

# 黄淮麦区冬小麦拔节期的时空变化研究<sup>\*</sup>

钟秀丽 王道龙 李玉中 赵鹏 闫旭宇 孙忠富

(中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所 100081 北京)

**摘要** 依据黄淮麦区及其周边地区的 36 个农业气象观测站 20a 的观察资料,分析了影响冬小麦拔节期的主要因子;建立了已拔节概率随时间变化的方程,分析其重要参数的地区分布。并讨论了造成地区差异的原因和生产应用上的问题。

**关键词** 黄淮麦区 冬小麦 拔节期 时空变化

**Temporal-spatial variation of elongating time of wheat in Huang-Huai wheat production area.** ZHONG Xiu-Li, WANG Dao-Long, LI Yu-Zhong, ZHAO Peng, YAN Xu-Yu, SUN Zhong-Fu (Institute of Agro-Environment and Sustainable Development, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China), *CJEA*, 2007, 15(2): 22~25

**Abstract** Twenty years data of winter wheat elongating time, varieties, vernalization feature, and average air temperature of every 10 days in spring, occurrence and injury of frost, etc. were collected from 36 agro-meteorological observation stations, which are located in Huang-Huai wheat production area and its around areas. With these data, the main factors that affect the elongating time of winter wheat were analyzed; the function on accumulative probability with time was established and the variations of some main parameters in this area were also analyzed. Finally, the causes for the variation in parameters were discussed and the guidance for the practical production was also proposed.

**Key words** Huang-Huai wheat Production area, Winter wheat, Elongating time, Temporal-spatial variation

(Received April, 19, 2005; revised July 12, 2005)

冬小麦拔节期是决定每穗小穗数、单位面积穗数和成穗率的重要时期,所以是栽培管理的关键时期<sup>[1]</sup>。拔节后小麦抗冻力明显减弱,遇到足以造成伤害的低温常发生霜冻,叶片、幼穗受害,影响产量,因此小麦拔节期是霜冻敏感期<sup>[2,3]</sup>。黄淮麦区是我国小麦主产区,是小麦霜冻害的多发地区。拔节期的地区差异和年际变化都很大。研究拔节期时空变化规律,可以为指导栽培管理和制定霜冻防御对策提供依据。

## 1 研究方法

研究的数据主要来源为农业气象观测站小麦物候期的系统观测记录。为反映当地的一般情况,选择适时播种、种植当地主栽品种的地段的连续观测记录。同时,为了揭示拔节期的变化规律,并使结果能与周围地区相衔接,选取黄淮麦区及其周边地区具有代表性的 36 个农业气象观测站,收集 1981~2000 年逐年的小麦拔节期、栽培品种及其春化特性、春季各旬的平均气温和霜冻发生与危害情况资料,分析黄淮麦区冬小麦拔节期的时空变化规律。

## 2 结果与分析

### 2.1 影响拔节期的主要因素

温度。日平均气温回升到 0℃时冬小麦开始返青。为了解返青后温度对拔节期的影响,统计历年初春(多年平均超过 0℃的下一旬~最早拔节期的前一旬)的平均温度,与各年拔节期进行回归分析,求出二者的相关系数  $R$ 。计算结果显示各站的  $R$  均为负值,表明初春温度偏高具有提早拔节的作用,反之则推迟拔节。 $R$  值比较分析表明,各站  $R$  值的差异很大; $R$  值高的站历年种植的品种变化很小,如莱阳站 20a 中有 15a 种植烟农 15 号, $R$  为 -0.78,达极显著水平; $R$  值较高的站一般是历年品种更换较多,但春化特性相同,如运城站,前后换了 11 个品种,但都是半冬性的, $R$  = -0.53,达显著水平; $R$  值低的站往往是品种更换多,而且

\* 科技支撑计划项目(2006BAD04B08)资助

收稿日期:2005-04-19 改回日期:2005-07-12

春化特性差异大,如安康站更换10个品种,而且有半冬性和春性交替,  $R = -0.13$ , 相关不显著。可见在研究初春温度对拔节期的影响时要考虑品种因素。

品种。在播种期相同的条件下,不同品种的拔节期往往有明显差异。如河南省商丘市2003年的品种比较试验发现,春性品种在3月17日前后拔节,半冬性品种在3月25日前后,而强冬性品种在4月11日左右,拔节期最大相差25d。返青~拔节期的积温差达 $290^{\circ}\text{C}$ 。然而,同样这几个品种在北京地区种植,春性品种在4月5日前后拔节,半冬性品种在4月7日,强冬性品种在4月11日,拔节期最大相差仅6d。可见品种对拔节期的影响随地区而异,南部地区影响较大,北部地区影响较小。商丘北京两地的春季的气候差异很大,春性品种在商丘的拔节期比在北京早18~19d,半冬性品种早13~15d,而冬性品种仅早0~2d。说明春性品种在不同地点种植拔节期变化较大,而冬性品种则较小。

生产上种植的选择品种是受农业气候条件制约,冬季严寒的地区只有种植冬性品种,安全越冬的比率才比较高。反之冬季温暖的地区,只有春性品种才能够通过春化阶段而抽穗结实。唐山地区越冬期负积温达 $-300^{\circ}\text{C}$ 左右,历年种植冬性品种。肥乡的负积温减少到 $-200^{\circ}\text{C}$ 左右,有些年份种植冬性品种,另一些年份种植半冬性品种。濮阳的负积温减少到 $-100^{\circ}\text{C}$ 左右,多数年份种植半冬性品种,少数年份种植春性品种。兴化的负积温是零,历年都种植春性品种。即一个地方种植的品种可以很多,但都具有相近的与当地气候条件相适应的春化特性。故在一个地区生产上观察到的品种拔节期的差异小于品种比较试验中观察到的差异。

播期。分期播种试验证明,晚播能推迟拔节。但拔节期的推迟小于播期的推迟。小麦适播期内晚播10d,在北京地区拔节期只能推迟0~2d,在商丘则推迟3~5d。在黄淮麦区,既可种植半冬性品种,又可种植春性品种,可供选用的品种很多。前茬作物收获很早的年份,如果播种春性品种,则拔节期必将明显提早,遭受霜冻害的危险性增大,所以通常改用偏冬性品种,以推迟拔节期,避免霜害。在晚播的年份,则多种偏春性品种,避免拔节期推迟太多而加大灌浆期遭受高温、干热风的风险。这种人为的调整使得播种期对拔节期的影响变小。

## 2.2 平均拔节期的地区分布

由于每年种植的品种、温度、播期不同,同一观测站点不同年份的拔节期早晚不同,两年拔节期相同的情况很少出现。故采用多年拔节期的平均值反映当地拔节的一般日期。根据20a的资料,36个站的平均拔节期见表1。从表1可以看出温度和种植品种相近的站的平均拔节期相近,如阜阳和南阳的温度相近,且均是多数年份种植春性品种,少数年份种植半冬性品种,两地平均拔节期相差很小。种植品种相近,温度条件不同,则拔节期随温度而变,如信阳、徐州、商丘和濮阳都是多数年份种植半冬性品种,少数年份种植

表1 部分站点的平均拔节期

Tab.1 Average elongating time of winter wheat in some counties

站点 Agro-meteorological observation stations	平均拔节期 (日/月) Average elongating time (day/month)	标准差 Standard errors	种植品种 Varieties		
			多数年份 In most years	少数年份 In a few years	个别年份 In several years
合肥	20.4/03	10.7	春性		半冬性
阜阳	20.8/03	8.4	春性	半冬性	
凤阳	26.6/03	13.2	半冬性	春性	
信阳	22.5/03	13.8	半冬性	春性	
南阳	20.5/03	6.3	春性	半冬性	
驻马店	23.2/03	9.0	半冬性		春性
郑州	23.9/03	8.4	半冬性	春性	冬性
商丘	28.9/03	5.7	半冬性	春性	
新乡	30.3/03	8.2	半冬性		春性
濮阳	1.0/04	6.8	半冬性	春性	
兴化	19.3/03	9.1	春性		
徐州	24.1/03	10.6	半冬性	春性	
滨海	27.5/03	7.8	半冬性		春性
菏泽	1.0/04	7.8	半冬性		冬性
临沂	8.0/04	4.4	冬性	半冬性	
泰安	8.3/04	5.0	冬性	半冬性	
梁城	9.5/04	4.0	冬性	半冬性	
肥乡	8.9/04	2.6	半冬性	冬性	
黄骅	19.7/04	3.6	冬性		半冬性
临汾	11.5/04	4.6	冬性	半冬性	
太谷	20.2/04	7.1	冬性	半冬性	
万荣	8.8/04	4.0	冬性		

春性品种,但是温度条件不同,信阳最暖,小麦在冬季仍能生长,后 3 个站的温度按顺序逐步降低,返青期分别为 1 月中旬、1 月下旬和 2 月上旬,拔节期也依序推迟。种植的品种和温度都差异很大,则平均拔节期差异也会很大。如合肥、菏泽和黄骅,多数年份种植的品种分别为春性、半冬性和冬性,合肥温暖,小麦在冬季不停止生长,菏泽和黄骅的返青期分别在 1 月下旬和 2 月中旬,因此菏泽的拔节期比合肥推迟 11.6d,黄骅比菏泽推迟 18.7d。

如上所述,温度条件是决定种植品种的重要因素。平均拔节期又主要决定于品种和温度条件,所以拔节期的地区分布与温度的地区分布相似。平均拔节期南北差异大,东西差异小。南部温暖,多数年份种植春性品种,返青~拔节需要的积温少,拔节期在 3 月 21 日以前。中部地区温度较低,多数年份种植半冬性品种,1 月中、下旬返青,拔节期在 3 月 22 日~4 月 5 日。北部地区气候寒冷,多数年份种植冬性品种,2 月上旬后返青,返青~拔节需要的积温较多,拔节期在 4 月 6 日~4 月 20 日。由合肥到黄骅约 750km,拔节期相差约 30d。东西方向上平均拔节期的差异也可以用温度和种植品种来解释。临汾、新乡、菏泽和临沂 4 个站纬度相近,临汾在太行山以西,海拔高,温度低,多数年份种植冬性品种,拔节期很晚;新乡和菏泽在太行山以东下沉气流形成的较高气温区内,多数年份种植半冬性品种,拔节期较早;临沂温度较低,多数年份种植冬性品种,拔节期较晚。因此等拔节期线在太行山以东向北突出,在山西和近太平洋向南弯曲。临汾到临沂相距约 690km,拔节期最大差仅 12d。

### 2.3 拔节期变化的时间趋势

各站拔节期的年际变化较大,最早和最晚的差值 10~50d。对各站拔节期与年份进行回归分析表明,有

表 2 部分站点的  $K$  值及有关参数

Tab. 2 The  $K$  value and some relevant parameters calculated from data provided by different agro-meteorological observation stations

组别 Group No.	站点 Agro-meteorological observation stations	$K$	$a$	$R^2$	进入拔节期的 日序 Gregorian day of elongating
1	信阳	0.1205	5.46	0.96	57
1	驻马店	0.1909	10.72	0.76	61
1	郑州	0.2239	13.80	0.93	69
1	濮阳	0.2669	17.20	0.97	75
1	肥乡	0.5543	50.27	0.94	93
1	栾城	0.5399	48.75	0.95	93
2	合肥	0.1300	5.07	0.94	52
2	凤阳	0.1144	4.80	0.79	55
2	徐州	0.1476	7.57	0.93	65
2	泰安	0.3462	19.83	0.92	92
2	黄骅	0.4578	45.19	0.95	101
2	唐山	0.4157	45.96	0.92	104
3	滨海	0.2380	17.61	0.87	74
3	淮阴	0.1266	5.96	0.86	65
3	宿州	0.2430	15.98	0.93	75
3	商丘	0.3159	22.80	0.91	77
3	卢氏	0.2069	14.56	0.91	78
3	商县	0.3227	26.72	0.99	88
4	临沂	0.3915	33.54	0.97	91
4	菏泽	0.2258	18.02	0.92	84
4	新乡	0.2168	14.56	0.76	75
4	运城	0.3327	25.71	0.98	82
4	万荣	0.4676	41.31	0.91	92
4	临汾	0.3988	35.42	0.98	92

14 个站的相关系数达到显著或极显著水平,且为负值,说明 39% 的站点这 20a 里拔节期有可信的提早趋势,平均提早速率为 0.8d/a。这些站点多数分布在华北平原的黄河以北和渭河平原。相关系数不显著的有 22 个站,其中 18 个站为负值,4 个站为正值。说明 61% 的站这 20a 里拔节期没有可信的提早趋势。这些站点分布在淮河平原和秦岭到豫西山地附近。

### 2.4 拔节期的概率分布

分析各站 20a 的资料可以看出拔节很早的情况出现概率很小;随时间推移,概率逐渐增大,到平均拔节期前后达到最大;之后又逐渐减小。以商县为例,3 月 28~30 日这一时段进入拔节期的概率仅为 5%;随后逐渐增大,到 4 月 6~8 日达

30%;之后又逐渐下降,到4月15~17日仅为5%。概率随时间的变化呈偏态分布。如果某日出现严重低温,那么这一天之前已经拔节的小麦可能遭受霜害,该日之前各时段进入拔节期的概率之总和为拔节概率。严重低温出现时已拔节概率越大可能造成的损失越重。各站已拔节概率随时间的变化曲线都是前期缓慢增大、中期迅速增大、之后增长逐渐减慢的S型。用 Logistic 方程拟合实测数据:

$$P = \frac{100}{1 + 99e^{-(kd+a)}} \quad (1)$$

式中, $d$ 代表日序, $P$ 为第 $d$ 日的已拔节概率。 $k$ 和 $a$ 是回归系数。用上述方程拟合各站点的资料,得出相应的相关系数 $R$ 和回归系数。结果表明除驻马店和新乡各站点 $R^2$ 均在0.84以上,达到极显著水平。各站的 $k$ 值差异很大,小的只有0.1,大的达0.5。凤阳的 $k$ 值只有0.1144,已拔节概率 $P$ 随日序 $d$ 增大很慢,由5%到100%用了51d;郑州 $k$ 值为0.2239, $P$ 由5%到100%用了29d;运城 $k$ 值为0.3327,增加同样的概率用了19d;肥乡 $k$ 值为0.5543, $P$ 由5%达到100%只用11d。可见 $k$ 值决定已拔节概率随时间增大的速率,是一个重要的参数。表2列出部分站点的 $k$ 值及有关参数。第1、2组分别列出114°E和118°E附近几个站的数据,可以看出 $k$ 值由南向北逐渐增大,第1组栾城、肥乡一带最大、信阳、驻马店最小,第2组的唐山、黄骅一带最大,凤阳、合肥最小;序列3、4分别列出34°N和41°N附近几个站的数据,序列3的 $k$ 值由东向西是波动的,没有明显的趋势,序列4有先波动后增大的趋势,在运城、临汾盆地 $k$ 值最大。

### 3 小结与讨论

本试验表明造成平均拔节期地区差异的主要原因是温度。冬季温度决定种植品种的春化特性,而春性品种拔节较早,冬性则较晚。春季温度高低对拔节期有明显影响。平均拔节期的地区分布与温度的地区分布相似,取决于纬度、海拔高度、离海岸远近和地形地势<sup>[4,5]</sup>等因素。20a来全球气候明显变暖,但是黄淮麦区61%的站点拔节期的逐年变化没有显著的提早趋势。分析其原因,一是这些站点初春温度没有变暖趋势,或者虽有变暖趋势但变暖速率很小;二是品种变化很大,甚至有春性和半冬性的反复更换。

$k$ 值决定已拔节概率随时间增大的速率,其大小与品种和温度有关。寒冷地区种植的冬性品种冬前不进入幼穗分化阶段,拔节早晚取决于返青到拔节期的温度。拔节期年际变化小,已拔节概率在20d左右的时间内由0增大到100, $k$ 值较大。温暖地区种植的春性品种,播种后一个月就进入幼穗分化期<sup>[6]</sup>,此时期到拔节期时间长达100d左右,各个时段的温度变化都影响拔节期的早晚,拔节期变化大, $k$ 值较小。太行山东麓到运城、临汾盆地的 $k$ 值相对较高,是因为气流由黄土高原、太行山沿坡下沉增温<sup>[7,8]</sup>,初春温度升得快,拔节期变化较小所致。

灌拔节水是许多地方重要的增产措施,拔节期的地区分布可以为制定合理的调水配水计划提供参考。拔节后霜冻害是生产上的一个问题,躲避和抗御是两个主要的防霜途径。有些地方历年的拔节期比较集中( $k$ 值较大),通过调整品种、播期和采用镇压等措施,使拔节期推迟,从而大大减轻遭霜害的危险。这类地区可采用以躲避为主的途径。另一些地方历年的拔节期早晚差异很大( $k$ 值较小),躲避措施对减轻霜害风险的作用比较小,应该采取以抗为主的途径,如种植抗霜力强的品种,喷洒抗霜制剂等<sup>[9]</sup>。因此 $k$ 值可以为制定防御对策提供依据。

### 参 考 文 献

- 1 金善宝.中国小麦学.北京:中国农业出版社,1996,600~616
- 2 华东农业研究所,安徽省人民政府农业厅淮北小麦工作组.安徽宿县地区1954年4月20日小麦春霜冻害调查.华东农业科学通报,1954(9):1~15
- 3 卜慕华等.1953~1954年山西省小麦春霜冻害的调查研究.北京:财经出版社,1957
- 4 张家诚,林之光.中国气候.上海:上海科学技术出版社,1985
- 5 江爱良.橡胶树北移的几十个农业气象问题.农业气象,1983,4(1):9~21
- 6 河南省农业科学院.河南省小麦栽培学.郑州:河南科学技术出版社,1988.89~102
- 7 顾庭敏.华北平原气候.北京:气象出版社,1991,25~38
- 8 钱林清,郑炎谋,郭慕萍,等.山西气候.北京:气象出版社,1991.43~83
- 9 钟秀丽.近20年来霜冻害的发生与防御研究进展.中国农业气象,2003,24(1):4~6