



张振宇,党姝.低温胁迫对不同粳稻品种耐冷性的影响[J].黑龙江农业科学,2023(12):6-14.

低温胁迫对不同粳稻品种耐冷性的影响

张振宇,党 姝

(吉林农业科技学院 农学院,吉林 吉林 132101)

摘要:为筛选耐冷性强的水稻品种,对东北中部黑土稻区粳稻品种进行耐冷性鉴定,分析冷害胁迫下粳稻不同品种生理生化差异。结果表明,经过低温处理的水稻叶绿素含量要低于正常水稻中的含量;游离脯氨酸的含量要高于正常水稻中的含量;可溶性糖的含量要高于正常水稻中的含量。吉粳 809、秋田小町两个品种在可溶性糖含量、叶绿素含量与 Pro 含量上表现更为稳定,耐冷性较强。

关键词:低温;粳稻;耐冷性

水稻在粮食生产中处于较高地位,关系到我国粮食安全^[1]。水稻性喜温暖,在气温小于 15℃时,其种子发芽、水稻幼苗生长发育、颖花分化、开花受精和籽粒灌浆成熟等生育历程都会发生改变,进而导致产量发生改变^[2-3]。冷害主要是指植物在其生长所需的室温以下至冰点以上的低温范围内对植物造成的伤害,这种情况下多会发生生长停滞或生育障碍等现象^[4-5]。低温冷害是稻作生产中的一个世界性问题^[6]。水稻低温冷害,可分为营养生长期冷害和生殖生长期冷害,一般出现在苗期和孕穗期,即延迟型冷害和障碍型冷害^[7]。低温环境不利于水稻的生长发育,尤其是在

种子萌发和幼苗生长期,在此期间若出现极端低温天气^[7-8],对水稻出苗及发育会有明显的抑制,严重时会造成水稻减产甚至颗粒无收,因此低温冷害是影响水稻生产的主要逆境之一^[9-11],是抑制水稻高产的重要限制因子。

全球每年因低温伤害所造成的农、林业损失可高达数千亿^[12]。水稻苗期的耐冷性和孕穗期以及开花期的耐冷性紧密相关^[13]。不同水稻品种对于温度较低天气耐受性范围也不同。从不同水稻品种耐冷性角度出发,选育出耐冷性较强的品种并用于生产是增加水稻产量的一个有效措施^[14]。作物低温抗性有作物自身拥有的抗性和在经过冷驯化或其余方式诱导得来的,相较而言,后一种作物的诱导抗性与作物的自然生长环境最为相似,是当前水稻抗冷性研究的重点^[15-16]。水稻的诱导抗性因品种不同会产生差异,因此一般不

收稿日期:2023-08-20

基金项目:吉林省地方科技创新引导项目(20220404005NC)。

第一作者:张振宇(1982—),男,博士,副教授,从事作物学研究。E-mail:53347007@qq.com。

通信作者:党姝(1983—),女,硕士,副教授,从事作物栽培学研究。E-mail:122561108@qq.com。

Application of Mixed Pool Sequencing in QTL Verification of Rice Deep Root Ratio

BAO Zeran

(Rice Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Reclamation Sciences, Jiamusi 154000, China)

Abstract: The root system of rice is a key organ for nutrient absorption and growth, and a strong root system is an important indicator for cultivating drought resistance in rice. In order to cultivate excellent rice varieties, mixed pool sequencing method was used to sequence rice samples, and sample screening and labeling were carried out through inter parent polymorphism to mine quantitative trait loci (QTLs) for root traits in rice. The results showed that among the parental polymorphism markers, 486 SSR molecular markers were used to analyze parental polymorphism, with the highest proportion of polymorphism being 43.20%. In QTL mapping of rice, 5 candidate genes were identified to be specifically expressed at the root tip and related to the growth angle of the root tip, indicating a close relationship between these genes and the deep root ratio of rice.

Keywords: rice; QTL; mixing cell sequencing; depth root ratio; gene

同品种的抗性差异不同^[17]。合理低温可在一定程度上加快水稻在苗期的生长,但若超出合理范围对水稻生长会有负面作用,最后会导致产量降低^[18]。

水稻各单项指标的相对值在品种间存在着很大的差异,因此评价品种耐冷性仅用单一指标并不准确,应测定不同生理指标判定水稻耐冷性^[19]。综上所述,研究不同品种水稻耐冷性,揭示水稻在低温冷害逆境下的生理机制,并对其应用进行研究,筛选耐冷性较强的水稻品种,可为水稻生产提供抗冷理论和实践基础,对于本地区水稻品种及相关高产栽培技术的推广均具有重要的指导意义。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验采用吉林省生产上主栽的粳稻品种吉粳 95、吉粳 306、吉粳 507、吉粳 511、吉粳 515、吉粳 809、通系 935、通禾 66、通禾 77、辉粳 7 号、廪实 428、廪实 698、宏科 8 号、宏科 57、宏科 67、宏科 79、宏科 87、宏科 88、吉香 6 号、吉宏 9 号、秋田小町、秋光、吉农大 521 为供试材料。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2022 年在吉林农业科技学院进行,将胚芽 0.5 cm、胚根 1.0 cm 的不同粳稻种子放于铺有吸水纸的瓷盘中,每盘中放入 1 个品种,每个品种 50 粒,分别进行 4 ℃ 低温处理 5、7 和 10 d。将处理后的品种在白天 28 ℃、黑夜 24 ℃ 的光照培养箱中恢复 10 d。4 月 15 日播种,5 月 25 日插秧,移栽叶龄 3.5 叶左右,插秧规格为 30 cm×20 cm,每穴 3 苗,每处理占地面积 9 m²。移栽后 20 d 至成熟分别在苗期、返青分蘖始期、颖花分化期、灌浆成熟初期持续用 17 ℃ 左右深井冷水灌溉 10 d,保持 25 cm 水层;正常水温 23 ℃ 灌溉作为对照,栽培方式与冷水灌溉试验相同。

1.2.2 测定项目及方法 游离脯氨酸含量的测定方法:①选取新鲜的不同粳稻叶片,清洗干净、自然晾干、剪碎后称取叶片 2.0 g;②将称取的水稻叶片放入研钵中后加入 3 mL 80% 乙醇研磨,将其加入具塞刻度试管中;③用 80% 乙醇向装有叶片的具塞刻度试管中定容至 10 mL;④将研磨后的液体放到试管中,在 80 ℃ 恒温水浴锅中加热 20 min;⑤用活性炭滤纸过滤提取后的液体中的残渣,将滤液放到加入 1/5 人造沸石的试管中剧

烈震荡 5 min;⑥将上层液在 16 000 r·min⁻¹ 离心机上离心 10 min,提取上清液;⑦从离心后的上清液取 2 mL 置于试管中后加入 2 mL 冰醋酸试剂和 2 mL 茚三酮试剂进行密封;⑧在水浴锅中沸水加热 15 min 后冷却,加入甲苯 5 mL,在黑暗条件下静置等待液体完全分层后取甲苯层放置于紫外可见分光光度计中 520 nm 处比色;⑨配制 7 个系列脯氨酸标准溶液,按上述过程进行分层和测定。横坐标用游离脯氨酸的含量表示,纵坐标用光密度值做标准曲线。

$$\text{脯氨酸含量}(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}) = C \times V_T / W \times V_1$$

式中, C 为从标准曲线上查得的脯氨酸的质量(μg); V_T 为提取液总体积(mL); V_1 为测定液体积(mL); W 为样品质量(g)。

叶绿素含量的测定方法:①剪去水稻叶片头部和根部,擦净表面灰尘,剪成细条用电子天平称取 0.1 g 倒入具塞刻度试管中;②在放入水稻的具塞试管中加入 95% 的乙醇丙酮混合溶液 10 mL,使剪碎的叶片完全浸入乙醇丙酮混合液中,密封;③放到恒温箱中温度调成 35 ℃ 提取叶绿素,等待叶片完全变成白色;④将具塞刻度试管从恒温箱中取出,将上清液倒入比色皿中,用紫外可见分光光度计在位于波长 663 和 645 nm 处进行比色,计算叶绿素含量。

叶绿体色素含量($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) = 色素的浓度(C) × 提取液体积 × 稀释倍数 / 样品鲜重

可溶性糖含量的测定方法:可溶性糖含量作为作物体内碳水化合物产物转化的代表,本试验利用蒽酮法测定芽期叶片中可溶性糖含量,步骤如下:①新鲜叶片剪碎并利用电子天平称取 0.5 g,将其放入装有 15 mL 水的大试管中,在水浴锅中沸水加热 20 min;②等待其冷却后,用活性炭滤纸过滤,将滤液定容至 100 mL 容量瓶中;③从容量瓶中用移液管吸取 1 mL 提取液,再向其中加入 5 mL 蒽酮,摇匀,在水浴锅中沸水加热 10 min;④待其冷却后放置在分光光度计中,在 620 nm 波长进行比色。根据标准曲线和公式计算。

$$\text{可溶性糖含量}[\text{g} \cdot (100 \text{ g})^{-1}] = \frac{C \times D}{W \times 10^6} \times 100$$

式中, C 为在标准曲线上查出的糖含量(μg); D 为稀释倍数; W 为样品鲜重重量(g)。

1.2.3 数据分析 利用 Excel 2010 和 DPS 9.5 对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 低温胁迫对水稻各生育时期可溶性糖含量的影响

2.1.1 苗期 由图1可知,在苗期冷水胁迫下吉粳515、通禾66、辉粳7号、宏科57、宏科67和宏科87这些品种可溶性糖含量升高幅度较大,溶液溶质浓度变高,作物体内的可溶性糖含量增加会提高这些品种的耐冷性;吉粳809、通系935、宏科79与秋光这些品种可溶性糖含量升高幅度较小,抗冷机制启动较慢,耐冷性一般;其他品种可溶性糖

含量呈下降趋势,其耐冷性较弱,需要结合下一时期综合分析。

2.1.2 返青分蘖期 由图2可知,在返青分蘖期冷水胁迫下吉粳306、宏科88、吉粳507、廪实428、吉粳511、秋田小町、吉粳809、秋光、通系935、宏科87、通禾77、宏科8号、吉宏9号、宏科79与通禾66这些品种可溶性糖含量升高幅度较大,即耐冷性较强;吉粳95、吉粳515、辉粳7号、廪实698、宏科67与吉香6号这些品种可溶性糖含量升高幅度较小,即耐冷性一般。

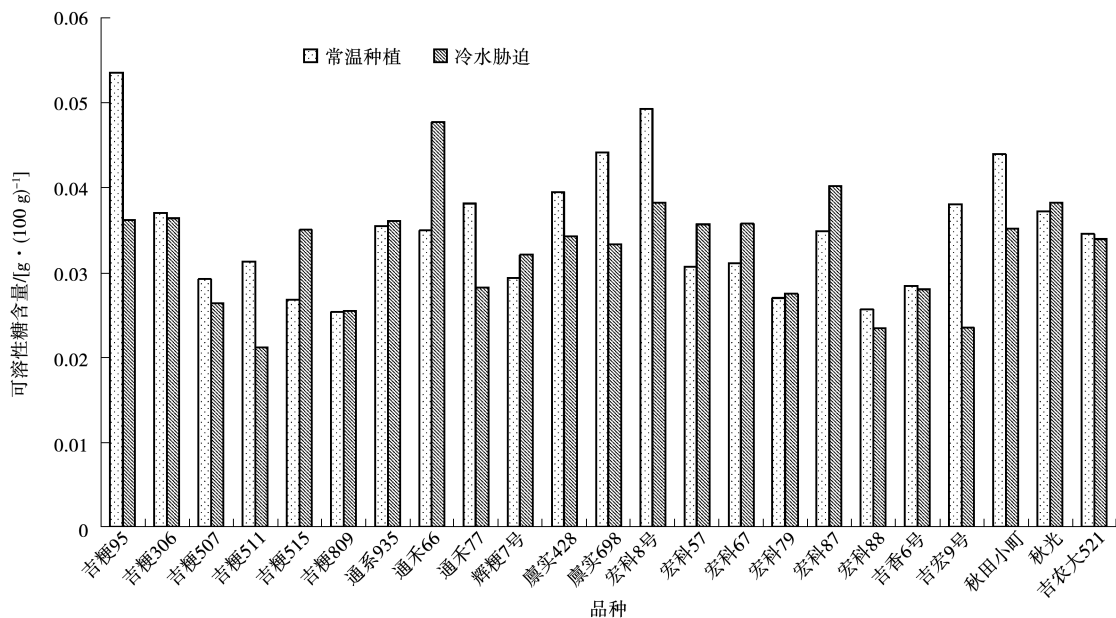


图1 低温胁迫对水稻苗期可溶性糖含量的影响

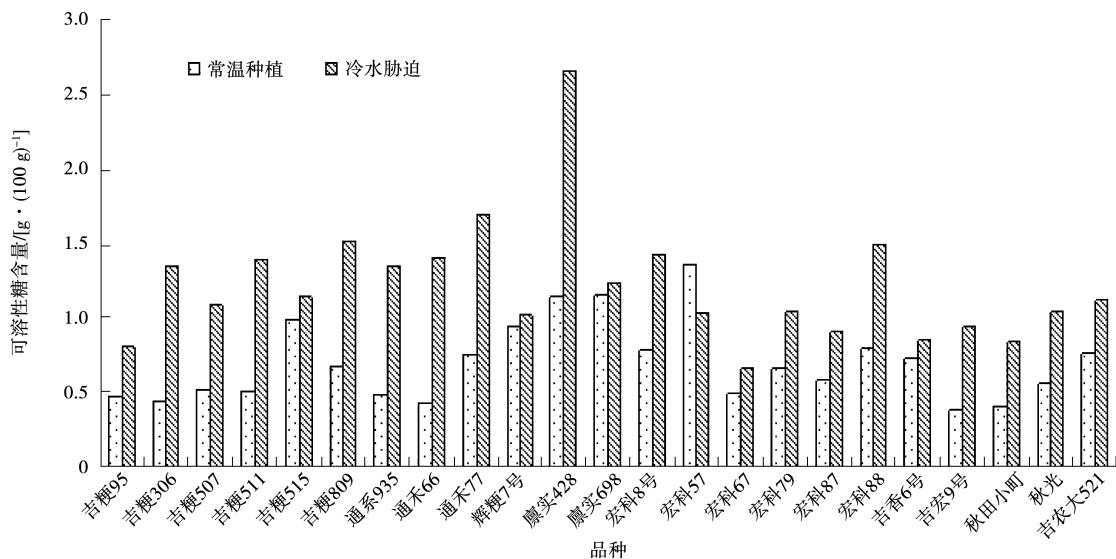


图2 低温胁迫对水稻返青分蘖期可溶性糖含量的影响

2.1.3 颖花分化期 由图 3 可知,在颖花分化期冷水胁迫下吉粳 95、吉粳 306、宏科 57、宏科 79 与吉农大 521 这些品种可溶性糖含量升高幅度较大,即耐冷性较强;吉粳 809、宏科 67 与宏科 87 这些品种可溶性糖含量升高幅度较小,即耐冷性一般;而其他品种可溶性糖含量呈下降趋势,耐冷性较弱。

2.1.4 灌浆成熟期 由图 4 可知,在冷水胁迫下

宏科 67 和辉粳 7 号品种可溶性糖含量升高幅度较大,即耐冷性较强;秋田小町品种可溶性糖含量升高幅度较小,即耐冷性一般;而其他品种可溶性糖含量呈下降趋势,其耐冷性较弱。

综上所述,冷水胁迫处理下,随着冷水处理时间延长,吉粳 809、宏科 67、辉粳 7 号、秋田小町这些品种可溶性糖含量较高,耐冷性较强。

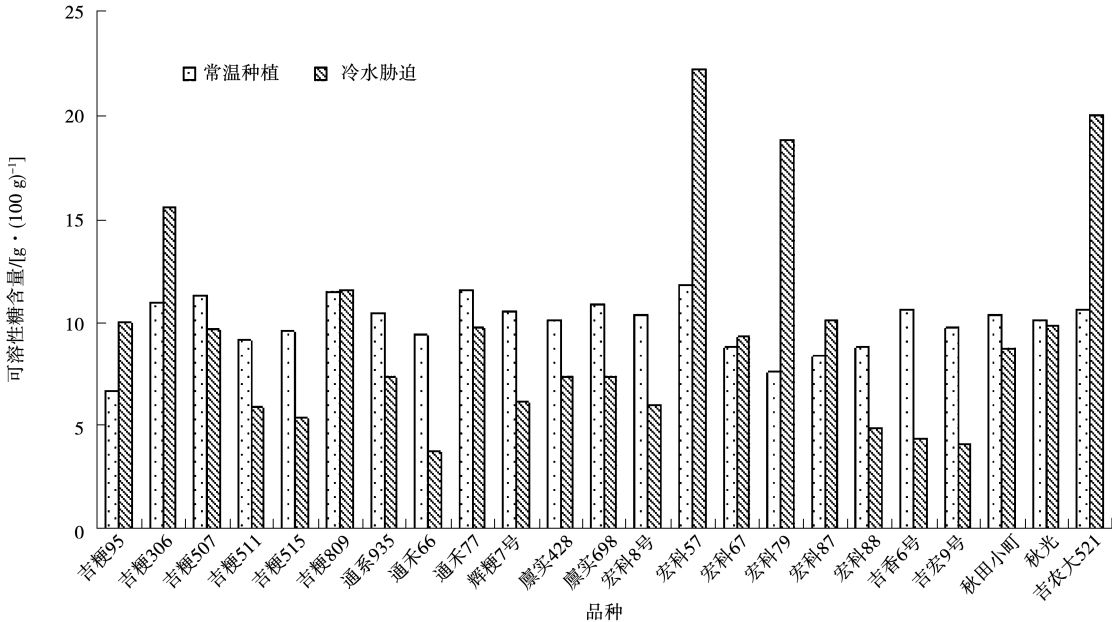


图 3 低温胁迫对水稻颖花分化期可溶性糖含量的影响

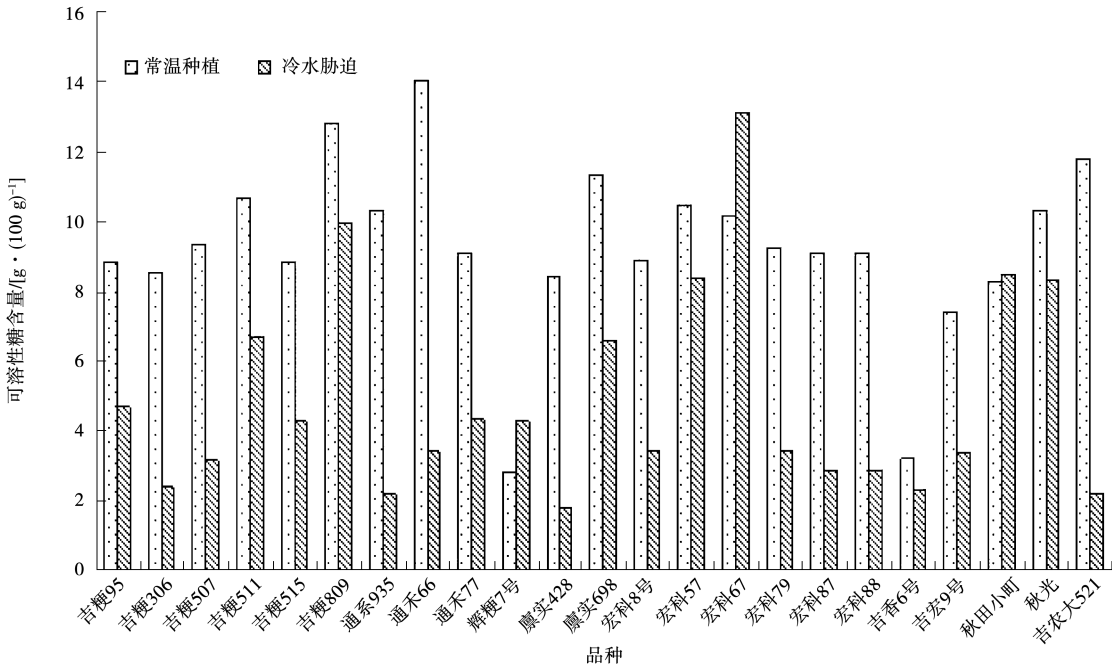


图 4 低温胁迫对水稻灌浆成熟期可溶性糖含量的影响

2.2 低温胁迫对水稻叶绿素含量的影响

2.2.1 苗期 由图 5 可知,在苗期冷水胁迫下叶绿素的含量比常温下叶绿素的含量平均降低 15%,其中吉梗 306、吉梗 507、吉梗 515、吉梗 809、宏科 8 号、通禾 77、宏科 57、宏科 87、吉香 6 号、吉宏 9 号、秋田小町、秋光与吉农大 521 这些品种相较于其他品种变化幅度更稳定,生长较好,耐冷性较强。

2.2.2 返青分蘖期 由图 6 可知,在返青分蘖期冷水胁迫下叶绿素的含量比常温下叶绿素的含量平均降低 8%,其中吉梗 95、吉梗 306、宏科 79、吉梗 511、吉梗 515、宏科 57、吉梗 809、辉梗 7 号、通禾 66、吉宏 9 号、宏科 67、宏科 87 与宏科 8 号叶绿素比常温种植高,相较于其他品种变化幅度更稳定,生长较好,耐冷性较强。

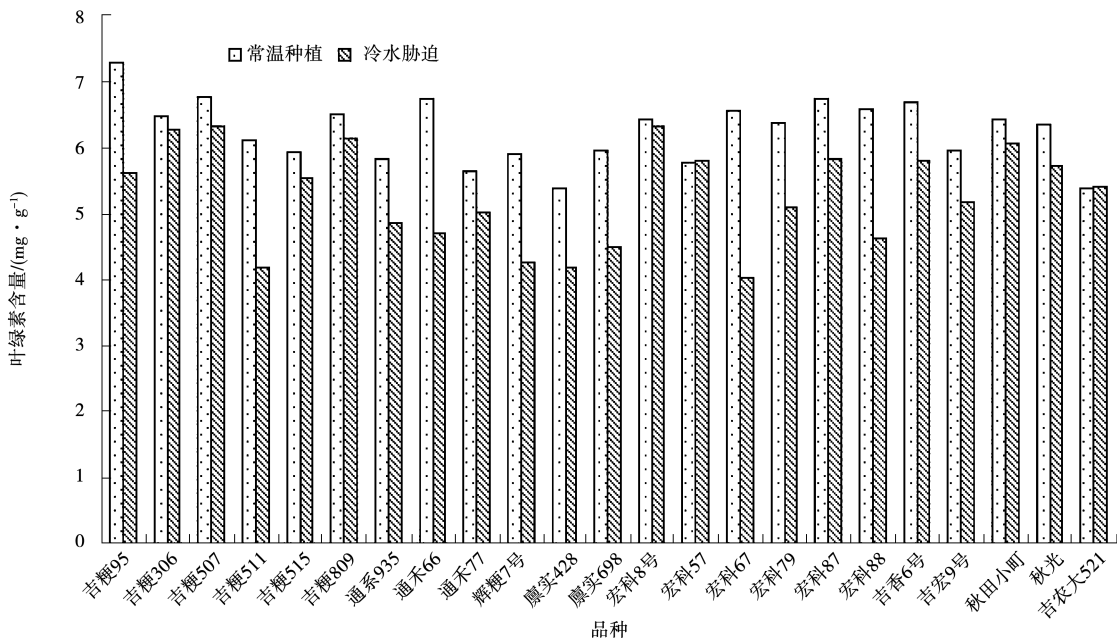


图 5 低温胁迫对水稻苗期叶绿素含量的影响

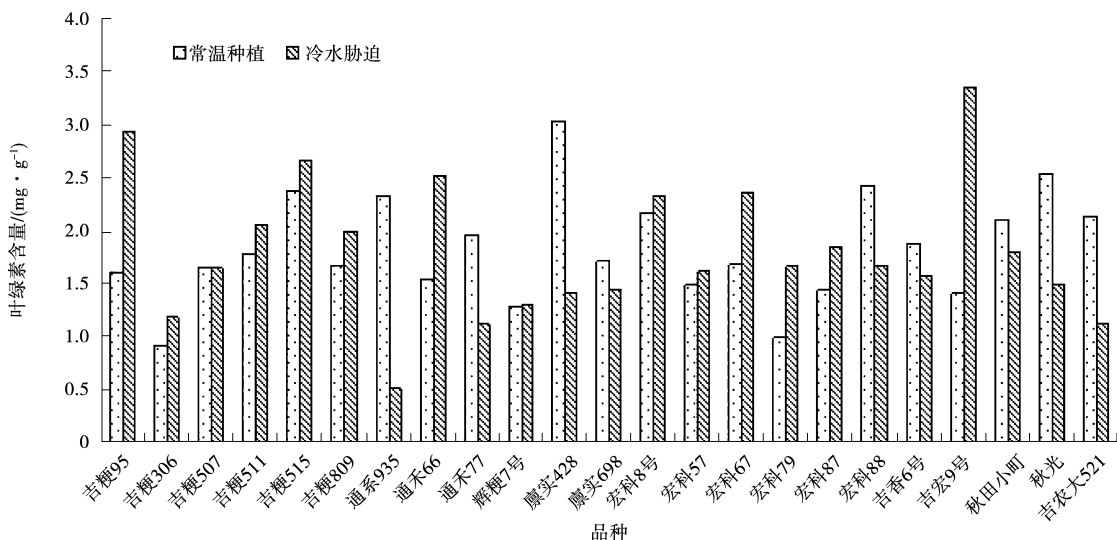


图 6 低温胁迫对水稻返青分蘖期叶绿素含量的影响

2.2.3 颖花分化期 由图 7 可知,在颖花分化期冷水胁迫下叶绿素的含量比常温下叶绿素的含量平均降低 15%,其中吉梗 95、康实 698、宏科 87

与秋田小町叶绿素含量相较于其他品种变化幅度更稳定,生长较好,耐冷性较强。

2.2.4 灌浆成熟期 由图 8 可知,在灌浆成熟期

冷水胁迫下叶绿素的含量比常温下叶绿素的含量平均降低 46%，其中吉梗 95、吉梗 809、宏科 79

与秋田小町叶绿素含量相较于其他品种变化幅度更稳定,生长较好,耐冷性较强。

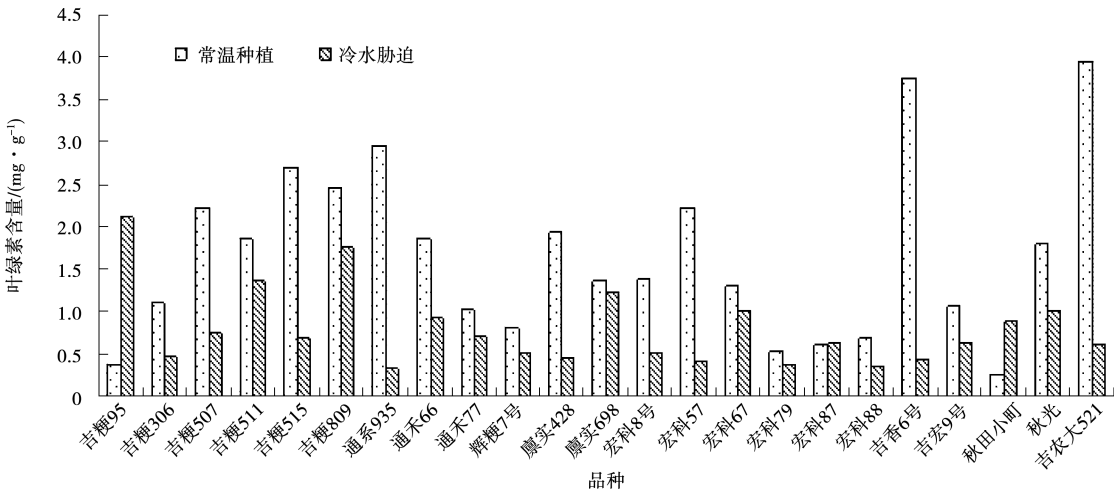


图 7 低温胁迫对水稻颖花分化期叶绿素含量的影响

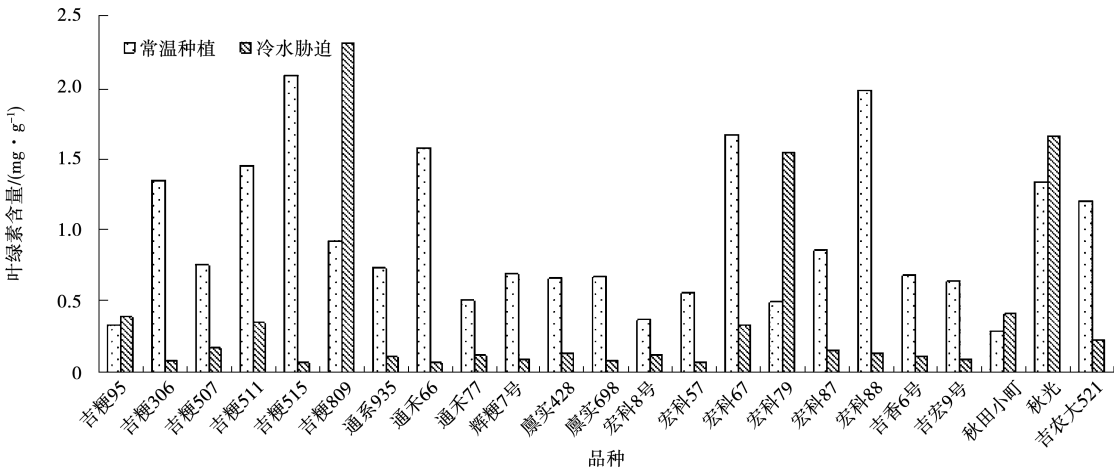


图 8 低温胁迫对水稻灌浆成熟期叶绿素含量的影响

综上所述,不同生育时期的冷水处理下叶绿素含量随着冷水处理时间延长,吉梗 95、吉梗 809、宏科 79 与秋田小町这些品种变化幅度更稳定,生长较好,耐冷性较强。

2.3 低温胁迫对水稻游离脯氨酸含量的影响

2.3.1 苗期 由图 9 可知,在苗期冷水胁迫下(游离脯氨酸)Pro 的含量比常温下 Pro 的含量平均降低 14%，其中吉梗 95、吉梗 511 与秋田小町这些品种相较于其他品种变化幅度更稳定,生长较好,耐冷性较强。

2.3.2 返青分蘖期 由图 10 可知,在返青分蘖期冷水胁迫下 Pro 的含量比常温下 Pro 的含量平

均降低 10%，其中吉梗 511、吉梗 515、通禾 66、稟实 698、宏科 87、吉香 6 号、吉宏 9 号与秋田小町这些品种相较于其他品种变化幅度更稳定,生长较好,耐冷性较强。

2.3.3 颖花分化期 由图 11 可知,在颖花分化期冷水胁迫下 Pro 的含量比常温下 Pro 的含量有升有降,其中吉梗 306、吉梗 507、吉梗 511、吉梗 809、辉梗 7 号、通禾 77、稟实 428、宏科 57、宏科 67、宏科 87、吉宏 9 号与秋田小町这些品种相较于其他品种变化幅度更较小,生长较好,耐冷性较强。

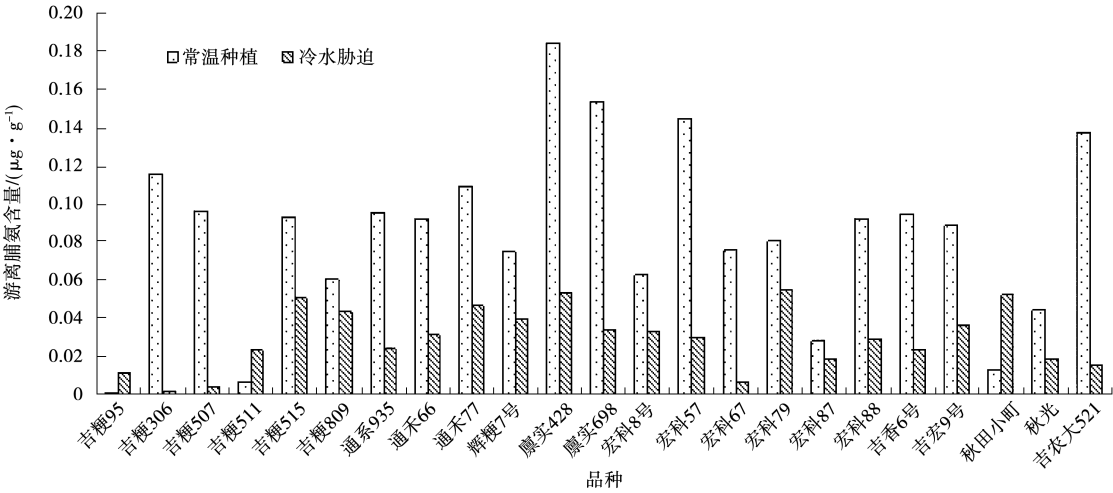


图 9 低温胁迫对水稻苗期游离脯氨酸含量的影响

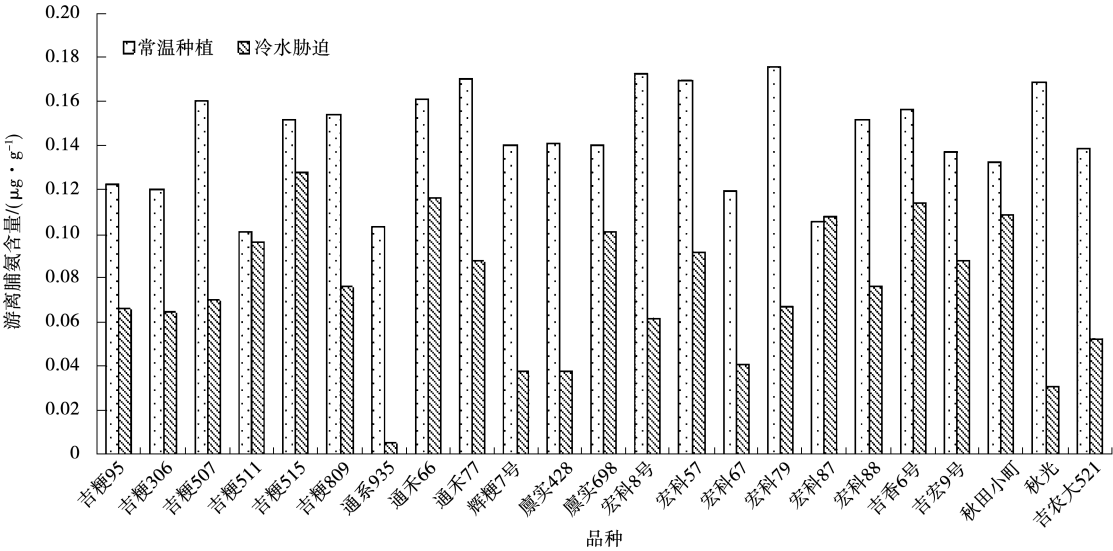


图 10 低温胁迫对水稻返青分蘖期游离脯氨酸含量的影响

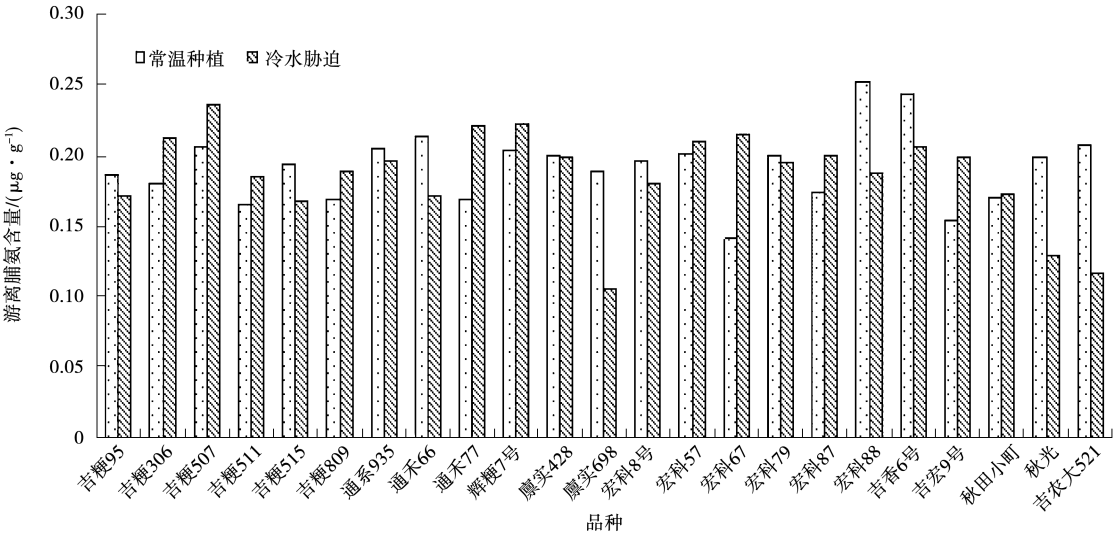


图 11 低温胁迫对水稻颖花分化期游离脯氨酸含量的影响

2.3.4 灌浆成熟期 由图 12 可知,在返青分蘖期冷水胁迫下 Pro 的含量比常温下 Pro 的含量平均升高 47%,其中吉粳 306、吉粳 809、吉粳 515、

通禾 77、秋田小町、廪实 698、宏科 8 号、宏科 67、宏科 79 与辉粳 7 号这些品种相较于其他品种变化幅度更稳定,生长较好,耐冷性较强。

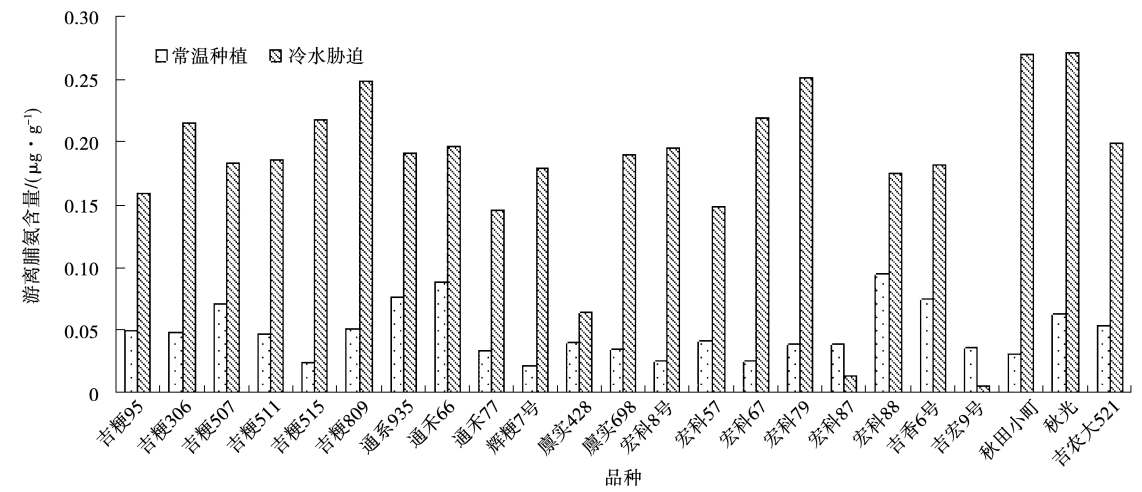


图 12 低温胁迫对水稻成熟灌浆期游离脯氨酸含量的影响

综上所述,不同生育时期的冷水处理下 Pro 含量随着冷水处理时间延长,吉粳 306、吉粳 511 与秋田小町这些品种变化幅度更稳定,生长较好,耐冷性较强。

3 讨论

经许多学者对水稻耐冷性的研究说明^[20-21],通过检测水稻叶片内叶绿素含量、可溶性糖含量与游离脯氨酸含量等生理指标,从而鉴定在低温环境下水稻的耐冷性变化^[22-23]。可溶性糖含量代表作物体内碳水化合物合成、转化与输出代谢的状况。作物中的糖类主要参与新陈代谢和能量储藏^[24-25]。低温处理导致水稻叶绿体色素产生损伤,引起其含量改变^[26]。本研究表明,在冷水胁迫下一些水稻品种中的可溶性糖含量要高于常温种植下水稻中的可溶性糖含量,进而提高其耐冷性;不同品种在相同冷水胁迫下,耐冷性有明显差异,同一品种在不同时期冷害胁迫下叶片中叶绿素含量降低,会引起光合速率下降。

水稻耐冷机理的基因调控上,已经开始对逆境蛋白质的生理作用、有关基因表达及基因克隆等继续进行研究^[27-30]。提高不同粳稻品种后代的耐冷性,挖掘出耐冷性强的水稻资源可使水稻在耐冷性育种上获得突破性的进展,但如何加强分子生物学研究进而阐述基因及蛋白在低温胁迫下的响应,其具体机制还需进一步研究探讨。

4 结论

不同生育时期的冷水胁迫处理下随着处理时间延长,吉粳 809、宏科 67、辉粳 7 号、秋田小町这些水稻品种可溶性糖含量较高,耐冷性较强。随着冷水胁迫处理时间延长,吉粳 95、吉粳 809、宏科 79 与秋田小町品种叶绿素变化幅度更稳定,生长较好,耐冷性较强。随着冷水胁迫处理时间延长,吉粳 306、吉粳 511 与秋田小町这些品种游离脯氨酸变化幅度更稳定,生长较好,耐冷性较强。冷水胁迫下水稻中的叶绿素含量要低于常温种植下水稻中的叶绿素含量。在冷水胁迫下水稻灌浆或成熟期中的 Pro 含量要高于常温种植下水稻中的 Pro 含量。经过各项指标综合分析得出,粳稻品种吉粳 809 和秋田小町低温胁迫下可溶性糖含量较高,叶绿素含量与 Pro 含量表现更为稳定,耐冷性更强。

参考文献:

[1] 李莺歌,吴俊,柏斌,等. 水稻苗期耐冷性研究进展[J]. 杂交水稻,2015,30(3):9-16,28.

[2] 王春萍,雷开荣,李正国,等. 低温胁迫对水稻幼苗不同叶龄叶片叶绿素荧光特性的影响[J]. 植物资源与环境学报,2012,21(3):38-43.

[3] 武琦,邹德堂,赵宏伟,等. 不同生育时期低温胁迫下水稻耐冷指标变化的研究[J]. 作物杂志,2012(6):95-101.

[4] 张荣萍. 水稻耐冷性机制研究进展[J]. 湖北农业科学,2015,54(16):3844-3848.

[5] 田奉俊,朴燕,曹海珺,等. 吉林省水稻低温冷害发生特征与防御措施[J]. 作物杂志,2008(5):77-80.

- [6] 饶玉春,杨窑龙,黄李超,等.水稻耐冷胁迫的研究进展[J].分子植物育种,2013,11(3):443-450.
- [7] 王兰,蔡千蕙.低温胁迫对水稻苗期 SOD、POD 活性的影响[J].湖南农业科学,2011(11):56-58,62.
- [8] 夏秀忠,张宗琼,杨行海,等.广西水稻地方品种耐冷性鉴定及相关分析[J].植物遗传资源学报,2016,17(6):969-975.
- [9] 周勇,朱孝波,袁华,等.水稻单片段代换系芽期和苗期耐冷性分析及耐冷性 QTL 鉴定[J].中国水稻科学,2013,27(4):381-388.
- [10] 傅泰露,马均,李敏,等.杂交水稻苗期耐冷性综合评价及其鉴定指标的筛选[J].西南农业学报,2009,22(3):608-614.
- [11] 刘欣,覃宝祥,曾伟,等.水稻苗期耐冷相关性状 QTLs 的初步定位[J].分子植物育种,2015,13(5):968-976.
- [12] 潘英华,郑薇薇,李金杰,等.水稻耐冷性鉴定及定位研究概况[J].中国农学通报,2010,26(17):54-59.
- [13] LI L S, YING J, LI E, et al. *Arabidopsis* CBP 60b is a central transcriptional activator of immunity[J]. Plant Physiology, 2021,186(3):1645-1659.
- [14] 杨梯丰,张少红,王晓飞,等.多样性国际稻种四个生长发育时期的耐冷性及其与籼粳性的关系[J].分子植物育种,2017,15(2):763-773.
- [15] ZHANG F, MA X F, GAO Y M, et al. Genome-wide response to selection and genetic basis of cold tolerance in rice (*Oryza sativa* L.)[J]. BMC Genetics, 2014,15:55.
- [16] 李美茹,刘鸿先,王以柔.植物抗冷性分子生物学研究进展[J].热带亚热带植物学报,2000,8(1):70-80.
- [17] 徐孟亮,陈淑媛,莫香,等.水稻耐冷相关基因克隆研究进展[J].生命科学研究,2014,18(2):162-166.
- [18] 王旭一.水稻低温冷害下生理研究进展[J].北方水稻,2013,43(3):71-72,75.
- [19] NAJEEB S, MAHENDER A, ANANDAN A, et al. Genetics and breeding of low-temperature stress tolerance in rice [M]//ALJ J, WANI S H, ed. Rice Improvement: Physiological, Molecular Breeding and Genetic Perspective. Berlin, Germany: Springer International Publishing, 2021:221-280.
- [20] 邓久英,陈光辉,刘斌,等.水稻耐冷生理和遗传机制研究进展[J].广东农业科学,2009,36(5):25-28.
- [21] 方涛,董艳苹,李亚楠,等.水稻叶绿体抗坏血酸过氧化物酶在干旱和高盐胁迫中的作用[J].植物生理学报,2015,51(12):2207-2213.
- [22] 张蕊,高志明,吕俊,等.外源水杨酸对水稻幼苗耐寒性的影响[J].江苏农业科学,2012,40(6):62-65.
- [23] PATRA N, HARIHARAN S, GAIN H, et al. TypiCal but delicate Ca^{++} re: dissecting the essence of calcium signaling network as a robust response coordinator of versatile abiotic and biotic stimuli in plants[J]. Frontiers in Plant Science, 2021,12:752246.
- [24] 王秋京.低温对水稻秧苗电导率及可溶性糖含量的影响[J].黑龙江气象,2011,28(4):25-26.
- [25] 宋广树,孙忠富,孙蕾,等.东北中部地区水稻不同生育时期低温处理下生理变化及耐冷性比较[J].生态学报,2011,31(13):3788-3795.
- [26] 张振宇,党姝,龙桂英,等.吉林水稻品种耐冷性研究[J].中国稻米,2021,27(6):86-89,99.
- [27] JING P, KONG D Y, JI L X, et al. OsClo5 functions as a transcriptional co-repressor by interacting with OsDi19-5 to negatively affect salt stress tolerance in rice seedlings [J]. The Plant Journal: for Cell and Molecular Biology, 2021,105:800-815.
- [28] LIU H L, XIN W, WANG Y L, et al. An integrated analysis of the rice transcriptome and lipidome reveals lipid metabolism plays a central role in rice cold tolerance[J]. BMC Plant Biology, 2022,22(1):91-97.
- [29] 卿冬进,邓国富,戴高兴,等.水稻冷胁迫响应蛋白 OsCML16 的外源表达、纯化及质谱验证[J].西南农业学报,2023,36(6):1150-1156.
- [30] YANG J, LIU S, JI L X, et al. Identification of novel OsCML16 target proteins and differential expression analysis under abiotic stresses in rice[J]. Journal of Plant Physiology, 2020,249:153165.

Effects of Low Temperature Stress on Cold Tolerance of Different Rice Varieties

ZHANG Zhenyun, DANG Shu

(School of Agriculture, Jilin Agricultural Science and Technology University, Jilin 132101, China)

Abstract: In order to screen rice varieties with strong cold tolerance, the cold tolerance of japonica rice varieties in the black soil rice area in the middle of northeast China was identified, and the physiological and biochemical differences of japonica rice varieties under cold stress were analyzed. The results showed that, the content of chlorophyll in rice treated with low temperature was lower than that in normal rice. The content of free proline in rice treated with low temperature was higher than that in normal rice. The content of soluble sugar in rice treated with low temperature was higher than that in normal rice. The two varieties of jigeng 809 and Akita Komachi were more stable in soluble sugar content, chlorophyll content and Pro content, and had strong cold tolerance.

Keywords: low temperature; rice (*Oryza sativa* Geng Group); cold resistance