

积温对冬小麦茎、叶 及生物学产量形成的影响*

陶炳炎 汤志成 张定琪 朱益安

(江苏省气象科研所) (建湖县气象站) (海安县气象站)

提 要

本文根据江苏省三麦气象研究协作组九个试验点1982—1983、1983—1984两个年度的田间试验资料,在建立叶龄和有效积温模式的基础上得出冬小麦济南13号和扬麦4号每生长一片叶片需有效积温85.5℃和81.8℃。分析了小麦单株不同蘖序的出生和出苗后积温的关系为三次抛物线;对不同地区的小麦茎蘖消长与积温之间的关系建立了每亩总茎蘖数积温模式;探讨了不同蘖序的分蘖对产量的贡献及不同时期的分蘖成穗特征。讨论了积温对叶、茎和生物学产量的影响。

气象条件特别是温度条件影响着冬小麦茎蘖和叶片的生长。掌握其规律,对指导冬小麦生产有着积极的意义。这一方面,国内已有许多研究^[1-4];考虑到用积温指标来讨论这方面问题既可以研究各地季节和年度间的差别,又可以研究不同地区间的差异。故本文应用近两年来江苏省三麦气象研究协作组的多点田间试验资料,研究积温对冬小麦的叶龄、叶面积、茎、蘖生长等农艺性状,以及对产量的影响,分析其规律,目的在于为我省各地冬小麦生产如何充分利用气候资源,趋利避害,夺取高产提供气象依据。

一、资 料 来 源

从1982年秋播开始,连续两年对冬性品种济南13号和春性品种扬麦4号,按统一方案,采用地理分期播种方法,进行了田间试验。1982年秋播每隔7天一个播期,共8

1986年4月4日收到,12月23日收到修改稿

* 本文为江苏省三麦气象研究协作组工作的一部分。该协作组由江苏省气象科学研究所、南京气象学院农气系及徐州市农气试验站、镇江市农气所、淮阴、灌云、建湖、兴化、海安、昆山等气象站组成。张建南同志参加本文的部分统计分析工作

期。1983年秋播每隔10天一个播期,共6期。播种量由前两期每亩7.5千克逐步随播期的后移而加大到最后两期每亩15千克。小区面积1982年22.2平方米,1983年为16.7平方米,重复两次。施肥管理水平中等,各点都按统一方案进行。分蘖和叶龄采取挂牌定株追踪连续观测;叶面积指数采用称重法求算;最后考种推算理论产量。在试验中,还辅以遮光处理,通过不同的光照强度,研究光照条件对小麦分蘖及产量的影响。气象资料采用各试验点所在县的气象站资料。

二、积温对冬小麦叶片生长的影响

1. 叶龄与积温的相关关系

冬小麦一生中总叶片数的多少主要受温度条件的影响。两年试验结果表明,江苏省南北各地在同样条件下播种,北方总叶片数大于南方;而同一地区总叶片数则随播期的推迟而逐渐减少,但不同品种间有些差异。冬小麦济南13号最早播的与最迟播的相比(播期相差50~60天),总叶片数少3—4片。同期播种,两年间总叶片数也不稳定,徐淮地区差异较大,江南地区差异较小。据两年资料对比分析,同样是在10月10日播种的济南13号,在淮北总叶片数两年相差1.1片,苏南相差0.1片;10月20日播种的扬麦4号,总叶片数淮北相差0.9片,苏南地区相差0.1片(表1)。

表 1 不同地区不同播期总叶龄

品 种	播 种 日 期	淮 北		江 淮		苏 南	
		1983	1984	1983	1984	1983	1984
济 南 13	10/10	13.6	12.5	14.1	13.8	13.3	13.4
	20/10	12.6	11.2	12.8	13.5	12.1	13.5
	30/10	11.7	10.5	12.2	12.7	11.6	12.4
扬 麦 4号	10/10	—	11.9	11.8	11.5	—	—
	20/10	12.0	11.1	11.8	11.9	11.3	11.2
	30/10	11.0	9.6	10.9	10.4	10.3	10.3

上述之叶片数地区及年际间的变化,是由于各地年际间温度的不稳定性造成的。因此使用一般的叶龄模式时应根据当地具体年份的天气气候条件的变化,分析各品种播期的早晚等因素进行推算,才能有较好的实际效果。

为了定量地描述叶龄与积温关系,我们利用1983年适期播种的扬麦4号与济南13的叶龄观测资料,根据文献[5]分别取1℃作为淮北、0℃作为江淮和苏南地区小麦生长的下限温度(下文中有有效积温下限温度均按此,不另加说明),统计出苗后的有效积温和相应叶龄的关系(如图1、图2)。建立叶龄与积温的直线关系为

$$N_{\text{济}} = 0.2304 + 0.0117 \sum T \quad (r = 0.9910, n = 29) \quad (1)$$

$$N_{\text{扬}} = 0.4194 + 0.0122 \Sigma T \quad (r = 0.9892, n = 37) \quad (2)$$

式中 $N_{\text{济}}$ 、 $N_{\text{扬}}$ 分别表示济南13号、扬麦4号的叶龄数, ΣT 为出苗后的有效积温; r 为相关系数, n 为样本数, 下同。

由(1)、(2)式可分别推算出济南13、扬麦4号每长一片叶各需有效积温 85.5°C 、 81.8°C 。这与文献[1]冬小麦农大129 每长一片叶需 83.4°C 积温的结论基本一致。在生产上还可以用(1)、(2)式进一步推算济南13和扬麦4号的适宜播种期。如扬麦4号越冬前需有6张叶片, 则需有效积温 450°C 左右, 故各地可从气温稳定通过 0°C (淮北为 1°C) 的终日起向前推算, 当积温达 450°C 时的日期即为预期的出苗日期, 然后再根据当时的天气、土壤墒情等情况, 播种的适宜日期便可确定。

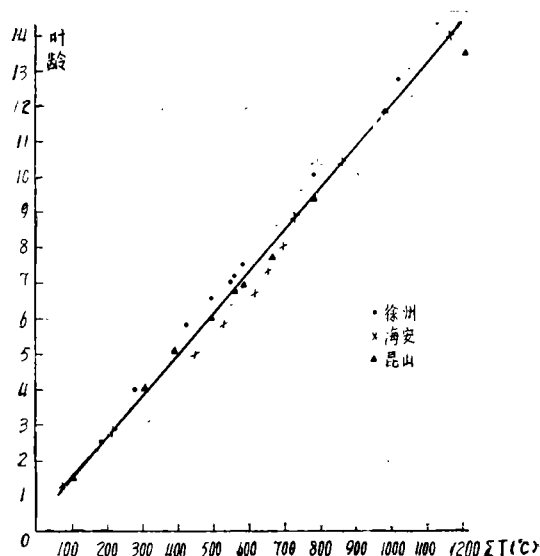


图1 济南13的叶龄与积温

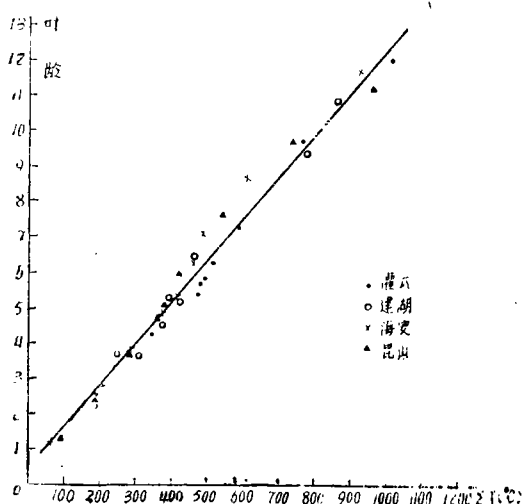


图2 扬麦4号的叶龄与积温

2. 叶面积指数的积温模式

叶面积指数 (I) 与出苗后的积温 (ΣT) 之间的关系可用三次抛物线来拟合。以北部徐州、中部兴化、南部镇江三地扬麦4号10月17日播期资料为例, 其关系式为

$$I_{\text{徐}} = 1.5551 - 1.7908 \times 10^{-2} \Sigma T + 5.9299 \times 10^{-3} (\Sigma T)^2 - 3.4015 \times 10^{-8} (\Sigma T)^3$$

$$(n = 10, r = 0.9994, F = 1693)$$

$$I_{\text{兴}} = 1.3556 - 1.3434 \times 10^{-2} \Sigma T + 4.6003 \times 10^{-5} (\Sigma T)^2 - 2.5255 \times 10^{-8} (\Sigma T)^3$$

$$(n = 14, r = 0.9776, F = 72)$$

$$I_{\text{镇}} = 1.3967 - 1.0592 \times 10^{-2} \Sigma T + 2.284 \times 10^{-5} (\Sigma T)^2 - 9.6241 \times 10^{-9} (\Sigma T)^3$$

$$(n = 15, r = 0.9165, F = 19)$$

式中 F 为回归方程显著性检验值。

扬麦 4 号的其它各个播期以及济南 13 的叶面积指数与积温 (ΣT) 之间都存在着 $N = a_0 + a_1 \Sigma T + a_2 \Sigma T^2 + a_3 \Sigma T^3$ 形式的关系, 仅仅是系数不同而已。

叶面积指数的大小, 反映着群体生长状态, 建立合理的高光效群体结构, 是生产上十分关心的问题。从徐州、海安、镇江三地叶面积指数动态曲线可以看出, 当出苗后积温达 1100°C 时叶面积指数达 $7.5-8.0$, 产量表现最高。过早或过迟达到这个指标, 产量均会下降。

三、分蘖动态与积温

冬小麦分蘖消长动态, 对于适时促控, 建立合理的高产群体, 有着重要的意义。试验表明在土壤肥力、管理措施大致相同的条件下, 气温的高低是影响小麦分蘖出生的主要因子。以济南 13 为例, 选取淮北徐州、江淮建湖、苏南镇江三地同期播种基本苗相近的分蘖动态资料 (图 3), 求得各地出苗后的积温与每亩总茎蘖 (Z) 的动态模式

$$Z_{\text{徐}} = -79.7663 + 0.6238 \Sigma T - 0.0004 \Sigma T^2$$

$$(n=13, r=0.9621, F=64)$$

$$Z_{\text{建}} = -27.2979 + 0.2658 \Sigma T - 0.000116 \Sigma T^2$$

$$(n=10, r=0.9005, F=15)$$

$$Z_{\text{镇}} = -51.6684 + 0.3408 \Sigma T - 0.0002 \Sigma T^2$$

$$(n=11, r=0.8826, F=14)$$

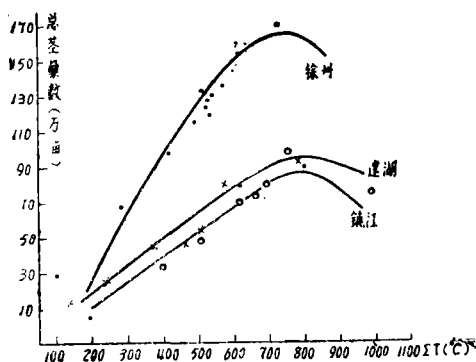


图 3 群体增长与积温的关系 (济南 13 号)

由图 3 得知, 在出苗后相同的积温水平下, 徐州、建湖、镇江三地, 总茎蘖数有很大的差异。淮北的徐州表现最高, 江南的镇江最低, 江淮之间的建湖居中。这可粗略地说明, 淮北温度对增蘖的效应大于江南。其原因是淮北的日照条件优越于苏南。徐州 10 月 10 日播种, 至翌年 4 月 30 日总日照时数为 1233.0 小时, 较镇江同期多 113.7 小时, 比建湖同期亦多 26.9 小时。另外, 江南雨水多、土壤湿度大也可能是一个因素。田间遮光辅助试验也证明, 3 叶至 7 叶期间光照不

足影响单株分蘖数, 经减光处理的单株有效分蘖数平均少 1.3 个。因此, 在生产上徐淮地区利用分蘖而增产的可能性更大。但不同时期出生以及不同蘖序的分蘖对产量形成的

作用也是不同的。

1. 不同穗序的分穗对产量的贡献有明显的差异, 在地区之间也有差别。根据分穗追踪与考种资料统计如表 2。

表 2 不同穗序的分穗对产量的贡献(%)

品 种	地 区	主 茎	穗 序							
			1	2	3	4	5	6	7	8
扬 麦 4 号	淮 北	45.6	24.5	16.2	6.9	4.5	1.3	0.4	0.4	
	江 淮	32.9	23.4	24.3	11.1	4.1	1.9	1.7	0.5	
	苏 南	34.6	18.2	27.0	10.6	4.5	1.9	2.7	0.4	0.2
济 南 13	淮 北	44.7	19.1	14.3	8.2	5.0	3.5	1.2	1.9	1.2
	江 淮	34.2	23.2	18.6	10.9	5.3	4.2	0.8	1.1	
	苏 南	33.3	25.1	19.2	11.5	5.6	3.2	1.3	0.2	

分析表 2 可以看出: (1) 主茎对产量的贡献最大, 占产量的三分之一以上。淮北地区主茎对产量贡献最大, 达 45% 左右。(2) 80% 以上的产量由主茎和第 1、第 2 分穗形成。(3) 第 3、第 4 分穗成穗扬麦 4 号占产量的 10—15%, 济南 13 占产量的 10—17%。(4) 第 5—第 8 分穗成穗苏南扬麦 4 号仅占产量的 5.2%, 淮北济南 13 可占总产量的 7.3%。因此, 从生产上说, 着眼于主茎、大分穗成穗, 是非常重要的。同时, 掌握适期播种, 控制群体的有效生长, 争取早分穗并促进成穗以及采取适宜的管理措施, 控制无效分穗, 无疑是生产上十分重要的问题。

2. 不同时期分穗成穗的特征不同。以日平均气温稳定通过 0℃ (淮北为 1℃) 的日期作为各地冬小麦越冬界限日期, 统计各地越冬前、越冬期以及越冬后三个不同时期内出生的分穗成穗情况(表 3)。

表 3 不同时期分穗的成穗率(%)

品 种	播 期	地 名	越 冬 前		越 冬 期		越 冬 后	
			分穗占总体 (%)	成 穗 率 (%)	分穗占总体 (%)	成 穗 率 (%)	分穗占总体 (%)	成 穗 率 (%)
扬 麦 4 号	早	昆山	61.0	100.0	23.2	0	15.8	0
		建湖	36.7	81.3	16.7	14.6	46.6	4.1
		昆山	44.0	100.0	38.7	0	17.3	0
	适	气院	26.7	86.7	33.0	13.3	40.2	0
		建湖	21.7	74.1	19.1	14.8	59.1	3.7
		灌云	7.1	16.7	14.2	33.3	78.6	50.0
	迟	昆山	0	0	7.0	12.5	93.0	87.5
		建湖	0	0	0.1	8.3	97.9	91.3
		灌云	0	0	0	0	100.0	100.0

续表 3

济 南 13 号	早	昆山	64.8	100.0	25.3	0	9.9	0
		建湖	42.7	98.4	18.0	1.6	39.3	0
		灌云	53.4	88.4	8.6	4.7	37.9	7.0
	适	昆山	48.4	100.0	29.5	0	22.1	0
		气院	24.7	96.6	29.7	3.4	45.6	0
		建湖	23.3	58.3	10.7	24.2	66.0	17.4
		灌云	45.7	88.9	4.3	0	50.0	10.1
	迟	昆山	17.5	56.3	27.5	43.7	55.0	0
		建湖	7.6	31.3	10.7	31.3	81.7	37.5
		灌云	0	0	0	0	100.0	100.0

从表 3 可知,早播的以越冬前的分蘖成穗为主,一般可占总成穗数的40%以上,成穗率高达85%。所以早播地块必须注意预防冻害,否则冬前分蘖死亡对产量影响较大。适期播种的以越冬前的分蘖为主,辅以越冬期间的分蘖成穗,两段时期的总成穗率达90%以上。迟播的则以冬后分蘖为主,而在徐州地区越冬前以及越冬期间难以形成分蘖。江淮,苏南地区在越冬期间冬性较强的济南13号的分蘖成穗率可达31.3%—43.7%,春性的扬麦4号仅为8.3—12.5%。因此为了争取迟播麦的高产,必须加强田间管理,充分发挥冬后分蘖在产量形成中的作用。

从地区上看,冬前分蘖成穗率由南向北、越冬后由北向南逐渐减少。

四、积温对冬小麦生物学产量的影响

1. 生物学产量与积温

在适宜的环境条件下,冬小麦生物学产量的增长进程是时间的函数。考虑到冬小麦的全生育期历经冬春两季,越冬期间植株基本停止生长,因此用有效积温(ΣT)作为自变量建立阻滞方程反映这一动态过程更为确切,而且比较稳定。

$$W=c/(1+e^{a-b\Sigma T})$$

式中W为单位面积上的干物质重量(克/米²),a、b、c、为待定常数。根据江苏各地试验资料,拟合参数a、b、c、的结果见表4。

从理论上说,在一定的农业技术水平下参数c表征小麦的气候光合生产潜力,它反映了在某一特定条件下生物学产量所能达到的最高水平。由表4可以看出,同一品种不同纬度(各试验点)之间的c值差异大于同一试验点不同播期的差异,其变异系数分别为21.5%和8.7%。地处纬度较北的徐淮地区最高,江淮地区次之,苏南最低。冬性品种济南13号徐淮地区的c值为苏南地区的1.44倍,说明徐淮地区的冬小麦生产潜力大于苏

表4 各试点各播期的参数

品种	播 期	试 点	c	a	b	F 验 检	出苗~成熟	
							$\Sigma T(^{\circ}C)$	$\Sigma R(mm)$
济 南 13 号	10/10	徐 州	2100	5.2831	0.00525	783	1947.2	233.2
	10/10	兴 化	1650	4.0979	0.00381	1106	2185.4	280.5
	10/10	海 安	1650	4.5312	0.00386	400	2118.0	331.3
	10/10	镇 江	1650	5.5275	0.00489	733	2145.6	418.9
	31/10	徐 州	2090	5.3531	0.00529	145	1681.8	186.8
	31/10	兴 化	1650	5.3063	0.00508	179	1827.7	228.1
	31/10	海 安	1850	5.1249	0.00550	1060	1829.0	278.3
	31/10	气 院	1810	5.3351	0.00588	310	1906.1	290.3
	31/10	镇 江	1630	5.6543	0.00601	2484	1860.2	358.7
扬 麦 4 号	24/10	徐 州	2600	5.5014	0.00591	751	1718.6	169.6
	21/10	海 安	2080	6.2065	0.00605	363	1868.8	279.6
	18/10	镇 江	1510	6.7591	0.00654	249	1688.4	266.0
	17/10	兴 化	1760	5.1020	0.00551	904	1945.5	195.8
	7/11	徐 州	1850	5.7647	0.00776	539	1533.3	167.7
	7/11	兴 化	1390	5.7418	0.00721	1626	1679.9	205.5
	7/11	海 安	2100	5.6270	0.00618	1814	1710.7	275.1
	7/11	气 院	2600	7.3352	0.00828	773	1744.7	251.2
	7/11	镇 江	2000	6.9530	0.00661	339	1723.1	358.3

南。苏南的冬季温度不稳定,不能充分满足冬性小麦的越冬要求。冬春雨水较多,光照少,有渍害,是苏南c值较低于徐淮的主要原因。对参数c与冬小麦全生育阶段的温度、降水量进行相关分析,得到如下结果。

$$c_{\text{济}} = 5973.04 - 487.56 \ln \Sigma T - 1.68 \Sigma R$$

$$(n=10, r=0.757, F=4.7)$$

式中 $c_{\text{济}}$ 为冬小麦济南13号的c值, ΣT 和 ΣR 为出苗至成熟期间的有效积温和降水总量。

2. 茎、叶重量增长与积温的关系

图4表明冬小麦叶、茎、穗不同器官随积温的增长过程。苗期,叶片重量大于茎秆重量,但当积温达800℃左右时,植株进入拔节阶段,茎秆重则开始超过叶片重;此后叶片重增长亦趋缓慢,植株干重达到增长最快时期;接着当积温达1000℃左右时随叶重下降,穗重增长显著,植株已进入抽穗时期。在叶重下降的趋势下,约在1400℃时,茎重也开始下降,而穗重增长迅速。这是禾谷类作物产量形成过程中方向相反的两种阻滞增长的相关关系。

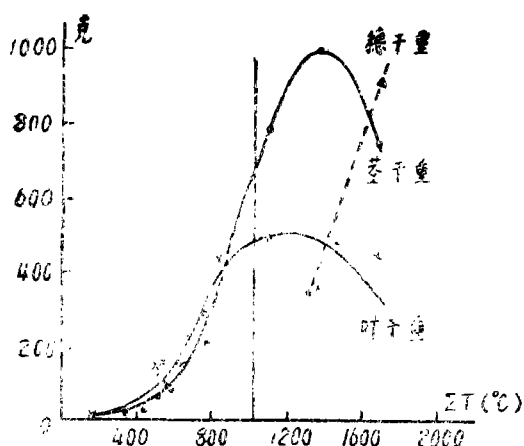


图4 不同器官干重与积温的关系
(徐州, 济南13, 10/10播期)

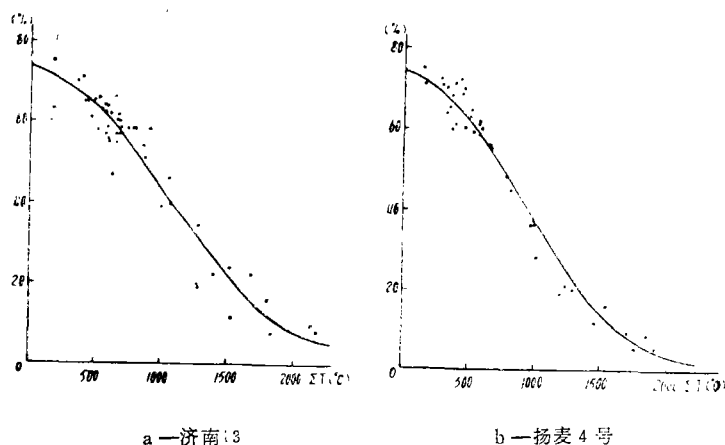
为了进一步分析茎叶重和积温的关系, 把各试验点各播期的全部试验资料综合在一起分析, 我们使用了叶、茎的相对重量, 即叶重和茎重占总干物重的比。

在冬小麦的生育期间, 随着积温值的增加, 各品种的相对叶重均呈阻滞曲线下降(图5), 其阻滞方程分别为

$$f_{\text{济}} = \frac{0.8}{1 + e^{-2.4719 + 0.002277\Sigma T}} \quad (3)$$

$$f_{\text{扬}} = \frac{0.8}{1 + e^{-2.5938 + 0.002745\Sigma T}} \quad (4)$$

式中 f 为叶重与植株总重量之比。根据(3)、(4)式计算, 苗期冬小麦叶重占总干重的比值较高, 一般可达75%。随着植株发育进程该比值不断下降, 拔节期下降迅速, 成熟期趋于稳定。



a—济南13

b—扬麦4号

图5 相对叶重与积温的关系

冬小麦相对茎秆重量的变化与积温的关系呈抛物线型曲线(图6)。不同品种间趋势一致, 其差异仅式中系数不同而已。

$$P_{\text{济}} = 8.355 + 0.069\Sigma T + 0.000024\Sigma T^2$$

$$(n=45, r=0.821, F=28.23)$$

$$P_{\text{扬}} = 20.104 + 0.029\Sigma T + 0.000034\Sigma T^2$$

$$(n=42, r=0.890, F=48.34)$$

式中 $P_{\text{济}}$ 、 $P_{\text{扬}}$ 分别为冬小麦品种济南13和扬麦4号茎重占植株总干重之比。

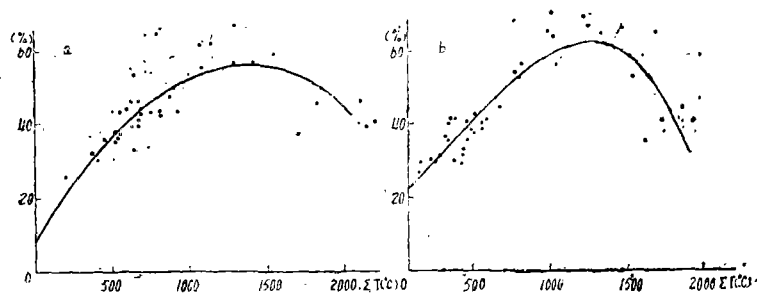


图 6 相对茎重与积温的关系(a—济南13号, b—扬麦4号)

图 6 表明冬小麦相对茎重在苗期变化较小, 拔节期后迅速增大。在生育后期, 一方面由于养分向穗部输送, 一方面植株失水变干, 故穗重比例加大, 茎重比例迅速下降。济南13在积温1300℃时茎重占总干重比例最高, 达56.3%; 扬麦4号在积温1250℃时最高, 占61.9%。扬麦4号茎重高峰出现比济南13早, 茎重比也稍大(大5.6%), 所以扬麦4号比济南13更有利于抗倒伏。

参 考 文 献

- [1] 邓根云等, 小麦分蘖与积温关系及其生产实际中的应用, 植物学报, 17卷, 3期, 222—230。
- [2] 张立中等, 三麦气象生态及最优播种期的研究, 江苏农业科学, 1980, 5, 11—16。
- [3] 高亮之等, 江苏省三麦气候条件的初步研究, 江苏农业科技, 1978, 5, 20—27。
- [4] 刘乃壮, 南方小麦积温特点分析, 江苏农业科学, 1973, 1, 7—13。
- [5] 陶炳炎等, 江苏省三麦气象条件的研究, 气象科学, 1984, 2, 27—35。
- [6] 张袁扬等, 小麦高产的茎蘖生长特点及栽培技术, 江苏农业科学, 1980, 4, 11—22。

EFFECT OF ACCUMULATED TEMPERATURE ON FORMATION OF STALKS, LEAVES AND BIOMASS OF WINTER WHEAT

Tao Bingyan Tang Zhicheng*

Zhang Dingqi** Zhu Yian***

ABSTRACT

Based on the observations made in 9 experimental plots in Jiangsu Province during the seasons 1982-1983 and 1983-1984, effective accumulated temperature (EAT) models are established for leaf rank of winter wheat. The models show that 85.5°C and 81.8°C of EAT are needed for a single leaf to form respectively for winter wheat species 'Jinan 13' and 'Yangmai 4'. The relationship between tiller rank and correspondent EAT after emergence of seedling is found to be cubic-parabolic; models giving total number of stalks and tillers per unit area are developed with respect to EAT. Contribution to the yield by various tillers in the tiller rank is analysed and the effect of EAT on the formation of stalks, leaves and biomass is finally discussed.

*Affiliated with the Meteorological Research Center, Jiangsu Province

**Affiliated with the Jianhu County Weather Station

***Affiliated with the Haiyan County Weather Station