

气候变暖对黑龙江省水稻品种选育的影响

李大林¹, 李修平², 马文东¹, 杨庆¹, 冯锡君³, 王翠¹, 张献国¹

(1. 黑龙江省农业科学院 佳木斯水稻研究所, 黑龙江 佳木斯 154026; 2. 佳木斯大学 生命科学学院, 黑龙江 佳木斯 154007; 3. 黑龙江省农业科学院 牡丹江分院, 黑龙江 牡丹江 157041)

摘要: 培育适应的水稻品种, 对于黑龙江省水稻稳产增产具有重要意义。为进一步研究黑龙江省高产优质水稻新品种的选育, 对黑龙江省气候变暖的现实及趋势以及对水稻生产的影响进行分析, 以明确气候变暖条件下, 农业生产对水稻品种性状的影响。结果表明: 选育品种要求生育期延长、营养生长与生殖生长协调、功能叶片成活时间长、秆强、穗重、耐寒性强、耐热性强、耐涝性强。

关键词: 气候变暖; 水稻; 品种

中图分类号: S511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-2767(2015)09-0137-03 DOI: 10.11942/j.issn1002-2767.2015.09.0137

气候是影响农业生产的重要因素。自古以来, 在生产力不发达的时期和地区, 农民都是靠天吃饭, 说明气候在农业生产中的重要性。人类的农业生产行为就是适应自然环境和气候变化的过程。明确气候变暖条件下人类生产行为对水稻品种的要求, 为新品种选育提供依据, 对于黑龙江省水稻稳产增产具有重要意义。

1 黑龙江省气候变暖情况

黑龙江省地处中高纬度, 位于中国东北部($N43^{\circ}26' \sim 53^{\circ}33'$, $E121^{\circ}11' \sim 135^{\circ}05'$), 处在由暖温带向寒温带、由湿润区向半干旱区过渡的地带, 气温由东南向西北逐渐降低。

关于黑龙江省气候变暖的研究有诸多报道: ①20世纪80年代气温变暖幅度加大。90年代以后增暖更加显著^[1]。增暖突变始于1993年, 显著变暖始于2000年^[2]。②积温区划内温度和积温增加明显。1971-2005年水稻主产区年平均气温升高 1.2°C , 生长季5-9月平均气温升高 0.9°C ^[3]。平均气温最高值均出现在2000-2009年^[4]。2000-2005年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温比20世纪80年代增加 189°C ^[2]。三江平原地区达到第一积温带热量标准的地区由70年代的0个到90年代已有7个县(市)^[5]。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 $\geq 3\,000^{\circ}\text{C}$ 的地区由90年代的4个县市, 增加到20世纪初的10个县市^[6]。③实际积温带北移东扩。2000-2010年, 第

一积温带实际范围基本覆盖了积温区划的第一、二积温带及第三积温带部分地区, 第二、三、四积温带北移覆盖积温区划的第三、四、五积温带, 第五、六积温带北移且面积明显缩小^[5-6]。到2012年黑龙江省大多县市达到第一、二积温带标准, 仅8个县市达到第三、四、六积温带标准, 第五积温带基本消失^[6]。④未来气候持续增温。模拟结果显示, 2010-2050年还会发生较大气温突变。突变时间为2010-2031年(A2情景)和2010-2033年(B2情景), 突变后温度持续上升, 平均增温 1.25°C (A2情景)和 0.96°C (B2情景)^[7]。2021-2050年黑龙江省大部地区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温还将增加 $300 \sim 500^{\circ}\text{C}$ ^[8]。2050年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温带将北移5个纬距, 第一积温带将北移至大兴安岭北部, 其余4个积温带基本消失^[9-10]。活动积温 $2\,900 \sim 3\,100^{\circ}\text{C}$ (积温区划中不存在此区间)区域和第一、二积温带总面积由占全省面积的14%上升到55%^[8]。

2 气候变暖对黑龙江省水稻品种选育的影响

气候变暖的幅度大、范围广和可持续性, 以及由此带来的其它变化, 必将对水稻品种选育产生影响。

2.1 生育期延长

气候变暖条件下, 水稻生育期缩短; 同时各地平均温度和活动积温增加, 作物生长期延长。这两个条件使生产用品种生育期和水稻生长期之间差距更大, 造成热量资源浪费。前人研究表明, 黑龙江省气温每增高 1°C , 水稻生育期平均缩短 5 d ^[9], 因此, 黑龙江省水稻生育期将缩短 5 d 以上。平均温度每变化 1°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数变化 $6 \sim$

收稿日期: 2015-05-05

基金项目: “十二五”国家粮食丰产科技工程资助项目(2012BAD04B00); 国家水稻产业技术体系资助项目(CARS-01-14); 国家发改委资助项目(发改办高技[2012]1961号)

第一作者简介: 李大林(1971-), 男, 黑龙江省佳木斯市人, 硕士, 副研究员, 从事水稻育种研究。E-mail: eldalin@163.com.

7 d, 积温变化 150~200℃ (近似于 1 个熟级之间的积温差 200℃)^[11], 据此计算, 黑龙江省 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温的持续日数可延长 12~14 d, 种植熟级可变化 2 个熟级。1 个熟级之间的产量差异可达 10%。到 2012 年, 黑龙江省大多数地区已经提升 1~2 个熟级。根据气象模拟结果预测到 2050 年黑龙江省水稻生育期受热量资源限制将很小。热量资源不足曾经是制约黑龙江省水稻育种和生产的一个短板, 在热量资源增加条件下, 高产育种和高产栽培需要长生育期的品种。

2.2 提高单产

温度升高, 水稻发育速度加快、生育期缩短会导致水稻单产下降。前人研究结果表明, 在其它条件不变的情况下, 黑龙江省气温每增高 1℃, 水稻单产减产 6%^[3], 据此计算, 黑龙江省水稻单产可减产 6% 以上。然而根据生产实际调查结果是水稻单产在不断提高。这一方面是科技水平提高的贡献, 另一方面是气候变暖的贡献。根据黑龙江省 1986-2000 年的气象和农业数据表明: 20 世纪 80 年代较 70 年代单产增加 30.6%, 其中由气候变暖带来单产增加 3.9%~4.9%; 20 世纪 90 年代较 80 年代单产增加 42.7%, 其中由气候变暖带来单产增加 9.9%~12.3%; 单纯气候变暖十年贡献率由 80 年代的 12.8% 增加到 90 年代的 23.2%^[12]。说明气候变暖加剧, 其对水稻单产增加的贡献率也进一步加大。

进入 21 世纪初的 10 年中, 育成品种的单产提高幅度 10% 左右 (根据品种审定标准), 近 30 年同熟期审定品种单产增加在 20% 左右。相比 20 世纪 80、90 年代的增产幅度 (30.6%、42.7%) 明显较低。80 年代以前相对于品种所需活动积温明显不足, 数据显示, 1985 年以前北部稻作区水稻生产稳产度仅为 52.5%^[11], 随气候变暖, 进入 90 年代, 品种所需积温得到一定满足^[3, 6, 13-14], 因此单产较 80 年代大幅度提高。进入 21 世纪, 气候继续变暖, 一些地区出现了活动积温与品种所需积温相比过剩的情况。因此最近十几年单产提高主要是科技贡献, 单产提高幅度不大的原因是气候变暖增加的活动积温没有得到有效利用。如果气候变暖对提高单产的贡献作用得到有效发挥, 提高单产仍有很大潜力。

2.3 强抗逆性

气候变暖的结果, 温差增大, 对流增强, 常常造成不可预见的灾害性气候发生。高、低温气温的极值会增大、发生频率可能增加; 降水分布不

均, 大雨和暴雨增多, 导致洪涝和干旱频率增加^[15]。①耐热性。高温使水稻发育加快、生育期缩短、光合作用时间减少、呼吸作用增强、影响花粉受精, 导致减产。黑龙江省最高温度研究结果并不一致^[16]。多数认为极端高温不断上升。2001-2010 年黑河下游多个地区最高温度超过 40℃^[17], 明显高于产生危害的温度 35~37℃。21 世纪初的 10 年中佳木斯、哈尔滨地区均出现过 35~37℃ 高温, 因其持续时间较短, 短期内对水稻生产还不会带来严重危害。但未来气候极端高温持续期可能延长, 使危害水稻生产的可能性增加。②耐冷性。低温使水稻生育期延迟, 不能正常成熟或造成不育, 导致大幅度减产。黑龙江省生长季低温天气发生比较频繁, 低温冷害一般每 3~5 a 发生一次, 随气候变暖, 虽然低温天气发生概率明显降低, 但低温冷害依然存在且具不确定性。2000-2011 年低温冷害发生 4 次, 说明低温冷害并没有因气候变暖而减少。气候变暖, 播期提前, 直播面积也在迅速扩大。要求品种在芽期、苗期也有较好的耐冷性, 以适应生育前期的低温环境。因此选育品种在耐高温、耐低温、抗涝、抗旱方面有更高要求, 以应对未来不确定的灾害气候条件。国际水稻研究所 (IRRI) 已经开始抗涝、抗旱和耐高温育种。

2.4 抗病虫害

气候变暖, 水稻病虫害发生有加重趋势。暖冬, 病原菌和害虫越冬能力增强, 病原菌和害虫基数提高; 回暖快, 危害时间延长; 气温高, 病原菌和害虫生育周期缩短, 种群繁殖更快, 加重危害; 等温线北移, 危害范围扩大。

黑龙江省危害较大的虫害是潜叶蝇、负泥虫和中华稻蝗, 近些年二化螟、三化螟危害有加重趋势。高温高湿易发生稻瘟病、鞘腐病、纹枯病。近几年稻曲病、褐变穗、小球菌核病、粒黑粉病发病有加重趋势。品种选育对抗虫效果有待于进一步研究, 而通过品种选育对增强抗病性则效果显著。

2.5 光温不敏感

水稻起源于热带, 属高温短日照作物。黑龙江省稻作区属于寒地稻区, 生产上只能应用光温钝感类型。但品种间存在光温敏感性差异。通过选育光温敏感性更弱的品种, 保持年际间生育期的稳定, 减少高温年生育期明显缩短和低温年生育期明显延长的情况发生。

2.6 株型结构优化

当前生产中主要是穗数型品种, 单穗重较低。

产量潜力研究表明,穗重型品种具有明显的产量优势且更容易实现高产^[18-20]。黑龙江省穗数型品种的应用主要是受到 20 世纪 70~80 年代积温不足的影响,随着气候变暖,黑龙江省育成品种在单穗重方面有了一定幅度增加,品种类型有向穗重型转化的趋势。穗重型品种单穗重可以比穗数型品种 $2\text{ g}\cdot\text{穗}^{-1}$ 左右提高到 $3\sim 5\text{ g}$ 甚至 5 g 以上,单穗重提高 $50\%\sim 100\%$ 。与穗数型相比,穗重型品种在株型方面将有较大的变化^[21]。株型向 IRRI 提出的理想株型结构发展。①秆强。单穗重增加,每一茎所承受的穗重增加,穗数型茎粗和茎强度不能满足穗重增加的需要,要求有更强壮而有弹性和韧性的茎秆以增强抗倒伏能力。②功能叶成活时间长,不早衰。单穗重增加,要求品种比穗数型品种具有更长的功能叶维持时间,活秆成熟,以满足水稻灌浆需求。③分蘖适中,无效分蘖少。④直立、偏直立穗型。选育直立大穗品种是高产育种的有效途径并得到广泛认可。直立穗型品种比弯曲穗型有更强的抗倒伏能力^[22]。黑龙江省推广面积超 66.67 万 hm^2 的 2 个品种空育 131 和龙粳 31 均属这种穗型。⑤生物产量大,更适宜稀植栽培。

2.7 气温对品质影响小。

灌浆期高温不利于优质稻米的形成。高温灌浆快,成熟后籽粒不饱满,垩白大,出米率低,米粒透明度差,无光泽,米饭较硬。温度对品质的影响,品种间差异较大。年际间灌浆期温度差异较大,且灌浆期温度有逐年提高的趋势,不利于优质稻米的形成,因此在品质方面,在选择优质米同时,还要考虑气温因素,选择受温度影响较小的品种。

3 结论与讨论

气候变暖对农业的影响是很大的,需要做好应对各种变化的准备。一个新品种的育成大约需要 10 a 时间,因此在新品种选育时,必须对未来农业环境做出正确评估,减少育种盲目性和利用更多有利的农业因素。气候研究结果显示,变暖会持续,因此要适当考虑晚熟品种的应用。品种生育期短,稳产度会增加,但浪费了热量资源,不利于水稻单产及总产的提高。未来水稻产量的提高,除了气候变暖和生产水平提高、 CO_2 浓度提高带来的益处外,还需要水稻育成品种生产能力的提高,生产能力的提高要从生育期、株穗型、优势利用方面进行品种改良,在选育优质米品种时,注意温度的影响,选育年际间品质差异小的品种。不断提高育成品种的抗逆性,以提高水稻生产安

全性和产量稳定性。

参考文献:

- [1] 潘华盛,张桂华,徐南平. 20 世纪 80 年代以来黑龙江气候变暖的初步分析[J]. 气候与环境研究, 2003, 8(3): 348-355.
- [2] 季生太,杨明,纪仰慧,等. 黑龙江省近 45 年积温变化及积温带的演变趋势[J]. 中国农业气象, 2009, 30(2): 133-137.
- [3] 王萍,李廷全,闫平,等. 黑龙江省近 35 年气候变化对梗稻发育期及产量的影响[J]. 中国农业气象, 2008, 29(3): 268-271.
- [4] 苏晓丹,张雪萍. 黑龙江省近 56 年气温降水变化特征及突变分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(14): 205-209.
- [5] 石剑,杜春英,王育光,等. 黑龙江省热量资源及其分布[J]. 黑龙江气象, 2005(4): 29-32.
- [6] 曹萌萌,李倩,张立友,等. 黑龙江省积温时空变化及积温带的重新划分[J]. 中国农业气象, 2014, 35(5): 492-496.
- [7] 张婧婷,冯利平,潘志华. 黑龙江省未来 41 年气候变化趋势与突变分析[J]. 气象与环境科学, 2014, 37(3): 60-66.
- [8] 朱海霞,吕佳佳,李秀芬,等. SRES A2/B2 情景下未来黑龙江省积温带格局的演变[J]. 中国农业气象, 2014, 35(5): 485-491.
- [9] 王艳秋,高煜中,潘华盛,等. 气候变暖对黑龙江省主要农作物的影响[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(6): 373-378.
- [10] 潘华盛,徐南平,张桂华. 气候变暖对黑龙江省农作物结构调整影响及未来 50 年农业情景对策[J]. 黑龙江气象, 2004(1): 13-15, 27.
- [11] 方修琦,盛静芬. 从黑龙江省水稻种植面积时空变化看人类对气候变化影响的适应[J]. 自然资源学报, 2000, 15(3): 213-217.
- [12] 方修琦,王媛,徐铨,等. 近 20 年气候变暖对黑龙江省水稻增产的贡献[J]. 地理学报, 2004, 59(6): 820-828.
- [13] 邹秋菊,刘天玲. 佳木斯地区热量条件变化规律及积温带北移的分析[J]. 黑龙江气象, 2005(2): 21-23.
- [14] 方丽娟,陈莉,覃雪,等. 近 50 年黑龙江省作物生长季农业气候资源的变化分析[J]. 中国农业气象, 2012, 33(3): 340-347.
- [15] 周秀杰,张桂华,郑红,等. 黑龙江省气候变暖对极端天气气候事件的影响[J]. 气象, 2004, 30(11): 47-50.
- [16] 胡宜昌,董文杰,何勇. 21 世纪初极端天气气候事件研究进展[J]. 地球科学进展, 2007, 22(10): 1066-1075.
- [17] 李占杰,李占玲. 1961-2010 年黑河流域极端气温变化特征分析[J]. 水资源研究, 2012(1): 480-485.
- [18] 马均. 不同穗重型水稻的形态、理化特性及产量潜力的研究[D]. 雅安:四川农业大学, 2002: 78.
- [19] 张强,李自超,吴长明,等. 不同株穗形水稻超高产品种形态特征的研究[J]. 吉林农业科学, 2006, 31(1): 7-12, 15.
- [20] 徐正进,陈温福,张龙步,等. 水稻理想穗型设计的原理与参数[J]. 科学通报, 2005, 50(18): 2037-2039.
- [21] 邵国军,韩勇,丁芬,等. 辽粳系列水稻品种选育及主要产量性状研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2012, 43(6): 660-666.
- [22] 徐正进,张树林,周淑清,等. 水稻穗型与抗倒伏性关系的初步分析[J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(5): 561-563.