



闫锋. 萌发期低温胁迫对谷子幼苗生长及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2022(10):13-16.

萌发期低温胁迫对谷子幼苗生长及产量的影响

闫 锋

(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:为选育耐低温谷子新品种,以耐冷性谷子品种嫩选 14,冷敏感谷子品种鲁谷 7 号为试验材料,采用盆栽与大田试验相结合的方法,在萌发期进行 8 ℃胁迫 3 d 后,恢复至 28 ℃培养 7 d,测定各处理下的秧苗素质相关指标及生理指标,移栽大田后在成熟期测定产量及产量构成因素。结果表明,谷子经低温胁迫后,2 个品种出苗率出现不同程度的下降,秧苗素质各指标均显著降低,耐冷品种下降幅度较小。低温胁迫处理下谷子幼苗叶片的 SOD 活性及 POD 活性均显著升高,脯氨酸含量及 MDA 含量均显著增加,其中耐冷品种具有更强的保护性酶活性。与对照相比,两个品种的各生育时期均延长,穗粒数与产量均降低,其中冷敏感品种鲁谷 7 号的产量下降 14.1%,耐冷品种嫩选 14 的产量下降 6.5%。

关键词:谷子;萌发期;低温胁迫;幼苗;产量

谷子古时称粟,是一种起源于我国的古老粮食作物,在我国已经有 8 000 年的种植历史,对我国农耕文明产生了深远影响^[1]。谷子具有耐瘠薄、抗旱的特点,是我国北方重要的杂粮作物,被认为是应对未来日益变暖气候和干旱生态环境的战略储备作物,在目前的种植业结构调整中起着主要作用^[2-3]。

在中国谷子主要分布在东北三省、内蒙古、山西、河北、山东等地,大致可分为东北春谷区、西北春谷区和华北夏谷区^[4]。东北地区作为我国谷子主产区之一,属大陆性季风气候,春季气温变化大,在谷子播种期易发生阶段性低温^[5]。近年来,倒春寒天气在东北地区春季频繁发生^[6],其产生的冷胁迫对谷种发芽和幼苗生长影响严重,轻则导致出苗缓慢,推迟谷子的物候期,重则导致“粉籽”或幼苗直接被冻死,严重影响谷田产量。

冷胁迫是非生物胁迫因子之一,严重影响植物的生长发育^[7]。植株在冷胁迫下生长缓慢,叶片萎蔫失绿,产量、品质下降^[8],而植物会启动一系列响应机制来应对冷胁迫,涉及植物细胞内酶活性、信号传导原生质体的变化以及细胞膜功能和结构的变化^[9]。在耐冷性研究方面,前人已经做了大量工作,包括耐冷品种筛选评价^[10-12]、低

温对理化指标的影响^[13-14]以及低温对生长发育及产量的影响^[15-16]等。关于萌发期低温胁迫对谷子理化指标及后期生长方面的研究鲜见报道,本研究通过前期试验从 52 个谷子品种中筛选出耐冷及冷敏感谷子种质,以耐冷品种嫩选 14 及冷敏感品种鲁谷 7 号为研究对象,分别进行 8 ℃低温和 28 ℃常温处理,分析两个不同耐冷性品种在幼苗生长情况、理化指标、物候期及产量等方面的差异,以为选育耐冷谷子新品种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

选用耐冷谷子品种嫩选 14 和冷敏感谷子品种鲁谷 7 号为研究材料。2020 年将两个谷子品种在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院试验基地内同一地点种植,均在材料完全成熟后收获,保存条件一致,确保不影响种子活力。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2022 年春季在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院实验室进行,将种子浸入温水中催芽 12 h,催芽后每个品种挑取 100 粒饱满、均匀一致的种子播种于小塑料盆中(每盆播种 5 粒,20 盆为一个处理),将塑料盆置于 8 ℃人工气候箱中冷胁迫处理 3 d,以 28 ℃为对照,每个处理冷胁迫后恢复到 28 ℃培养 7 d,对照浸种后直接进入 28 ℃培养 7 d,3 次重复,均以其平均值作为统计单位。各处理恢复常温生长 10 d 后移栽至大田,移栽后留苗密度均为 30 万株·hm⁻²。

1.2.2 测定项目及方法 两个谷子品种进行低温胁迫后,于 28 ℃恢复生长阶段每天记录发芽粒

收稿日期:2022-05-13

基金项目:国家谷子高粱产业技术体系建设项目(CARS-06-14.5-B21);黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”杂粮杂豆科技创新专项(HNK2019CX05-06);黑龙江省杂粮产业技术协同创新推广体系谷糜病虫害绿色防控岗位专家项目。
作者简介:闫锋(1982—),男,硕士,助理研究员,从事杂粮作物遗传育种及栽培研究。E-mail:yanfeng6338817@126.com。

数,第 7 天测发芽率。恢复常温生长后第 7 天从每个处理中选取长势均匀的 10 株幼苗测量秧苗素质(根长、叶长、苗鲜重)及理化指标(可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、SOD 活性、POD 活性、MDA 含量)。其中脯氨酸含量测定采用酸性茚三酮法^[17],丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法测定^[18],超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑法进行测定^[19],过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法进行测定^[20]。于大田成熟期每处理选取长势均匀的 10 株谷子测量穗粒数、千粒重并测产。

1.2.3 数据分析 使用 Excel 2019 软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 低温胁迫对谷子发芽的影响

由表 1 可知,低温处理对谷子发芽进程有延迟和抑制作用,但是两个品种对低温响应不同。嫩选 14 常温对照发芽率为 93%,经低温胁迫后第 3 天开始发芽,发芽高峰在第 4 天,第 7 天发芽率为 89%,与对照相比发芽率降低了 4.3%。鲁谷 7 号常温对照发芽率为 95%,经低温胁迫后也是第 3 天开始发芽,但是发芽率仅为 4%,发芽高峰在第 4 天,第 7 天发芽率为 47%,与对照相比发芽率降低了 50.5%。

表 1 低温处理对谷子发芽进程的影响

品种	温度/℃	发芽率/%				
		3 d	4 d	5 d	6 d	7 d
嫩选 14	28(CK)	56	80	93	93	93
	8	23	74	86	88	89
鲁谷 7 号	28(CK)	48	84	94	95	95
	8	4	35	43	46	47

表 3 低温胁迫对谷子幼苗叶片生理指标的影响

品种	温度/℃	脯氨酸含量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	SOD 活性/($\text{U}\cdot\text{g}^{-1}$)	POD 活性/($\text{U}\cdot\text{g}^{-1}$)	丙二醛含量/($\text{nmol}\cdot\text{L}^{-1}$)
嫩选 14	28(CK)	120.6 a	155.4 a	1478.2 a	34.6 a
	8	196.4 b	249.5 b	1994.6 b	37.1 b
鲁谷 7 号	28(CK)	126.4 a	168.2 a	1275.0 a	40.4 a
	8	147.7 b	236.7 b	1684.3 b	48.0 b

2.4 低温胁迫对谷子生育期的影响

由表 4 可知,与对照相比,各品种萌发期低温胁迫会使其播种至抽穗历期及全生育期延长,嫩选 14 的播种至抽穗期、抽穗至成熟期、全生育期分别比对照延长了 6,2 和 2 d;鲁谷 7 号的播种至

2.2 低温胁迫对谷子幼苗素质的影响

由表 2 可知,与对照相比,两个谷子品种萌发期低温处理后幼苗素质均发生不同程度下降,嫩选 14 和鲁谷 7 号的根长、叶长、苗鲜重均显著低于对照。嫩选 14 的根长、叶长、苗鲜重与对照相比分别下降了 9.2%、17.5%和 20.5%;鲁谷 7 号的根长、叶长、苗鲜重与对照相比分别下降了 26.9%、26.2%和 24.2%。总体来看冷敏感品种鲁谷 7 号经低温胁迫后各指标下降幅度均高于耐冷品种嫩选 14,表明其耐冷性较差。

表 2 低温胁迫对谷子幼苗生长的影响

品种	温度/℃	根长/cm	叶长/cm	苗鲜重/g
嫩选 14	28(CK)	18.4 a	12.6 a	3.9 a
	8	16.7 b	10.4 b	3.1 b
鲁谷 7 号	28(CK)	17.1 a	13.0 a	3.3 a
	8	12.5 b	9.6 b	2.5 b

注:不同小写字母表示处理间在 $P\leq 0.05$ 水平差异显著。下同。

2.3 低温胁迫对谷子幼苗生理指标的影响

由表 3 可知,低温胁迫对两个谷子品种生理指标产生的影响趋势相同,经低温胁迫后,各生理指标均显著高于对照。低温处理后,鲁谷 7 号的脯氨酸含量比对照增加 16.9%,嫩选 14 增加了 62.9%;鲁谷 7 号的 SOD 活性为 $236.7\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$,比对照增加了 40.7%,嫩选 14 的 SOD 活性为 $249.5\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$,比对照增加了 60.6%;鲁谷 7 号的 POD 活性为 $1\ 684.3\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$,比对照增加了 32.1%,嫩选 14 的 POD 活性为 $1\ 994.6\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$,比对照增加了 34.9%;嫩选 14 的丙二醛含量为 $37.1\text{ nmol}\cdot\text{L}^{-1}$,比对照增加了 7.2%,鲁谷 7 号丙二醛含量为 $48.0\text{ nmol}\cdot\text{L}^{-1}$,比对照增加了 18.8%。

抽穗期、抽穗至成熟期、全生育期分别比对照延长了 5,6 和 6 d。

2.5 低温胁迫对谷子产量及产量构成的影响

由表 5 可知,与对照相比,两个品种萌发期低温胁迫后的产量均有下降,其中冷敏感品种鲁谷 7 号

下降 14.1%，耐冷品种嫩选 14 下降 6.5%，耐冷品种产量下降幅度相对较小。从产量构成来看，萌发期低温胁迫后，两个谷子品种的穗粒数均较对照显著下降，嫩选 14 下降幅度相对较小，而两个谷子品种的千粒重与对照间均差异不显著，由此可知，本研究

表 4 低温胁迫对谷子生育进程的影响				
品种	温度/℃	播种至抽穗期/d	抽穗至成熟期/d	全生育期/d
嫩选 14	28(CK)	65	58	119
	8	71	60	121
鲁谷 7 号	28(CK)	77	56	128
	8	82	62	134

表 5 低温胁迫对谷子产量及其构成因素的影响				
品种	温度/℃	千粒重/g	穗粒数	产量/(kg·hm ⁻²)
嫩选 14	28(CK)	3.4 a	3463.6 a	3532.3 a
	8	3.4 a	3268.3 b	3303.7 b
鲁谷 7 号	28(CK)	3.0 a	3675.7 a	3308.1 a
	8	3.0 a	3157.4 b	2841.6 b

3 讨论

低温冷害是限制我国东北地区农业生产的主要非生物胁迫因素之一，影响作物的整个生育进程^[21]。萌发期和幼苗期是植物生长发育过程中最脆弱而又十分重要的时期，种子萌发期对低温十分敏感^[22]，而东北地区倒春寒时常发生，种子萌发后遭遇短期低温冷害，会延缓出苗^[23]。若长时间处于低温冷害胁迫，会因霉菌侵入坏死而丧失发芽能力，造成出苗不齐、缺苗断垄等后果，最终导致大幅度减产^[24]。本研究结果表明，低温处理不但降低了谷子的发芽率，延长了萌发起始时间，也显著降低了幼苗根长、叶长、苗鲜重。相比鲁谷 7 号，嫩选 14 在低温条件下具有较高的发芽率，与对照差异不显著，而且秧苗素质高于鲁谷 7 号。说明耐低温种质对低温区谷子生产和耐低温新品种选育有较大意义。

植物生理生化水平的变化可反映植物对低温胁迫的响应程度，其中脯氨酸含量、MDA 含量、抗氧化酶活性等指标常作为衡量植物耐低温的生理指标^[25]。研究结果表明，两个谷子品种经过低

温处理后各项生理指标均显著升高，其中鲁谷 7 号的 SOD 活性、POD 活性、脯氨酸含量增加幅度低于嫩选 14，而 MDA 含量增加幅度高于嫩选 14，说明嫩选 14 的耐冷能力更强，细胞膜脂过氧化程度更高，细胞渗透势更低，能防止细胞质膜系统受到损伤。

低温冷害会影响作物的产量构成因素，从而导致减产^[26]。任红茹等^[27]研究发现，孕穗期低温胁迫会使水稻产量降低，随着温度的降低和持续天数的增加，每穗粒数、结实率和千粒重逐渐降低，产量构成因素的下降顺序为结实率、每穗粒数、千粒重。本研究结果表明，嫩选 14 和鲁谷 7 号经低温处理后，产量均较对照显著降低，但嫩选 14 降幅小于鲁谷 7 号。从产量构成因素来看，千粒重受低温影响不显著，穗粒数变化显著，说明穗粒数下降是导致减产的最主要原因。

本研究探讨了萌发期低温胁迫对谷子幼苗生长、幼苗理化指标及成株后产量的影响，但谷子对低温胁迫的生理应答机制是一个十分复杂的生理过程，今后还应进一步从分子水平研究谷子萌发期对低温胁迫的应答调控机制，为谷子的耐冷栽培及耐冷种质资源创新提供理论依据。

4 结论

萌发期低温胁迫使鲁谷 7 号发芽率明显下降，同时显著降低了不同冷敏感性谷子品种的根长、叶长、苗鲜重、穗粒数及籽粒产量；嫩选 14 和鲁谷 7 号经低温胁迫后，各项生理指标均显著提升，同时延迟了两个谷子品种的生育期。

参考文献：

[1] 李荫梅. 谷子育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.

[2] 赵娟, 尹艺臻, 王晓璐, 等. 不同品种谷子愈伤组织对拿捕净胁迫的生理响应[J]. 中国农业科学, 2020, 53(5): 917-928.

[3] 邵丽华, 王莉, 白文文, 等. 山西谷子资源叶酸含量分析及评价[J]. 中国农业科学, 2014, 47(7): 1265-1272.

[4] 王丹丹, 希日格乐, 孙宇燕, 等. 谷子农艺性状相关性与食味品质分析[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2014, 36(4): 29-37.

[5] 郑莉萍, 张云峰, 蒋洪蔚, 等. 大豆种质资源芽期耐低温综合评价及筛选[J]. 大豆科学, 2020, 39(6): 833-847.

[6] 常博文, 钟鹏, 刘杰, 等. 低温胁迫和赤霉素对花生种子萌发和幼苗生理响应的影响[J]. 作物学报, 2019, 45(1): 118-130.

[7] MULLET J E, WHITSITT M S. Plant cellular responses to water deficit[J]. Plant Growth Regulation, 1996, 20(2): 119-124.

- [8] 马骊,孙万仓,刘自刚,等.白菜型与甘蓝型冬油菜抗寒机理差异的研究[J].华北农学报,2016,31(1):147-154.
- [9] THEOCHARIS A,CLEMENT C,BARKA E A. Physiological and molecular changes in plants grown at low temperatures [J]. Planta,2012,235:1091-1105.
- [10] 唐双勤,吴自明,谭雪明,等.直播早籼稻品种芽期耐冷性鉴定研究[J].作物杂志,2019(1):159-167.
- [11] 周亚峰,许彦宾,王艳玲,等.基于主成分-聚类分析构建甜瓜幼苗耐冷性综合评价体系[J].植物学报,2017,52(4):520-529.
- [12] 薛云云,白冬梅,田跃霞,等.24份山西花生资源芽期和苗期耐寒性鉴定[J].核农学报,2018,32(3):582-590.
- [13] 杨静,毛笈华,于永涛,等.低温对甜玉米种子氧化酶活性的影响及相关基因表达分析[J].核农学报,2016,30(9):1840-1847.
- [14] 江玲,侯名语,刘世家,等.水稻种子低温萌发生理机制的初步研究[J].中国农业科学,2005,38(3):480-485.
- [15] 盖志佳,张敬涛,刘婧琦,等.低温胁迫对大豆幼苗形态生理指标及籽粒产量的影响[J].农学学报,2019,9(12):1-4.
- [16] 何汛锋,唐双勤,田雪飞,等.芽期低温胁迫对早籼稻生长特性及产量的影响[J].南方农业学报,2020,51(12):2911-2918.
- [17] 汤章城.现代植物生理学实验指南[M].北京:科技出版社,1999.
- [18] 赵萌,魏小红.吸胀冷害下外源 NO 对紫花苜蓿种子萌发及抗氧化性的影响[J].草业学报,2015,24(4):87-94.
- [19] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [20] 赵世杰,刘华山,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科技出版社,1998.
- [21] 何学敏,刘笑,殷红,等.1986—2015 年中国东北地区主要农业气象灾害变化特征[J].沈阳农业大学学报,2019,50(4):392-398.
- [22] 杨静,毛笈华,于永涛,等.低温对甜玉米种子氧化酶活性的影响及相关基因表达分析[J].核农学报,2016,30(9):1840-1847.
- [23] LI M, SUI N, LIN L, et al. Transcriptomic profiling revealed genes involved in response to cold stress in maize [J]. Functional Plant Biology,2019,46:830-844.
- [24] SHEN X,LIU B,XUE Z,et al. Spatiotemporal variation in vegetation spring phenology and its response to climate change in freshwater marshes of Northeast China [J]. Science of the Total Environment,2019,666:1169-1177.
- [25] 秦文斌,山溪,张振超,等.低温胁迫对甘蓝幼苗抗逆生理指标的影响[J].核农学报,2018,32(3):576-581.
- [26] 徐冲,王丕武,侯立刚,等.分蘖期低温胁迫对东北水稻主栽品种产量及光合特性的影响[J].吉林农业科学,2015,40(1):10-16.
- [27] 任红茹,荆培培,胡宇翔,等.孕穗期低温对水稻生长及产量形成的影响[J].中国稻米,2017,23(4):56-62.

Effects of Low Temperature Stress at Germination Stage on Seedling Growth and Yield of Foxtail Millet

YAN Feng

(Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China)

Abstract: In order to breed new millet varieties with low temperature tolerance, this study used cold-tolerant variety Nenxuan 14 and cold-sensitive variety Lugu 7 as experimental materials. Pot experiment and field experiment were conducted. After being stressed at 8 °C for 3 days during germination, the seedlings were cultured at 28 °C for 7 days, and the related indexes and physiological indexes of each treatment were determined. After transplanting to the field, the yield and yield components were determined at maturity. The results showed that after low temperature stress, the emergence rate of two foxtail millet varieties decreased in different degrees, all indexes of seedling quality decreased significantly, and the decline of cold-tolerant varieties was small. Under low temperature stress, the activities of SOD and POD in leaves of foxtail millet seedlings were significantly increased, and the contents of Pro and MDA were significantly increased, among which cold-tolerant varieties had stronger protective enzyme activities. Compared with the control, the growth periods of the two varieties were prolonged, and the grain number per ear and yield were decreased. The yield of cold sensitive variety Lugu 7 decreased by 14.1%, and that of cold tolerant variety Nenxuan 14 decreased by 6.5%.

Keywords: foxtail millet; germination stage; low temperature stress; seedling; yield