

文章编号:1003-8701(2006)01-0016-05

寒冷地区温度、光照对水稻产量及品质的影响

张文香¹,王成瑗^{1,2},王伯伦²,赵磊¹,吴成德³,
李井卫⁴,赵秀哲¹,高连文¹

(1.吉林省通化市农业科学院,吉林 梅河口 135007;2.沈阳农业大学;
3.吉林省集安市技术推广站;4.吉林省白山市农业技术推广站)

摘要:通过对3个气候区,6个不同类型的品种,研究了寒冷地区温度、日照对水稻产量和品质的影响。结果表明,温度是影响水稻产量与品质的主要气候因子,水稻出穗期随温度增高而提前,产量与品质随温度增高显著提高。日照对产量影响小于温度,子粒形成阶段日照长,有利于改善稻米品质。灌浆到成熟期(出穗后21~50d)的积温高,可以显著提高产量和产量性状值,出穗后积温与日照(尤其是出穗后21~50d)对产量和品质的影响大于出穗前,高温有利于提高产量与品质,日照量增加可以改善品质。

关键词:水稻;温度;日照;产量;品质

中图分类号:S511.045

文献标识码:A

水稻是喜温短日照作物,温度、光照对产量及品质影响较大。多数研究认为,齐穗后20~30d是稻米品质形成的主要时段。粳稻此阶段最佳温度范围21~24℃,温度过高灌浆时间缩短,垩白度增大;温度低灌浆速度慢,子粒成熟差,青米率增加,垩白增大。光照不足会使单茎干物质积累量降低,茎鞘物质运转率下降。本项参照前人的研究,选用了3个气候区,6个不同类型品种,采取统一的土壤和栽培措施,研究了温度、光照对水稻产量及品质的影响。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验于2003~2004年分别在距气象站较近的白山市八道江区(早熟区)、通化市农业科学院(海龙镇,中晚熟区)、集安市集安镇(晚熟区)进行,各试验点均采用井水灌溉。试验品种选用通95-74(中熟,优质型)、通系103(中熟,品质、产量兼顾型)、通88-7(中熟,高产型);五优1号(中晚熟,优质型)、农大3号(中晚熟,品质、产量兼顾型)、九稻22(中晚熟,高产型)生育期、品质、产量差异较大的6个品种为试验材料。由通化市农业科学院统一进行浸种、催芽、育苗(育苗方式采用抛秧盘育苗)4月10日播种,5月26日3个试验点同时插秧,每盆1穴,每穴3棵苗。

1.2 试验方法

试验以盆栽的形式进行,用直径27cm,高26cm的盆钵,每处理10盆。供试土壤取自通化市农业科学院稻田,土壤含全氮1.1mg/g,全磷1.3mg/g,全钾23.0mg/g,水解氮140.10 μ g/g,速效磷20.00 μ g/g,速效钾113.10 μ g/g,有机质29.5mg/g,pH值6.00。土壤经晾晒、粉碎、过筛后,含水量均一致,每盆装土12.5kg。肥料由通化市农业科学院称量,并按时期统一供给各试验点。氮肥用量(N)120kg/hm²、

收稿日期:2005-08-29

基金项目:国家863项目(2001AA241015);辽宁省自然科学基金资助项目(99101002)

作者简介:张文香(1957-),女,吉林省通化市农业科学院副研究员,主要从事水稻育种与栽培研究。

磷肥(P_2O_5) 51.7 kg/hm^2 ,钾肥(K_2O) 56.3 kg/hm^2 。使用方法:氮肥 30%和磷、钾肥全部作基肥。氮肥分别在 6 月 5 日(20%)、6 月 20 日(25%)和 7 月 5 日(25%)追施,3 个试验点以盆为单位同日施肥。病、虫、草害防治按统一方案执行(包括无病、虫、草害点),9 月 26 日采收样本并收获测产。样本风干后室内考种,测定产量性状,3 个月后按照国家农业部标准 NY147-88《米质测定方法》测定稻米品质,统计分析用 DPS 软件。

2 结果与分析

2.1 试验点气象因素分析

早熟区(白山)插秧(5 月 26 日)至收获(9 月 25 日)2 年平均积温为 $2\ 308.95 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{d}$,日平均 $18.77 \text{ }^\circ\text{C}$;中晚熟区(海龙)2 年平均积温 $2\ 491.20 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{d}$,日平均 $20.25 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{d}$;晚熟区(集安)2 年平均积温为 $2\ 558.10 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{d}$,日平均 $20.80 \text{ }^\circ\text{C}$ 。2 年平均值晚熟区比中晚熟区积温高 $66.9 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{d}$,日平均高 $0.55 \text{ }^\circ\text{C}$;中晚熟区比早熟区高 $182.25 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{d}$,日平均高 $1.48 \text{ }^\circ\text{C}$ 。累计日照和平均日照早熟区分别为 744.95 h 和 6.06 h ,中晚熟区 861.5 h 和 7.08 h ,晚熟区 775.35 h 和 6.30 h ,降水量与积温相似,气象条件基本符合 3 个熟区的积温与光照要求。

2.2 参试品种在各试验区的出穗期

试验表明,同一品种在 3 个不同地点出穗期差异在 4~18 d,多数品种 5 d 以上,差异明显。相邻熟区(晚熟区与中晚熟区、中晚熟区与早熟区)差异 4~13 d,隔熟区(晚熟区与早熟区)差异 12~18 d。同一地点不同年度,由于温度和光照的差异,出穗期亦有差异,同一品种年度间差异 3~7 d,2004 年出穗早于 2003 年。晚熟区(集安)气温高,出穗早,成熟早;早熟区(白山)气温低,出穗晚,成熟晚;中晚熟区(海龙)介于两者之间,熟区和年度间出穗期差异明显。

2.3 参试品种在不同积温区的产量与产量性状表现

2.3.1 参试品种在各试验区的产量表现

通过图 1 可以看出,6 个参试品种在 3 个熟区的产量表现存在显著的差异($P < 0.05$)。2003 年产量是随积温增高而增加,中熟品种尤为突出。2004 年早熟、中晚熟区产量提高幅度较大,多数处理高于晚熟区。晚熟区 2 年产量比较稳定,早熟、中晚熟区差异较大。通过 2 年积温和日照比较看出,2004 年 3 个试验点的积温均高于 2003 年,但是日照和降水量差异较大。早熟区 2004 年积温增加 $68.7 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{d}$,日照增加 41.9 h ;中晚熟区积温增加 $12.6 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{d}$,日照增加 74.4 h ,晚熟区积温增加 $49.4 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{d}$,日照减少 39.3 h ,降水量增加 243.4 mm 。2004 年早熟区和中晚熟区产量增加与积温和日照提高有关,晚熟区

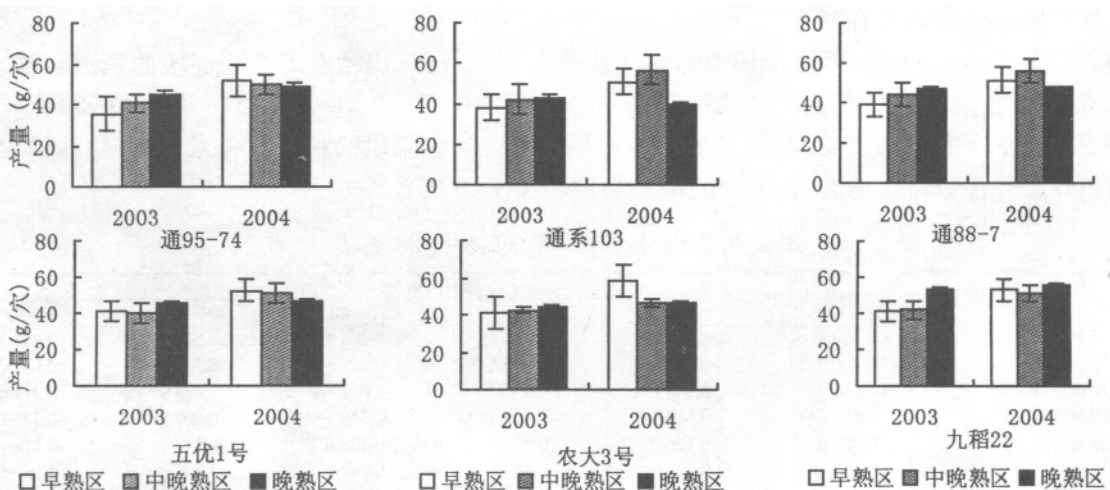


图 1 参试品种在各试验点的产量表现

虽然积温提高,日照减少,2 年产量变化幅度较小。说明产量不仅受积温影响,而且日照也有一定的影响。

2.3.2 积温、日照与产量及产量性状的相关分析

统计分析表明,出穗前 1~50 d 的累计积温与产量、单穴穗数和穗粒数的相关系数均未达到显著水平,说明出穗前 50 d 累计积温对水稻生育和产量没有明显的影响。而且出穗前 50 d 累计日照值大,穗数减少,穗粒数增加,两者的互补作用对产量影响不大。

通过表 1 可以看出,出穗后 21~30 d、31~40 d 和 41~50 d 3 个阶段的积温与谷草比和饱满千粒重,出穗后 21~30 d 和 41~50 d 的积温与混合千粒重、成粒率呈显著和极显著的正相关。出穗后 41~50 d 积温对产量及出穗后形成的产量性状影响较大,次则 21~30 d、31~40 d 对谷草比和饱满千粒重影响亦较大。整个子粒形成期(出穗后 1~50 d)的累计积温与产量及所有出穗后形成的产量性状均呈正相关。本研究与前人的研究结论不同。许多研究认为,出穗后 1~30 d 的积温对产量及产量性状影响最大。而本研究表明,出穗后 21~50 d 的积温对产量和产量性状影响大于 1~20 d。

出穗后 1~20 d 的累计光照与谷草比、饱满千粒重、混合千粒重和成粒率等产量性状呈负相关。出穗后 11~20 d 日照与谷草比和饱满千粒重呈负相关,并达到了显著水平 ($p < 0.05$)。出穗后 21~30 d、31~40 d 和 41~50 d 3 个阶段的日照与产量性状呈正相关,多数性状达到了显著水平。灌浆到成熟期(出穗后 21~50 d)的日照量增加,具有明显提高产量性状值的作用,两个阶段的日照量对产量性状的影响不同。

表 1 产量及产量性状与出穗后各段积温、日照的相关系数

产量与产量性状	积 温					
	1~10 d	11~20 d	21~30 d	31~40 d	41~50 d	1~50 d
产量	0.337 4*	0.069 4	0.176 6	0.025 6	0.386 6*	0.338 8*
谷草比	0.138 5	0.256 4	0.462 0**	0.355 7*	0.451 9**	0.631 8**
饱满千粒重	0.154 8	0.272 7	0.452 1**	0.365 0*	0.417 7*	0.517 7**
混合千粒重	0.300 0	0.224 6	0.458 6**	0.305 7	0.620 0**	0.556 8**
成粒率	0.363 8	0.188 4	0.422 0*	0.242 3	0.674 2**	0.496 7**
产量与产量性状	日 照					
	1~10 d	11~20 d	21~30 d	31~40 d	41~50 d	1~50 d
产量	-0.292 6	0.044 2	0.087 0	0.186 7	0.325 1	-0.053 4
谷草比	-0.662 8**	-0.640 9**	0.514 6**	0.405 9*	0.158 4	-0.355 6*
饱满千粒重	-0.478 4**	-0.378 8*	0.481 8**	0.444 7*	0.252 5	-0.078 8
混合千粒重	-0.493 0**	-0.199 4	0.429 1*	0.348 5*	0.530 9**	-0.037 3
成粒率	-0.350 3*	0.050 9	0.338 9*	0.334 8*	0.628 5**	0.230 8

通过上述分析可以看出,出穗后积温对产量和产量性状的影响大于出穗前,尤其是出穗后 21~50 d 的积温对产量及产量性状影响较大,日照对产量与产量性状的影响小于积温,出穗后 1~20 d 的日照对产量呈负效应,21~50 d 日照量大,有助于提高产量性状。

2.4 积温、日照与品质的相关分析

2.4.1 积温与品质的相关分析

品质性状主要在出穗以后随产量而形成。从表 2 可以看出,出穗后 5 个积温段的积温与糙米率、精米率、蛋白质含量均呈正相关($P < 0.05$),部分阶段的积温(1~10 d、21~30 d、31~40 d、41~50 d)与垩白度、整精米率、胶稠度呈正相关,并达到了显著水平。出穗后各阶段的积温与青米率、直链淀粉含量呈负相关($P < 0.05$),食味与出穗后 1~10 d 的积温呈负相关($P < 0.05$)。

表 2 出穗后各段积温与稻米品质的相关系数

品 质	出穗后天数(d)					
	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	1~50
糙米率	0.314 3	0.389 6*	0.390 1*	0.404 4*	0.507 4**	0.477 1**
精米率	0.470 3**	0.441 4**	0.575 6**	0.449 6**	0.808 1**	0.682 2**
整精米率	-0.060 1	0.008 1	0.092 2	-0.037 8	0.434 9*	0.211 6
青米率	-0.633 7**	-0.500 5**	-0.725 7**	-0.569 7**	-0.807 1**	-0.776 6**
长宽比	-0.051 9	-0.126 9	-0.071 0	-0.138 6	-0.148 1	-0.118 1
垩白率	0.174 8	0.226 2	0.123 8	0.244 1	0.168 3	0.169 5
垩白度	0.406 9*	0.314 8	0.285 2	0.349 5*	0.267 9	0.251 2
胶稠度	0.238 9	0.103 1	0.335 3*	0.119 3	0.361 4*	0.319 6
直链淀粉含量	-0.689 1**	-0.360 8*	-0.401 3*	-0.359 1*	-0.503 0*	-0.367 3*
蛋白质含量	0.655 8**	0.327 3	0.500 4**	0.367 0*	0.546 6**	0.497 7**
食 味	-0.482 5*	-0.100 2	-0.086 9	-0.149 1	0.014 8	0.052 2

从整个出穗到成熟阶段(出穗后 1~50d)积温与品质的相关性看,积温与糙米率、精米率、蛋白质含量呈极显著的正相关($p < 0.01$),与青米率、直链淀粉含量呈显著的负相关。出穗至成熟积温高,有利于提高糙米率、精米率和蛋白质含量,并能降低青米率和直链淀粉含量。虽然垩白率和垩白度有所提高,长宽比下降,但是在统计上都没有达到显著水平($P > 0.05$),不会引起品质明显下降。出穗到成熟积温高,有利于提高品质。

2.4.2 日照与品质的相关分析

表 3 出穗后各段日照与稻米品质的相关系数

品 质	出穗后天数					
	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	1~50
糙米率	-0.433 9**	-0.273 3	0.310 9	0.239 0	0.281 6	-0.093 2
精米率	-0.563 8**	-0.131 8	0.484 8**	0.374 9*	0.612 4**	0.096 9
整精米率	-0.056 8	0.290 9	0.095 2	0.231 8	0.654 4**	0.377 9*
青米率	0.607 4**	0.295 6	-0.531 9**	-0.471 7**	-0.410 7*	0.020 2
长宽比	0.159 9	0.062 6	-0.120 7	-0.307 1	-0.039 6	0.038 2
垩白率	-0.144 8	-0.074 4	0.264 5	-0.014 4	0.081 3	0.018 7
垩白度	-0.300 2	-0.242 0	0.097 4	0.022 8	-0.042 7	-0.215 4
胶稠度	-0.249 2	-0.061 1	0.147 6	0.227 6	0.307 1	0.034 3
直链淀粉含量	0.396 5*	0.132 5	-0.023 9	0.037 9	-0.212 6	0.179 7
蛋白质含量	-0.541 3**	-0.320 8	0.111 7	0.098 2	0.111 5	-0.329 4*
食 味	0.122 4	0.166 1	0.234 6	0.293 6	0.239 9	0.336 0*

从品质性状与出穗后日照累计值的关系看(表 3),出穗后 1~10d 的日照与糙米率、精米率和蛋白质含量呈负相关($P < 0.01$),而与青米率和直链淀粉含量呈正相关($P < 0.05$),21~50d 的 3 个阶段的日照与精米率呈显著的正相关($P < 0.05$),而青米率与之相反。41~50d 日照与整精米率呈正相关($P < 0.01$),子粒形成前期(1~20 d)日照量大,不利于提高稻米品质。成熟后期(21~50d)日照增加,弱勢粒成粒率提高,精米率、整精米率提高,青米率下降,品质提高。

出穗到成熟(1~50 d)的日照与整精米率和食味呈显著的正相关,与蛋白质含量呈显著的负相关($P < 0.05$),与其它性状的相关系数均未达到显著水平。从整体看,出穗后 1~20 d 日照量大,对多数品质性状不利,尤其是糙米率、精米率、整精米率、胶稠度和蛋白质含量下降,青米率、直链淀粉含量上升,不利于综合品质的提高。21~50 d 日照量大,可以使碾米品质、胶稠度、蛋白质含量增加,食味上升。

3 结论与讨论

在吉林省气候条件下,温度是影响水稻产量与品质的主要因子。同一水稻品种在不同的积温区,出穗期差异 4~18 d,年度间差异 3~7 d。水稻产量及主要产量性状值随积温(插秧到收获)的增高而显著增加。年度间积温与日照增加,产量增长幅度较大,主要产量性状值与产量相一致。出穗后积温对产量及产量性状的影响大于出穗前。灌浆到成熟阶段(出穗后 21~50 d)积温及出穗到成熟累计积温高,产量与产量性状值高;稻米的加工品质、胶稠度、蛋白质含量增高,青米率、直链淀粉含量下降,品质提高,高温有利于提高产量和品质。

出穗后光照对水稻产量与产量性状的影响大于出穗前。出穗前 1~50d 段的日照长,单穴穗数下降,穗粒数增多,对产量影响不大。出穗后日照对产量和产量性状的影响较复杂,出穗到灌浆(出穗后 1~20 d)日照长会导致产量性状值与品质下降;灌浆到成熟(出穗后 21~50 d)累计日照时数长,有利于提高出穗后形成的产量性状值,尤其是出穗后 21~50 d 的日照量大,品质提高。

本试验结果证明,从温度角度看,寒地稻区出穗后积温对产量的影响大于出穗前,尤其是出穗后 21~50 d 的积温对产量和产量性状影响较大,此阶段积温高,产量明显提高。子粒形成期积温高,可以提高糙米率、精米率、蛋白质含量、降低直链淀粉含量和青米率,明显改善品质。除特殊低温冷害年外,出穗前积温和日照对产量无明显的影响,而出穗后日照量大,品质提高。说明寒冷地区温度是影响产量和品质的主要因素,日照不仅影响产量与品质,而且对气温也有间接的影响。

通过分析表明,吉林省水稻出穗多数在 8 月 5 日左右,早熟区在 8 月 10 日以后,优势粒灌浆高峰

期(出穗后 14~28 d)在 8 月底或 9 月上旬,灌浆高峰期温度相对较高。而高节位迟生稃和弱勢粒的灌浆高峰期出现在出穗后 21 d 以后,即 9 月份开始进入灌浆高峰期,高峰期持续 15~20 d 左右。统计分析表明,9 月上旬平均气温 16.93~18.55 ℃,9 月中旬 14.92~16.14 ℃,粳稻灌浆最佳温度范围 21~24 ℃,比适温低 7~8 ℃。低温条件下,这部分子粒成熟率下降,产量、品质降低,这也是本试验所得出的出穗后 21~50 d 积温与光照对产量和品质影响较大的原因。

子粒形成期,温度是产量和品质的主要影响因子。基于吉林省水稻出穗到成熟日平均气温较低,在选用水稻品种时应选用生育期相对早于初霜期,使其在子粒形成期相对处于积温较高,日照量较大,尤其是出穗后 21~50 d 积温高,配合适宜的栽培密度及肥料用量与配比,达到高产优质的栽培目的。

参考文献

- [1] 刘山峰,等. 低温冷害对延边州水稻生育的影响及最佳施肥模式的建立[J]. 吉林农业科学, 2000, 25(3): 7-12.
- [2] 杨从党,等. 不同生态区温度差异与水稻产量因子的关系[J]. 云南农业科学, 2003, (增刊): 41-44.
- [3] 王人民,等. 水稻抽穗和结实期的生态因子研究, II 光照和温度对早稻结实与干物质生产及分配的影响[J]. 浙江农业大学学报, 1991, 17(2): 169-174.
- [4] 郑志广. 光温条件对水稻结实及干物质生产的影响[J]. 北京农学院学报, 2003, 18(1): 13-16.
- [5] 邵冬生,等. 水稻子粒灌浆与米质的关系[J]. 贵州农业科学, 1987, (2): 12-14.
- [6] 唐湘如. 灌浆期温度对稻米品质及有关生理特性的影响[J]. 湖南农学院学报, 1991, 17(1): 1-8.
- [7] 王守海. 灌浆期气候条件对稻米糊化温度的影响[J]. 安徽农业科学, 1987, (1): 16-17.
- [8] 程方民,等. 稻米直链淀粉含量的形成及其与灌浆结实期温度的关系[J]. 生态学报, 2000, 20(4): 646-652.
- [9] 杨维民,等. 稻米直链淀粉含量与结实期齐穗后 20 d 温度间的关系[J]. 陕西农业科学, 1998, (1): 4-6.
- [10] 周广洽,等. 温光对稻米蛋白质及氨基酸含量的影响[J]. 生态学报, 1997, 17(5): 537-542.
- [11] 李雅娟,等. 稻米品质与结实期温度[J]. 东北农业大学学报, 1996, 27(3): 223-230.
- [12] 吴永常,等. 齐穗 30 d 温度对稻米品质形成的影响[J]. 西北农林大学学报, 1996, 24(5): 21-24.
- [13] 李国升,等. 抽穗结实期的温度对水稻产量构成因素的影响[J]. 耕作与栽培, 1995, (5): 39-49.
- [14] 杨继民,等. 稻米直链淀粉含量与结实期齐穗后 20 天温度间的关系[J]. 陕西农业科学, 1998, (1): 4-6.
- [15] 杨福,等. 不同品质粳稻白垩动态形成与子粒后期灌浆关系的研究[J]. 吉林农业科学, 2002, 27(6): 3-6.
- [16] 罗明,等. 稻米品质及其影响因素的分析[J]. 吉林农业科学, 2005, 30(1): 18-20.

Effect of Temperature and Sunlight on Yield and Quality of Rice in Cold Area

ZHANG Wen-xiang, WANG Cheng-ai, WANG Bo-lun, et al.

(Tonghua Academy of Agricultural Science, Meihoukou 135007, China)

Abstract: The effect of temperature and sunlight on yield and quality of rice in cold area was studied using 6 rice varieties on 3 climatic districts. The main results were as follows: The main factor which affects yield and quality of rice in cold area was temperature. Heading date was brought forward, yield increased and quality improved as the temperature rose. Sunlight effect on yield was less than that of temperature. Quality of rice was improved when sunlight amount during grain forming stage rose. The yield and yield components was obviously increased if the cumulative temperature from grain forming to ripen stage, especially during 21 to 50 days after heading increased. The effect of cumulative temperature and sunlight after heading, especially during 21 to 50 days after heading was more important than that before heading. High temperature was propitious to increase yield and quality, and more sunlight could improve quality of rice.

Key words: Rice; Temperature; Sunlight; Yield; Quality