05-30	235	2018.7	1989.6	06-01	236	2518.3	2445.4	06-09	244	2322.5	2212.6

续表 2 11 个品种 4 个年份播种到成熟全生育期的生长天数和积温

品种	2001- 2002 年				2002- 2003 年				2008- 2009 年				2009- 2010 年			
	成熟期/ (月·日)	生长 天数/ d	ΣT0/ ℃	ΣT3/ ℃	成熟期/ (月·日)	生长 天数/ d	ΣT0/ ℃	ΣT3/ ℃	成熟期/ (月·日)	生长 天数/ d	ΣT0/ ℃	ΣT3/ ℃	成熟期/ (月·日)	生长 天数/ d	ΣT0/ ℃	ΣT3/ ℃
新麦 13	06-02	237	2 478.2	2 431.6	06-03	235	2 111.6	2 082.5	06-01	236	2 518.3	2 445.4	06-08	243	2 301.7	2 191.8
百农 3217	06-01	236	2 451.4	2 404.8	05-30	231	2 018.7	1 989.6	05-09	233	2 442.8	2 369.9	06-07	242	2 278.6	2 168.7
A10	06-02	237	2 478.2	2 431.6	06-01	233	2 073.0	2 043.9	05-29	233	2 442.8	2 369.9	06-08	243	2 301.7	2 191.8
3039	06-01	236	2 451.4	2 404.8	06-02	234	2 092.2	2 082.2	05-29	233	2 442.8	2 369.9	06-07	242	2 278.6	2 168.7
偃展 1 号	05-30	234	2 395.0	2 348.0	05-31	232	2 046.2	2 017.1	05-28	232	2 419.9	2 347.0	06-07	242	2 278.6	2 168.7
抗性 2	05-30	234	2 395.0	2 348.0	05-30	232	2 018.7	1 989.6	05-27	231	2 393.2	2 320.3	06-07	242	2 278.6	2 168.7

注: ΣT0 为 0℃ 以上活动积温, ΣT3 为 3℃ 以上活动积温

1.3 方法

气象资料和数据处理使用 Excel 软件, 显著性检验和相关分析参考南京农业大学等的统计及检验方法。

2 结果与分析

2.1 暖冬年份和冷冬年份的确定

从表 1 的生育期内平均气温、活动积温、有效积温、负积温等数据看, 2001- 2002、2008- 2009 年属高温暖冬年份, 2002- 2003、2009- 2010 属低温冷冬年份。

2.2 不同年份之间小麦全生育期差异分析

调查的 11 个小麦品种中, 其中 3 个年份是 10 月 8 日播种, 2002 年是 10 月 11 日播种, 于成熟期记载

生理成熟期。分析了 4 个年份之间, 以及 2 个暖冬年和 2 个冷冬年份之间的全生育期差数的差异(表 3), 结果表明, 暖冬年和冷冬年比较, 以小麦品种成熟期差异 2 d 为群体差异均数, 2001- 2002 年与 2002- 2003 年比较, 即使生育期平均气温有 2℃ 差异, 但生育期天数差异不显著; 2008- 2009 与 2009- 2010 年的暖/ 冷年份之间全生育期差异却达极显著水平。同样, 2002- 2003 和 2009- 2010 年 2 个冷冬年份的生育期也表现极显著差异。分析该差异, 也是由于 2009- 2010 年小麦全生育期延迟引起的。

这些结果说明 4 个年份之间, 甚至 2 个冷冬年份之间, 小麦全生育期天数之间的差异是显著的。

表 3 不同年份之间小麦全生育期差数的差异显著性分析

品种	年份之间全生育期天数之差/ d			
	2001- 2002/ 2002- 2003 (暖/ 冷年份)	2008- 2009/ 2009- 2010 (暖/ 冷年份)	2001- 2002/ 2008- 2009 (暖/ 暖年份)	2002- 2003/ 2009- 2010 (冷/ 冷年份)
大头麦	2.0	8.0	0.0	10.0
豫麦 54 号	3.0	7.0	3.0	7.0
百农 68	2.0	8.0	1.0	9.0
红叶舌	3.0	8.0	2.0	9.0
新麦 11	2.0	8.0	1.0	9.0
新麦 13	2.0	7.0	1.0	8.0
百农 3217	5.0	9.0	3.0	11.0
A10	4.0	10.0	4.0	10.0
3039	2.0	9.0	3.0	8.0
偃展 1 号	2.0	10.0	2.0	10.0
抗性-2	1.0	11.0	3.0	9.0
标准误	0.34	0.39	0.37	0.34
t 值	1.6	17.1**	0.25	20.7**

注: $t_{0.05, 10} = 2.228$, $t_{0.01, 10} = 3.169$

2.3 小麦生育期差异的成因分析

2.3.1 小麦生育期与负积温和 3℃ 活动积温累计天数(ΣD3) 的相关分析 负积温是年度气象因子的一个重要指标, 反映年份低温强度。以 11 个小麦

品种全生育期天数为依变数, 4 个年份负积温为自变数, 相关分析结果见表 4。从表 4 可看出, 11 个相关系数差异不显著。该结果说明, 负积温指标不是 4 个年份的生育期差异的直接原因。

以 11 个小麦品种全生育期天数为依变数, 以 4 个年份 3℃活动积温累计天数($\Sigma D3$) 为自变数, 相关分析结果表明, 11 个小麦品种相关也不显著(表 4)。

表 4 11 个小麦品种全生育期与负积温(NT) 和 3℃活动积温天数(D3) 的相关分析

品种	不同年份全生育期天数/d				生育期与 ΣNT 相关系数 r_l	r_l 的 t 值	全生育期与 $\Sigma D3$ 相关系数 r^2	r^2 的 t 值
	2001- 2002	2002- 2003	2008- 2009	2009- 2010				
大头麦	237	235	237	245	- 0. 367 8	- 0. 559 4	- 0. 601 6	- 1. 065 2
豫麦 54 号	238	235	235	242	- 0. 182 0	- 0. 261 8	- 0. 474 4	- 0. 762 2
百农 68	236	234	235	243	- 0. 359 0	- 0. 543 9	- 0. 608 9	- 1. 085 4
红叶舌	237	234	235	243	- 0. 257 7	- 0. 377 1	- 0. 528 9	- 0. 881 4
新 11	237	235	236	244	- 0. 359 0	- 0. 543 9	- 0. 608 9	- 1. 085 4
新 13	237	235	236	243	- 0. 332 9	- 0. 499 2	- 0. 586 9	- 1. 025 2
百农 3217	236	231	233	242	- 0. 129 3	- 0. 184 4	- 0. 413 7	- 0. 642 6
A 10	237	233	233	243	- 0. 208 3	- 0. 301 2	- 0. 497 0	- 0. 810 0
3039	236	234	233	242	- 0. 348 1	- 0. 525 0	- 0. 619 4	- 1. 115 9
偃展 1 号	234	232	232	242	- 0. 386 1	- 0. 591 8	- 0. 641 8	- 1. 183 7
抗性-2	234	233	231	242	- 0. 455 9	- 0. 724 4	- 0. 708 1	- 1. 418 3
ΣNT	- 17. 5	- 84. 7	- 49. 1	- 85. 5				
$\Sigma D3$	188	165	181	156				

注: $t_{0.05, 2} = 4. 303$ $t_{0.1, 2} = 2. 920$ (由于自变量为 4, 统计概率取 0. 05 和 0. 1)

2. 3. 2 小麦生育期与活动积温和有效积温的相关分析 活动积温和有效积温是与作物生长发育密切相关的 2 个气象因子, 在比较不同作物, 或同一作物不同播期、不同生育期类型时有重要意义。但在同一作物同一年份中, 活动积温和有效积温与生育期是一个数据的不同表达形式, 生育期长, 活动积温高, 反之则低, 相关系数为 1。因此, 表 2 的 0℃和 3℃活动积温与全生育期生长天数, 统计上是平行的, 有效积温是一定差数的活动积温, 统计上也是平行的。

当把 11 个品种的全生育期天数与对应年份 5 月 31 日以前的活动积温和有效积温(表 1) 做相关分析时, 发现各个品种的相关系数均不显著(分析结果略), 说明年份之间活动积温和有效积温也不能解

释生育期的差异。

2. 3. 3 不同年份 20℃以上温度持续天数(D20) 的相关分析 为了进一步探讨 2 个冷冬年份小麦成熟期和生育期出现较大变异的原因, 提出了一个二级数据, 即生育期间前中期较高温度积累的天数。小麦生长的三基点最适温度是 20~ 22℃, 因此把大于 20℃温度作为一个温度点, 用 D20 表示, 来考察生长期出现最适温度以上天数的积累对小麦生长发育的影响。拟合了 4 个年份 11 月和 12 月到来年 3 月和 4 月大于 20℃温度的的累积天数, 发现 11 月- 翌年 4 月的累积天数与 4 个年份的生育期相关性最大(表 5)。从表 5 可看出, 其中 5 个品种的相关达 0. 1 显著水平, 抗性-2 品种接近 0. 05 显著水平。

表 5 11 个小麦品种全生育期与 11 月- 翌年 4 月的 D20 的相关分析

品种	不同年份全生育期天数/d				生育期与 D20 的 r^2	r^2 的 t 值
	2001- 2002	2002- 2003	2008- 2009	2009- 2010		
大头麦	237	235	237	245	- 0. 889 0	- 2. 745 5
豫麦 54 号	238	235	235	242	- 0. 818 7	- 2. 016 3
百农 68	236	234	235	243	- 0. 901 7	- 2. 950 0
红叶舌	237	234	235	243	- 0. 858 2	- 2. 364 1
新 11	237	235	236	244	- 0. 901 7	- 2. 950 0
新 13	237	235	236	243	- 0. 889 9	- 2. 759 1
百农 3217	236	231	233	242	- 0. 783 9	- 1. 785 8
A 10	237	233	233	243	- 0. 834 2	- 2. 139 5
3039	236	234	233	242	- 0. 903 5	- 2. 981 4
偃展 1 号	234	232	232	242	- 0. 921 3	- 3. 350 6
抗性-2	234	233	231	242	- 0. 945 9	- 4. 121 9
D20	32	25	32	5		

注: $t_{0.05, 2} = 4. 303$ $t_{0.1, 2} = 2. 920$

在相关分析的前提下, 以 11 个品种生育期为自变数 x , 以大于 D20 为因变数 y , 建立了 11 个品种的回归方程: $y = 656.539 - 2.673x$ 。该方程的意义是, 在一定的播期下, 给定预期成熟期, 可估计出在 11- 4 月需要的大于 20℃ 温度的累计天数。反之, 可预测成熟期(表 6)。这是一个单一因素的简单预测, 如果考虑小麦的早、中、晚熟, 分类建立回归方程, 其预测会更准确。

表 6 回归方程 $y = 656.539 - 2.673x$ 的预测效果

播种期/ (月-日)	6月2日成熟的 生育期天数(x)/d	需要的> 20℃温度 累计天数(y)/d
10-05	241	18
10-06	240	19
10-07	239	21
10-08	238	23
10-09	237	24
10-10	236	26
10-11	235	28
10-12	234	30

3 讨论

如前所述, 小麦生长发育受多种因素影响, 有品种因素, 也有栽培和环境因素, 后者往往影响更大。在正常年份, 华北地区小麦 10 月上中旬播种, 5 月底到 6 月初成熟。2009 年是冷冬年份, 小麦正常播种, 2010 年成熟期推迟明显, 分析结果表明, 不是人们已熟知的活动积温和有效积温的作用, 也不是冷冬年份负积温的作用, 而是在前、中生育期内, 高于 20℃ 以上温度的积累天数偏少的原因。

2002- 2003 年也是冷冬低温年份, 但 2003 年的小麦成熟期与常年相同。查阅 2003 年气象资料, 2 月 17、18 日连续 2a 有 15℃ 以上温度回升, 3 月 20- 31 日有 7d 20℃ 以上温度, 其中 2d 高于 25℃, 这些较高温度是 2010 年所没有的, 2010 年在 2、3 月份仅有 1d 的温度大于 20℃, 即 3 月 19 日为 23.6℃。因此, 2003 年的正常成熟有气象依据, 2010 年则缺乏这些必要的发育条件。

2010 年的温度回升是平稳的, 2- 4 月份没有大

的波动温度, 6 月初也没有出现人们最担心的干热风气候, 这是 2010 年小麦生产的幸运, 也是探讨生育期与气象因子关系的难得数据。假设 2010 年 6 月初出现干热风, 小麦的成熟期必将提前, 这使小麦生长的积温定律、发育阶段定律以及波动温度对生育期的影响等因素都被掩盖, 因为 6 月上旬出现的 32℃ 以上气温已是小麦的三基点最高温度, 该温度持续 2~ 3d, 将结束小麦的生命周期。

高于 20℃ 以上温度对小麦生育期的影响, 其实质仍然是温度促进生长发育的结果, 该最适温度可能对前中期发育有质的促进, 反映到温度上, 这个结果的特殊性在于, 在平均气温一定的情况下, 波动温度更有利小麦生长发育。但这种波动型温度如何促进小麦生长发育进程, 有待深入研究和观察。

根据生育期与 D20 的相关建立的回归方程, 可以对小麦生产上的生育期和 20℃ 以上的气温累积日数有一个基本判断。在小麦前中期发育期内, 高于 20℃ 以上的气温, 对小麦正常抽穗和成熟很重要, 在 11- 4 月期间, 这个温度持续天数需要 20d 以上, 低于这个数值, 小麦生长发育延缓, 成熟期将推迟。播种期提前, 这个指标值将减少。

参考文献:

[1] 曹广才, 吴东兵. 播种至生理拔节期间的积温对冬型小麦品种生育天数的影响[J]. 农业新技术, 1990(3): 6-9.

[2] 邵会通, 赵宗武. 小麦播期与积温相关性研究[J]. 河南农业科学, 1984(9): 8-10.

[3] 刘乃壮. 南方小麦积温特性的分析[J]. 江苏农业科学, 1979(1): 7-12.

[4] 南京农业大学. 田间试验和统计方法[M]. 2 版. 北京: 农业出版社, 1979: 200-218.

[5] 张定一, 党建友, 王姣爱, 等. 水地小麦产量品质同步提高栽培技术研究[J]. 山西农业科学, 2010, 38(7): 35-43.