

马瑞,黄成亮,刘猷红,等.三江平原主栽水稻品种生育进程对温度的响应[J].黑龙江农业科学,2020(11):24-27,28.

三江平原主栽水稻品种生育进程对温度的响应

马 瑞¹,黄成亮¹,刘猷红²,孟 英²,董文军²,付久才¹,刘 伟¹,王庆胜¹

(1.黑龙江省农业科学院 佳木斯分院,黑龙江 佳木斯 154007;2.黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为确定三江平原地区水稻适宜播期,通过两年播期试验,对不同播期水稻的生育期、出苗至齐穗和齐穗至成熟阶段生育天数及其所需的多个温度指标进行分析。结果表明:随着播期推迟,出苗至齐穗期生育天数明显缩短,直接导致水稻全生育期的缩短;出苗至齐穗期的温度升高,其日均温度、日均最低温度显著升高,促进了出苗至齐穗期的生育进度加快,生育期缩短;出苗至齐穗期的日均最低温度与出苗至齐穗期生育天数负相关性更强,是限制三江平原水稻生长发育的重要环境因子;两年试验证明,播期推迟 12 d,活动积温($\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$)平均下降 100 $^{\circ}\text{C}$ 左右,有效积温平均下降 15.9~41.5 $^{\circ}\text{C}$;有效积温与活动积温相比,更能准确地反映水稻生育期间对热量的实际需求,有利于科学准确地描述水稻生育特性。

关键词:水稻;播期;日平均温度;日均最低温度;活动积温;有效积温

温度是影响水稻生长发育最主要的环境因素之一,尤其对寒地水稻而言更为重要。三江平原位于黑龙江省东部,无霜期短,春季气温回暖慢,夏季高温时间短,秋季气温下降快,可被水稻利用的积温少;在这种气候条件下,此区域种植早粳类型水稻,具有感温性强,生育期短,营养生长与生殖生长重叠等特点^[1-2]。

目前,主要通过分期试验来研究温度对水稻生育进程的影响^[3-4],可见通过播期调整来改变水稻不同生育阶段及全生育期所需温度,是一种极为简便有效的方法。为了更为直观、准确地研究

温度对三江平原水稻生育进程的影响,本文将水稻生育期以便于观察的齐穗期为界,分为两个主要生育阶段(出苗至齐穗、齐穗至成熟)。通过播期调控,对三江平原水稻生育期、多个温度指标开展研究,探讨温度因素对水稻生育进程的影响,为该区域水稻选择适宜播期提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

以近年来黑龙江省生产上种植面积较大且适宜三江平原种植的 5 个水稻品种为试验材料,具体品种名称和类别详见表 1。

表 1 供试水稻品种及生育特征

Table 1 Tested rice varieties and their growing and development characters

品种 Varieties	$\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 活动积温 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ activity accumulated temperature/ $^{\circ}\text{C}$	生育期 Growth days/d	主茎叶片数 Leaf number of main stem	适宜种植区域 Areas suitable for cultivation
三江 6 号 Sangjiang No. 6	2510	136	12	黑龙江省第二积温带
绥粳 18 Suijing 18	2450	134	12	黑龙江省第二积温带
龙粳 21 Longjing 21	2516	133	12	黑龙江省第二积温带
龙粳 31 Longjing 31	2350	130	11	黑龙江省第三积温带
龙粳 46 Longjing 46	2250	127	11	黑龙江省第三积温带

注:数据来源于国家水稻数据中心。
Note:Data from the National Rice Data Center.

1.2 方法

1.2.1 试验设计 本试验分别于 2018 和 2019 年在黑龙江省农业科学院佳木斯分院水稻试验地($46^{\circ}47'28''\text{N}$, $130^{\circ}24'26''\text{E}$)进行。两年试验均设置 3 个播期,播期间隔 12 d,分别为 4 月 13 日(Ⅰ),4 月 25 日(Ⅱ),5 月 7 日(Ⅲ)。田间采用二因素裂区设计,播期为主处理,品种为副处理,3 次重

收稿日期:2020-07-16
基金项目:国家重点研发计划(2016YFD0300501-04,2018YFD0200204-1);黑龙江省农业科学院应用研发项目(2020YYF039)。
第一作者:马瑞(1984-),男,硕士,助理研究员,从事作物种质资源创新与利用研究。E-mail:jmsfymarui@126.com。
通信作者:孟英(1970-),女,博士,研究员,从事水稻栽培与育种研究。E-mail:18645146186@163.com。

复,每个小区面积为 12 m²,共 45 个小区,不同播期处理采用塑料挡板阻隔,防止窜肥。3.5 叶期进行人工插秧,插秧规格为 30.0 cm×13.3 cm,每穴 5~7 株。肥料施用尿素(N 46%) 250 kg·hm⁻²,分基肥、蘖肥、穗肥施入,比例为 5:3:2;磷酸二铵(N 18%,P₂O₅ 46%)120 kg·hm⁻²作为基肥一次施入;硫酸钾(K₂O 50%)140 kg·hm⁻²按基肥:穗肥为1:1施入,水分管理及其它大田栽培措施均按高产栽培进行。

1.2.2 测定项目及方法 观测并记录各品种不同播期的主要生育时期。

播种期:播种当天的日期。

出苗期:全区 80%植株达到立针期。

齐穗期:全区 80%的稻穗顶端已露出叶鞘的日期。

成熟期:全区 80%的稻穗基部 2/3 以上的籽粒达到玻璃质状,用指甲不易压碎的程度的日期。

生育期:从出苗期至成熟期的天数。

各品种生育期内逐日温度监测采用江苏精创电器股份公司的 GSP-6 温湿度记录仪记录,监测时间间隔为 20 min,记录苗期大棚内和插秧后田间日最高温度,日最低温度和平均温度;日照时数由佳木斯气象站提供。

活动积温与有效积温计算公式如下:

$$\sum_{i=1}^n t_i (t_i > B; \text{当 } t_i \leq B \text{ 时}, t_i = 0) \quad (1)$$
$$\sum_{i=1}^n [t_i - B] (t_i > B; \text{当 } t_i \leq B \text{ 时}, (t_i - B) = 0] \quad (2)$$

式中,B 为水稻生物学下限温度(10 ℃),t_i为生育期内每日平均气温,i= 1,2...n,n 代表该生育时期的天数。

1.2.3 数据分析 相关数据使用 Excel 2007 录入和整理,用 DPS 7.05 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同播期对水稻生育进程的影响

由表 2 可知,2018 年播期Ⅱ水稻品种生育期较播期Ⅰ平均缩短 5 d,播期Ⅲ较播期Ⅱ平均缩短 8 d;2019 年播期Ⅱ较播期Ⅰ平均缩短 9 d,播期Ⅲ较播期Ⅱ平均缩短 8 d。

本文将水稻生育期划分为两个生育阶段:出苗至齐穗期,齐穗至成熟期。随着播期推迟,各品种出苗至齐穗期的生育日数均缩短,其中 2018 年播期Ⅱ较播期Ⅰ平均缩短 7 d,播期Ⅲ较播期Ⅱ平

均缩短 9 d;2019 年各品种播期Ⅱ出苗至齐穗期的生育日数较播期Ⅰ平均缩短 9 d,播期Ⅲ较播期Ⅱ平均缩短 9 d。齐穗至成熟期的生育日数却随着播期推迟有所延长,各播期间差 1~2 d。可见,播期推迟导致出苗至齐穗期生育日数的缩短最终影响水稻全生育期天数缩短。

表 2 不同播期水稻各生育阶段天数

Table 2 Days of different growth stages of rice at different sowing dates (d)

年份 Years	播期 Sowing date	出苗-齐穗天数 Days from emergence to full heading	齐穗-成熟天数 Days from full heading to maturity	全生育期 Whole growth period
		Days from emergence to full heading	Days from full heading to maturity	
2018	I	95	36	131
	Ⅱ	88	37	126
	Ⅲ	79	39	118
	CV/%	7.5	3.3	4.3
2019	I	106	37	143
	Ⅱ	97	38	134
	Ⅲ	88	39	126
	CV/%	7.6	2.1	5.2

2.2 不同播期水稻出苗至齐穗期温度与生育天数的关系

从温度对水稻生育进程影响的角度出发,对 2018 和 2019 年各播期水稻出苗至齐穗的日均最高温度、日均最低温度和日平均温度进行分析发现,随播期推迟,日均最高温度、日均最低温度和日平均温度均升高。随播期推迟,日均最高温度升高幅度较小;日均最低温度平均升高 1.0 ℃以上,各播期间差异达到极显著水平;日平均温度各播期间差异也达到极显著水平(表 3)。

将 5 个主栽品种出苗至齐穗阶段生育日数与日均最高温度、日均最低温度和日均温度进行相关分析(表 4)。结果表明:5 个主栽品种的出苗至齐穗阶段生育日数与日均最高温度、日均最低温度、日平均温度均呈负相关关系,且与日平均温度和日均最低温度分别达到显著水平(R_{0.05} = 0.811)和极显著水平(R_{0.01} = 0.917)。本研究中,日平均温度、日均最低温度均影响齐穗前水稻生育进程,尤其是日均最低温度对其影响更为显著,可以理解为日最低温度是限制水稻齐穗以前生长发育的极为重要的环境因素。

2.3 不同播期水稻活动积温与有效积温分析

由表 5 可知,随着播期推迟,各播期间出苗至齐穗期的活动积温和有效积温均减少;齐穗至成熟期的活动积温、有效积温变幅不大;整个生育期的活动积温与有效积温变化趋势同出苗至齐穗期变化趋势。

表 3 不同播期水稻出苗至齐穗的温度分析
Table 3 Temperature analysis of rice from seeding to heading at different sowing dates (℃)

年份 Years	播期 Sowing date	日均最高温度	日均最低温度	日平均温度
		Daily average maximum temperature	Daily average minimum temperature	Daily average temperature
2018	I	28.2 bA	13.7 cC	20.6 cC
	II	28.3 bA	14.7 bB	21.0 bB
	III	28.7 aA	16.0 aA	21.9 aA
2019	I	25.1 bA	12.4 cC	18.5 cC
	II	25.6 aA	13.6 bB	19.2 bB
	III	25.8 aA	14.7 aA	19.9 aA

注:不同大小写字母分别代表 0.01 和 0.05 水平差异显著。
Note: Different capital and lowercase indicate significant difference at 0.01 and 0.05, respectively.

对不同播期水稻全生育期活动积温和有效积温的极差、变异系数分析结果表明,2018 和 2019 年播期活动积温的极差分别为 202.1 和 205.9℃,

变异系数分别为 3.9% 和 4.0%,播期推迟 12 d,活动积温($\geq 10\text{℃}$)平均下降 100℃左右。有效积温的极差分别为 74.1 和 39.7℃,变异系数分别为 2.7% 和 1.5%,变化幅度均低于活动积温,播期推迟 12 d,有效积温平均下降 15.9~41.5℃。由此可见,有效积温与活动积温($\geq 10\text{℃}$)相比受播期影响小,更能准确地反映水稻生育期间对热量的实际需求。

表 4 各品种出苗至齐穗的生育天数与温度的相关性

Table 4 Correlation between growth days of each variety and temperature from seeding to heading			
品种 Varieties	日均最高温度	日均最低温度	日平均温度
	Daily average maximum temperature	Daily average minimum temperature	Daily average temperature
三江 6 号	-0.699	-0.993 **	-0.901 *
绥粳 18	-0.682	-0.996 **	-0.897 *
龙粳 21	-0.648	-0.996 **	-0.864 *
龙粳 31	-0.708	-0.997 **	-0.908 *
龙粳 46	-0.708	-0.994 **	-0.876 *

注:* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 显著水平。 $R_{0.05}=0.811$; $R_{0.01}=0.917$ 。
Note: * and ** mean significant at between the 0.05 and 0.01 probability level respectively. $R_{0.05}=0.811$; $R_{0.01}=0.917$.

表 5 不同播期水稻所需活动积温($\geq 10\text{℃}$)和有效积温对比
Table 5 Comparison of active accumulated temperature($\geq 10\text{℃}$) and effective accumulated temperature required by rice at different sowing dates (℃)

年份 Years	播期 Sowing date	出苗-齐穗		齐穗-成熟		生育期	
		Emergence-full heading		Full heading-maturity		Growth period	
		活动积温 AAT	有效积温 EAT	活动积温 AAT	有效积温 EAT	活动积温 AAT	有效积温 EAT
2018	I	1959.2	1009.2	752.1	394.1	2711.3	1403.3
	II	1860.2	976.2	768.5	394.5	2628.7	1370.7
	III	1732.7	940.7	776.6	388.6	2509.2	1329.2
	CV/%	6.1	3.5	1.6	0.9	3.9	2.7
	极差	226.6	68.6	24.4	5.9	202.1	74.1
2019	I	1965.7	901.7	723.3	355.3	2689.0	1257.0
	II	1850.6	884.6	734.8	356.8	2585.4	1241.4
	III	1748.6	870.6	734.5	348.5	2483.1	1219.1
	CV/%	5.9	1.8	0.9	1.2	4.0	1.5
	极差	217.1	31.1	11.5	8.3	205.9	37.9

3 结论与讨论

本试验结果表明,随着播期推迟,出苗至齐穗期生育天数明显缩短,齐穗至成熟期生育天数略有延长,齐穗前生育天数的缩短直接导致水稻全生育期的缩短;出苗至齐穗期的温度升高,其中日均最高温度升高不明显,日均温度、日均最低温度则显著升高,从而导致出苗至齐穗期的生育进度加快,生育期缩短。

出苗至齐穗期的日均最低温度与出苗至齐穗的生育天数呈极显著的负相关性,对生长发育影响较大,成为限制三江平原水稻生长发育的极为重要的环境因子。通过播期试验可知,有效积温与生育期天数、活动积温($\geq 10^{\circ}\text{C}$)相比,受播期影响幅度小,能准确地反映水稻生育期间对热量的实际需求,有利于科学准确地描述水稻生育特性。播期对生育期的影响前人已做了大量研究,普遍认为,播期推迟,生育进度加快,生育期缩短^[5-7]。姚义等^[8]认为,水稻作为喜温作物,随播期推迟,温度升高,使播种至抽穗期生育加快,导致生育天数缩短。多数学者认为,水稻生育期与抽穗前平均温度高低有关^[9-10],本文研究结果表明,出苗至齐穗期天数不仅与日平均温度呈显著负相关,而且还与日均最低温度呈极显著负相关。可见,对于地处低温冷凉地区的三江平原水稻而言,齐穗前低温才是限制此区域水稻生长发育的最主要环境因子。

通常对某个品种的生育特性进行描述,仅限于主茎叶片数、生育期天数、活动积温($\geq 10^{\circ}\text{C}$) 3个方面,基于种植区域、气候条件、播种时间、栽培水平等因素不同,往往出现实际种植效果与描述不符的现象,偏离种植预期。薛大伟等^[11]认为,有效积温能更好地反映水稻生育期间对热量的要求,在地理位置和外界条件不是变化太大的情况下,品种对有效积温的要求基本是稳定的。本文播期试验研究表明:不同播期间水稻有效积

温变幅较小,变异幅度低于生育天数和活动积温($\geq 10^{\circ}\text{C}$)变异幅度,以有效积温对水稻生育特性描述可能更为准确。此外,有效积温还在杂交稻制种亲本播差期的确定^[12]、预估收获期^[13]、预测害虫发生^[14-15]等方面均得以广泛应用。

参考文献:

- [1] 张矢,徐一荣.寒地稻作[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1990.
- [2] 潘国君.寒地粳稻育种[M].北京:中国农业出版社,2014.
- [3] 于文颖,纪瑞鹏,冯锐,等.基于分期播种的水稻生长动态及产量对热量条件的响应[J].中国农学通报,2015,31(24): 6-13.
- [4] 姚正兰,周博扬,汪圣洪,等.不同播期对水稻生育进程及灌浆速率的影响[J].贵州农业科学,2019,47(7):14-17.
- [5] 马巍,侯立刚,齐春艳,等.播期对不同生育类型水稻生长发育进程及产量的影响[J].东北农业科学,2016,41(6): 5-10.
- [6] 孙秀邦,田青,李龙,等.不同生育期温光条件对宣城地区水稻生长和产量的影响[J].中国农学通报,2016,32(27): 1-6.
- [7] 许轲,孙圳,霍中洋,等.播期、品种类型对水稻产量、生育期及温光利用的影响[J].中国农业科学,2013,46(20): 4222-4233.
- [8] 姚义,霍中洋,张洪程,等.不同生态区播期对直播稻生育期及温光利用的影响[J].中国农业科学,2012,45(4): 633-647.
- [9] 王彤彤,张凤鸣,白良明,等.温度对水稻生长的影响[J].黑龙江农业科学,2016(2):17-20.
- [10] 邓云,江文清,谢冬容,等.温度对水稻不育系圣丰 1A 生育期影响的研究[J].福建稻麦科技,2012,30(1):4-6.
- [11] 薛大伟,方茂庭,钱前.有效积温在水稻生产中的应用[J].中国稻米,2004(4):47-48.
- [12] 符策强,吴清海,陈赞鹏.有效积温在杂交稻春季制种中的应用研究[J].西南农业大学学报,1996(5):64-69.
- [13] 宇郊.水稻的有效积温[J].农业科技通讯,1975(8):6-11.
- [14] 李桂兰,封洪强,刘培友,等.辽宁省水稻二化螟各虫态历期发育起点温度和有效积温的研究[J].辽宁农业科学,2000(2):10-13.
- [15] 焦晓国,宣维健,盛承发.用诱蛾量和有效积温模型预测东北越冬代水稻二化螟发生期(英文)[J].昆虫学报,2006(4):705-709.

Response of Growth Process of Main Rice Varieties to Temperature in Sanjiang Plain

MA Rui¹, HUANG Cheng-liang¹, LIU You-hong², MENG Ying², DONG Wen-jun², FU Jiu-cai¹, LIU Wei¹, WANG Qing-sheng¹

(1. Jiamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi 154007, China; 2. Tillage and Cultivation Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 158006, China)



徐莹莹,刘玉涛,王宇先,等.黑龙江省西部地区水稻旱直播氮肥施用量与播种密度研究[J].黑龙江农业科学,2020(11):28-30.

黑龙江省西部地区水稻旱直播氮肥施用量与播种密度研究

徐莹莹,刘玉涛,王宇先,杨慧莹,高盼,王俊河,于海林,樊景胜

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:水稻旱直播因节水省工等优点在黑龙江省逐步发展起来,播种密度和施氮肥量是影响直播的关键因素。本研究以龙庆稻5号为试验材料,采用机械旱穴直播,裂区试验,设置3种播种密度和施氮肥量,对不同处理下的分蘖数和产量等性状进行了比较。结果表明:播种密度为每穴22粒,施氮肥量为 $290\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,有效分蘖数和产量最高,是旱直播栽培的适宜密肥配比。

关键词:黑龙江省西部;水稻;旱直播;氮肥;播种密度

黑龙江省西部地区是黑龙江省水稻主产区之一,水稻播种面积约占全省播种面积的20%,该区水稻生产对全省水稻业发展起到重要作用。然而受大陆季风气候影响,西部降水少,干旱频发,加上灌溉水资源利用效率低,耗水量较大的插秧稻种植受到严重威胁^[1]。水稻机械旱直播的出现为水稻种植提供了新的思路,因轻简省时、节水节本、增产增效等优点^[2-6],在北方地区逐步兴起,但

目前针对黑龙江省西部区的旱直播技术尚缺乏研究。产量保证是加快旱直播技术大面积推广应用的关键,在影响产量的众多因素中,又以氮肥施用状况和播种密度为主^[7-8]。因此,本试验对氮肥施用量与播种密度的配比进行研究,以期促进黑龙江省西部地区水稻旱直播的发展。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院进行,土壤类型为碳酸盐黑钙土。土壤肥力为有机质 $26.40\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全氮 $1.21\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全磷 $0.85\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全钾 $6.83\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、碱解氮 $108.50\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、有效磷 $24.80\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $128.80\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $\text{pH}7.4$ 。

收稿日期:2020-07-16

基金项目:国家重点研发计划课题(2018YFD0300104-2)。

第一作者:徐莹莹(1989-),女,硕士,研究实习员,从事作物耕作栽培及农业微生物研究。E-mail:ghdetongzhuo@163.com。

通信作者:刘玉涛(1968-),男,学士,研究员,从事作物耕作栽培研究。E-mail:00681107@163.com。

Abstract: In order to determine the suitable sowing date of rice in Sanjiang Plain, based on the two-year sowing date experiments, the growth days and several temperature indexes needed from emergence to full heading and from full heading to maturity of rice at different sowing dates were analyzed. The results showed that the growth days from emergence to full heading were significantly shortened due to the delay of sowing date, and the temperature from emergence to full heading was shortened due to the delay of sowing date. With the increase of temperature, the daily average temperature and the daily minimum temperature increased significantly, which accelerated the growth progress and shortened the growth period from emergence to full heading stage, and the daily minimum temperature from emergence to full heading stage had a stronger negative correlation with the growth days from emergence to full heading stage, which was an important environmental factor limiting the growth and development of rice in Sanjiang Plain. The two-year experiment showed that the sowing period was delayed 12 days and the activity accumulation was increased. The average temperature ($\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) decreased by about $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, and the average effective accumulated temperature decreased by $15.9\text{--}41.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Compared with active accumulated temperature in the growth period, the effective accumulated temperature could more accurately reflect the actual demand for heat during the growth period of rice, which was conducive to the scientific and accurate description of the growth characteristics of rice.

Keywords: rice; sowing date; daily average temperature; daily average minimum temperature; active accumulated temperature; effective accumulated temperature