

李菁华, 胡尊艳, 郝智勇, 等. 中国红小豆逆境生理研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2020(7):145-148, 149.

中国红小豆逆境生理研究进展

李菁华, 胡尊艳, 郝智勇, 陈林琪, 杨广东

(黑龙江省农业科学院 克山分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161000)

摘要:红小豆作为重要的杂粮作物之一,其营养价值越来越受到重视。目前,资源过度消耗,农业环境污染,逆境对作物生产带来了严峻挑战。本文综述了红小豆在重金属、干旱、盐碱、温度、缺素等胁迫下的研究进展,并介绍了提高红小豆抗逆性的几种途径,旨在为红小豆高产栽培和抗性育种提供参考。

关键词:红小豆;逆境生理;高产栽培;研究进展

红小豆起源于中国,在我国已有两千多年的栽培历史。中国是世界上最大的红小豆出口国。中国红小豆地方性品种品质优良、特种成分含量极高。红小豆也是良好的前茬作物和轮作作物,还可以与高秆作物进行间作、套种、混种。红小豆对环境的适应性很强,在瘠薄地、盐碱地、干旱地均可生长,被作为恶劣生长环境下主要的栽培作物。

农业环境污染日益严重,过度施用农药、化肥带来的土壤污染;焚烧秸秆造成的环境污染;大量畜禽粪便形成的水体污染等农业环境污染对农业生产、粮食安全以及农业可持续发展等都会造成严重影响。植物生长离不开环境影响,在自然环境下,凡是对植物生存或生长不利的环境因子统称为逆境(或胁迫),对在逆境下做出的各种生理反应称之为逆境生理^[1]。对红小豆逆境生理反应的深入了解,可有助于提高红小豆的抗性研究,更好地为红小豆高产栽培技术和育种奠定基础。本文综述了国内红小豆逆境生理相关研究报告,旨在为红小豆高产栽培和抗性育种提供参考。

1 红小豆逆境生理研究

1.1 重金属胁迫

由于过量使用农药和化肥,以及工业污染物的非法排放,导致中国耕地质量急剧下降,部分地区重金属超标,这对作物生长发育造成严重影响^[2]。

刘建霞等^[3]研究认为重金属(Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、

Cr^{6+})对小豆种子萌发表现出低浓度促进高浓度抑制的作用。低浓度 Cu^{2+} 和 Zn^{2+} 能提高红小豆种子的发芽势和发芽率,高浓度时红小豆根和芽的生长受到抑制,对根的抑制效果大于对芽的抑制效果,侧根数和主根长受抑制效果明显^[4-5]。刘爱玉等^[5]认为高浓度金属离子具有抑制根部细胞分裂的作用。张建平^[6]研究发现铅对红小豆种子萌发及幼苗生长的影响随铅浓度增加而增大,红小豆种子的发芽率、发芽势和幼苗的株高、根长、鲜重、干重以及叶绿素含量都与铅处理浓度呈高度负相关。于军香^[7]研究了镉污染对红小豆种子萌发和幼苗生长的影响,发现 Cd^{2+} 浓度的安全临界值在 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 低于该浓度可以起到促进种子萌发的效果,超过则会明显抑制种子的萌发、影响植株和根的伸长生长;同时发现 SOD 和 POD 活性会随镉浓度的升高表现出先升高后下降的趋势。

1.2 干旱胁迫

我国是水资源严重短缺的国家之一,水资源对农业生产至关重要。由于季风气候的影响,我国温带地区一年四季降雨量分布很不均匀,各季节都有不同程度的干旱发生,一般在夏季和中秋较为严重,植物在细胞膨压区内的轻微脱水是正常生理所必需的,但当细胞脱水严重、甚至萎蔫继续脱水时即造成对植物的旱害^[8]。

干旱胁迫抑制红小豆植株的生长,重度干旱胁迫下,光系统 II 的潜在活性、最大光化学效率、株高、茎粗、叶面积、根鲜重、根系活力、可溶性蛋白质含量等指标均显著降低,根冠比、根系脯氨酸含量、可溶性糖含量、SOD 活性、POD 活性、MDA 含量等指标均显著升高^[9]。尹宝重等^[10]研究认

收稿日期:2020-05-23

第一作者:李菁华(1986-),女,硕士,研究实习员,从事杂粮栽培育种研究。E-mail:lijinghua.168@163.com。

为干旱胁迫可显著降低 SOD 活性、POD 活性,抑制可溶性糖、可溶性蛋白的积累,促进叶绿素和类胡萝卜素的分解,提高 MDA 和脯氨酸的产生,加速细胞内含物的外渗,胁迫程度越重,对植株影响越明显。通过采用 PEG 模拟不同程度的干旱环境研究对红小豆发芽的影响,发现随着胁迫程度的增加,红小豆的发芽率、发芽势、发芽指数及活力指数均降低,当 PEG 溶液浓度达到 15% 时,明显降低,20% 时,红小豆种子不能萌发,指出水势为 0~ -0.4 MPa 范围内红小豆种子具有发芽能力^[11]。刘世鹏^[12] 研究结果表明轻度干旱胁迫(PEG 浓度为 5%) 时,MDA、SOD、CAT、POD 呈下降趋势;随胁迫程度加深,MDA、CAT 呈上升趋势,而 SOD、POD 呈先上升后下降趋势。水分胁迫会引发植物体中保护酶系统(SOD、POD、CAT 等)变化,通过保护酶清除对细胞起毒害作用的活性氧自由基(ROS)。植物体内保护酶的变化因作物的抗性不同表现不同,耐旱型的植物,其体内的保护酶变化幅度较小或者基本不变。

1.3 盐碱胁迫

据不完全统计,我国盐碱地为 9 913 万 hm^2 。盐碱胁迫对植物生长发育造成严重破坏,会使植物细胞渗透压平衡改变,引发植物脱水,细胞失去膨压,严重时造成细胞死亡。盐碱胁迫除引起渗透胁迫外,还会产生离子毒害、易造成营养亏缺、提高 pH、明显降低矿质元素的可利用性等。

研究发现低浓度 NaCl 对种子萌发影响较小或能够促进种子的萌发,高浓度 NaCl 胁迫时则抑制红小豆种子的萌发,影响种子生长,达到一定程度时,种子将不再萌发^[13]。于军香^[14] 研究认为随着 NaCl 浓度升高,红小豆发芽率、发芽势、株高、根系长度降低,植物过氧化氢酶(CAT)活性、可溶性糖和丙二醛(MDA)含量升高,说明 NaCl 胁迫抑制红小豆种子萌发及幼苗生长,指出 NaCl 胁迫下外界水势降低,造成吸水困难,体内盐离子累积,一定程度抑制酶活性,可溶性糖含量升高可以缓解酶抑制,调节渗透势,保持正常吸水,维持生长发育。张永清等^[15] 研究认为盐碱胁迫抑制红小豆幼苗的生长,且 Na^+ 浓度相同条件下,碱胁迫影响明显大于盐胁迫,指出可能与碱性盐的高 pH 有关,因此,在生产中改良以碱性盐为

主的盐碱地时,更应注重对 pH 的调节。

1.4 温度胁迫

温度过高或过低都会对作物造成严重伤害。高温会破坏植物体光合作用和呼吸作用的平衡,使呼吸作用超过光合作用,导致植物由于长期饥饿而停止生命活动,另外,过高的温度会使蛋白质变性凝固,使膜脂液化,同时伴随因高温引起的过度蒸腾造成的旱害,高温还会使植物体表灼伤、甚至开裂,导致病虫害入侵和植物的伤亡;低温会危害植物的幼苗、幼芽和果实的发育,突然的降温会破坏植物细胞原生质的正常活性,酶系统紊乱,影响植物光合、呼吸、蒸腾等生理活动,低温会造成细胞膜结构破坏导致代谢活动失调^[8]。

卞国栋等^[16] 选用从野生红小豆种群中筛选出的一个适合林地栽培的红小豆品系,研究高温对野生红小豆的影响,结果表明当温度升高到 40 $^{\circ}\text{C}$ 时,红小豆叶片细胞膜透性升高,MDA 含量升高,SOD、CAT 的活性增加,但 POD 活性降低,可溶性蛋白含量没有显著变化。研究发现幼苗期的低温会诱发红小豆 SOD、POD 和 CAT 活性的增强,引起可溶性糖和脯氨酸含量的提高,促使 MDA 含量上升,最终导致红小豆产量下降^[17]。王玮等^[18] 认为 0~4 $^{\circ}\text{C}$ 低温下,红小豆幼苗自处理第一天生长就明显受到抑制;红小豆根系中 COD 同工酶无明显变化,POD、ATPase 同工酶变化明显,指出 POD、ATPase 同工酶的变化与耐寒性之间的某些相关现象似乎有一定的实践意义。

1.5 缺素胁迫

目前,对红小豆的缺素胁迫研究主要在低磷、缺铁胁迫对植物生长的影响。磷是红小豆生长发育过程中所需的关键元素,是构成生物核酸、磷脂和 ATP 等的重要元素。缺磷会导致细胞分裂受阻,分枝减少,生长停滞,茎、根直径减小,植株变矮,花果脱落,成熟延迟。铁是植物生长发育所必需的微量元素之一,叶绿素的合成、光合作用、呼吸作用以及植物体内的氧化还原反应的电子传递都需要铁元素的参与。铁虽然在土壤中的丰度很高,但大多以生物有效性低的氧化态形式存在,缺铁引起的植物黄化在石灰性、高 pH 土壤上非常普遍,缺铁胁迫导致了作物品质和产量的下降。

秦成等^[19]发现缺磷条件下,各小豆品种的株高、茎粗、叶面积、叶绿素含量、最大荧光(F_m)、原初光能转化效率(F_v/F_m)下降;根长、根冠比、根系活力、酸性磷酸酶活性、叶绿素初始荧光(F_o)、MDA 含量、SOD 活性、POD 活性等指标增加;根、茎、叶的磷含量呈下降趋势,叶片器官中磷含量最高。缺磷条件对红小豆地上部的影响大于对根系的影响,低磷胁迫下会主动抑制地上部的生长,促进根系生长,增加根冠比,以适应低磷胁迫条件的变化。王金龙等^[20]认为缺铁胁迫降低了小豆幼苗叶片的叶绿素含量及光合速率,增加了小豆幼苗根系呼吸速率及 Fe³⁺ 还原酶活性,并且在供铁和缺铁处理间差异显著,各品种间的上述指标均存在显著差异,小豆幼苗的茎、叶铁含量与叶绿素含量、净光合速率呈极显著正相关,与根系 Fe³⁺ 还原酶活性、根系的呼吸速率呈极显著负相关。

2 提高红小豆抗逆性的途径

2.1 选育抗性品种

注重红小豆抗性品种的选育,选育适应当地生态环境区和气候条件的高抗品种是提高红小豆抗性的根本措施。我国是红小豆的初生起源中心,具有丰富的红小豆种质资源。除应用传统育种方法,目前细胞工程技术和分子技术水平不断发展,已成为研究前沿,有待在红小豆抗性育种方面充分运用。建立高效的红小豆筛选方法也是抗性育种的重要工作。赵倩等^[21]以 10% 的 PEG 溶液对红小豆种质资源进行萌发期抗旱性鉴定,利用隶属函数法进行耐旱性的综合评价筛选出耐旱、较耐旱、耐旱中间型红小豆种质及干旱敏感型种质。

2.2 抗性驯化

植物逆境驯化是指植物受到一定的非致死的胁迫处理时,其自身在应对逆境时会产生一些有效变化,较未经处理的植物表现出较强抗逆性^[22]。抗性驯化不仅能提高作物自身抗性,有时还可遗传给后代。Slaughter 等^[23]用 β-氨基丁酸或者无毒的菌株对拟南芥植株进行预处理,发现其后代当再次被 *P. syringae* 浸染时,SA 信号途径上的 PRI 等防御基因的转录物与对照相比积累的速度更快数量更多,植株抗病性明显提高。

研究表明,低浓度重金属 Cu²⁺、Zn²⁺、Cr⁶⁺、Cd²⁺ 胁迫对小豆种子萌发有一定的促进作用。低浓度 NaCl 胁迫对种子萌发影响较小或能促进种子的萌发。此外,重视播期的把握,适时早播不仅能提高产量,还能提高作物抗逆性,通过对作物生长发育的影响,起到提高作物品质的作用^[24]。

2.3 科学施肥

肥料是作物的“粮食”,合理施肥是影响红小豆高产的重要因素。科学施肥不仅能促进产量提高,增加种植效益,还可以为作物创造良好的营养条件,保障植物健康生长,提高对不良环境的抗性。研究发现,N、P、K 肥的科学施用对提高作物抗性有重要作用^[25-29]。金喜军等^[29]认为氮肥可在一定程度上缓解红小豆受干旱胁迫的危害。磷肥可以提高红小豆对旱、涝、盐碱和贫瘠的抗性,增加有效分枝和结荚数等^[27]。张立新^[26]认为水分胁迫下施钾能显著提高作物干物质量、籽粒产量、水分利用效率、硝酸还原酶活性和渗透物质等,具有明显的抗旱作用。牟善积等^[28]认为红小豆的施肥原则,应重施磷肥,巧施氮肥,有区别地施用钾肥,有条件可增施农肥。建议实施测土配方施肥技术,因地施肥,从而避免缺素胁迫现象发生,真正做到科学有效施肥。

2.4 植物生长调节剂

植物生长调节剂在作物抵抗不良环境方面起重要作用,成为研究热门。植物生长调节剂范围很广,指经人工合成的对植物生长发育起调控作用的化学物质。植物生长调节剂进入植物体内后,会促使植物体内酶活动互联,在某些特定部位调节理化进程,并以微小剂量表现出高效调控作用^[30]。但植物生长调节剂也是一把双刃剑,从食品安全的角度出发,对于植物生长调节剂的研究需全面论证,谨慎推广。

任秀艳等^[31]采用不同浓度的外源维生素(VB1、VPP)对盐胁迫下红小豆幼苗生理特性的影响进行了研究,认为外源维生素可不同程度地提高盐胁迫下红小豆叶片叶绿素含量及幼苗体内游离脯氨酸和可溶性糖等渗透调节物质的含量,增强其渗透调节能力,同时提高过氧化物酶活性,抑制脂质过氧化产物丙二醛的积累。杨剑平等^[32]发现用水杨酸(SA)处理红小豆叶片 3 d 后,

对已干旱胁迫 14 d 的红小豆叶片进行 POD 活性测定,发现 POD 活性值显著升高。刘丽琴等^[33]指出将红小豆种子用适量浓度的烯效唑浸种处理,可提高红小豆幼苗在缺水条件下和正常水分条件下的光合能力、抗氧化能力及渗透调节能力,增强植株的抗性,促进植株生长发育,提高产量。叶面喷施烯效唑(S₃₃₀₇)能通过显著增加可溶性物质和脯氨酸含量、降低 MDA 含量及提高保护酶活性等生理活动来抵御低温并降低伤害,缓解产量的下降。耐冷品种宝清红受低温伤害的程度和产量下降程度均小于冷敏品种天津红,就产量而言,冷敏品种天津红对烯效唑的响应显著高于耐冷品种宝清红^[17]。秦成^[34]研究发现化控物质(水杨酸、硝酸镧、硅酸钠、氯化钙)浸种对缺磷胁迫下红小豆生长有缓解效果。张永清等^[15]认为使用硝酸镧 La(NO₃)₃ 浸种可缓解盐碱胁迫带来的不良影响。曹艳玲等^[35]指出硝酸镧可以很积极的促进低磷胁迫下植物的生长,但要注意浓度要适量,过量则会适得其反,抑制植物生长。不同浓度的氯化钙和葡萄糖均能提高盐胁迫下红小豆种子的发芽势、发芽率、发芽指数、芽长等各指标,其中 25 mmol·L⁻¹ Ca²⁺ 时效果最佳^[36]。

3 结语

从国家统计局网 2002-2018 年发布的数据来看,中国红小豆单位面积产量现状表现为,国内红小豆整体单产近十多年并没有明显增加,笔者认为除与红小豆作为小杂粮作物原因外,与红小豆品种的选择、高产栽培技术是否得到有效推广等密切相关。红小豆对不良环境的适应性较好被称为救灾粮食作物,常被种植在贫瘠土壤已成为主要需求。由此,加强逆境生理研究对提高红小豆单位面积产量具有重要意义。

参考文献:

- [1] 喻方圆,徐锡增.植物逆境生理研究进展[J].世界林业研究,2003,16(5):6-11.
- [2] 项洪涛,冯延江,郑殿峰,等.中国红小豆栽培和生理研究现状及展望[J].中国农学通报,2018,34(21):23-28.
- [3] 刘建霞,白泽珍,王润梅,等.重金属胁迫下小豆种子萌发特性及幼苗期富集效应[J].作物杂志,2019,193(6):129-133.
- [4] 尹相博,杨梦璇,王冰,等.铜胁迫对红小豆萌发的影响[J].吉林农业科学,2013,38(5):10-11,35.
- [5] 刘爱玉,郝梦霞.铜和锌胁迫对红小豆种子萌发的影响[J].黑龙江农业科学,2014(4):46-48.
- [6] 张建平.铅对红小豆种子萌发和幼苗生长的影响[J].安徽农学通报,2013,19(22):24-25.
- [7] 于军香.镉污染对小豆种子萌发和幼苗生长的影响[J].作物杂志,2009(3):106-107.
- [8] 闫志佩.植物对气候逆境的抗逆适应性[J].枣庄师专学报,1997(3):62-64.
- [9] 罗海婧,张永清,石艳华,等.不同红小豆品种幼苗对干旱胁迫的生理响应[J].植物科学学报,2014,32(5):493-501.
- [10] 尹宝重,王艳,张月辰.干旱胁迫对红小豆苗期生理生化特性的影响[J].贵州农业科学,2011,39(7):65-67,70.
- [11] 刘世鹏,叶飞,曹娟云,等.水分胁迫对红小豆和绿豆发芽的影响[J].北方园艺,2011(15):38-41.
- [12] 刘世鹏.水分胁迫对红小豆抗氧化物质的影响[J].陕西农业科学,2011,57(5):17-20.
- [13] 姜雪琪,樊忠慧,张卫东. NaCl 胁迫对红小豆种子萌发的影响[J].安徽农业科学,2017,45(2):45-46,79.
- [14] 于军香.盐胁迫对红小豆种子萌发与生理生化特性的影响[J].作物杂志,2010(4):47-48.
- [15] 张永清,刘凤兰,贾蕊,等. La(NO₃)₃ 浸种对盐碱胁迫下红小豆幼苗生长和抗氧化酶活性的影响[J].生态与农村环境学报,2009,25(4):12-18.
- [16] 卞国栋,彭海,张静,等.高温胁迫对红小豆(*Vigna angularis*)品系理化指标的影响[J].安徽农业科学,2015,43(1):1-2.
- [17] 项洪涛,李琬,何宁,等.苗期低温胁迫下烯效唑对红小豆根系抗寒生理及产量的影响[J].草业学报,2019,28(7):92-102.
- [18] 王玮,王振英,霍建中,等.低温对3种作物幼苗生长的影响及与根系内同工酶变化的关系[J].武汉植物学研究,1995(3):247-252.
- [19] 秦成,裴红宾,张永清,等.磷素对小豆幼苗生长发育的影响[J].作物杂志,2015(3):122-129.
- [20] 王金龙,王薇薇,万平,等.缺铁胁迫对小豆幼苗生理特性的影响[J].生物技术通报,2016,32(10):141-147.
- [21] 赵倩,卢杰春,郑浩宇,等.红小豆萌发期耐旱种质筛选[J].土壤与作物,2017,6(1):39-44.
- [22] 沈晓艳,宋晓峰,王增兰,等.植物逆境驯化作用的生理与分子机制研究进展[J].植物生理学报,2014,50(1):12-18.
- [23] Slaughter A, Daniel X, Flors V, et al. Descendants of primed arabidopsis plants exhibit resistance to biotic stress[J]. Plant Physiology, 2012, 158(2):835-843.
- [24] 赵阳,葛维德.不同播期对春播红小豆干物质积累和产量的影响[J].园艺与种苗,2013(4):53-56.
- [25] 杜建军,李生秀,高亚军,等.氮肥对冬小麦抗旱适应性及水分利用的影响[J].西北农业大学学报,1999(5):1-5.
- [26] 张立新.氮、钾、甜菜碱对提高作物抗旱性的效果及其生理机制[D].杨凌:西北农林科技大学,2006.

曾宪楠,王麒,宋秋来,等.水稻新品种龙稻27的选育特征及高产栽培技术[J].黑龙江农业科学,2020(7):149-151.

水稻新品种龙稻27的选育特征及高产栽培技术

曾宪楠,王麒,宋秋来,孙羽,冯廷江

(黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所,黑龙江哈尔滨150028)

摘要:龙稻27是由黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所,以吉粳88为母本、松粳9为父本,采用系谱方法选育而成,代号哈135002。2017年通过黑龙江省农作物品种审定委员会审定(黑审稻2017002)。2019年获得植物新品种保护权,授权号为CNA20160100.7。适宜种植区域黑龙江省第一积温带上限。本文总结了龙稻27的选育过程、特征特性及产量表现,介绍了其栽培技术要点。

关键词:龙稻27;选育;栽培技术

黑龙江省是我国重要的水稻产区之一,黑龙江省水稻的高产、稳产对中国粮食安全起到关键作用^[1-2]。水稻是黑龙江省传统的、优势农业产业,由于其得天独厚的自然生态条件,生产的稻米在国内外市场都具有较强的竞争力。随着人民生活水平的不断提高,消费者越来越关注稻米品质。

同时,育种方法不断创新^[3-4],选育出符合市场需求的水稻品种尤为重要。水稻品种不断更新和改良对黑龙江省水稻产业发展起到了关键作用^[5]。本文介绍了龙稻27的选育过程,对其产量表现及相关高产栽培技术方面予以总结。

1 龙稻27的选育过程

龙稻27是由黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所耕作生态室以吉粳88为母本、松粳9号为父本,采用系谱法选育而成。2006-2011年进行田间选择观察,并进行产量、抗病、耐冷及抗倒伏

收稿日期:2020-04-14

基金项目:国家重点研发计划(2017YFD0300505-5)。

第一作者:曾宪楠(1985-),女,硕士,助理研究员,从事水稻遗传育种研究。E-mail:zengxiannanzxn@163.com。

[27] 田静,朱振东,张耀文,等.小豆生产技术[M].北京:北京教育出版社,2016.
[28] 牟善积,何明华.红小豆合理施肥的研究综述[J].天津农学院学报,1994(Z1):43-46.
[29] 金喜军,屈春媛,栗文霞,等.氮素水平对于旱胁迫下红小豆幼苗保护酶活性的影响[J].黑龙江八一农垦大学学报,2015,27(5):30-35.
[30] 毛景英,闫振领.植物生长调节剂调控原理与实用技术[M].北京:中国农业出版社,2005.
[31] 任秀艳,张一名,乔洁,等.外源维生素对盐胁迫下红小豆幼苗脂质过氧化物的影响[J].西南农业学报,2012,25(5):1625-1628.
[32] 杨剑平,金文林,徐红梅,等.SA对水分胁迫下红小豆叶片

过氧化物酶活性的影响[J].北京农学院学报,2002(4):11-14.
[33] 刘丽琴,张永清,李鑫,等.烯效唑浸种对干旱胁迫下红小豆生长及其根系生理特性的影响[J].西北植物学报,2017,37(1):144-153.
[34] 秦成.缺磷条件下化控物质浸种对红小豆生长的影响[D].临汾:山西师范大学,2016.
[35] 曹艳玲,曹嘉雯,裴红宾.硝酸钼浸种对低磷胁迫下红小豆幼苗生长的影响[J].种子,2019,38(5):23-27.
[36] 尹相博,于立芝,汤丽娟.Ca²⁺和葡萄糖对盐胁迫下红小豆种子萌发的影响[J].广东农业科学,2013,40(21):39-41,53.

Research Progress on Stress Physiology of Adzuki Bean in China

LI Jing-hua, HU Zun-yan, HAO Zhi-yong, CHEN Lin-qi, YANG Guang-dong

(Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161000, China)

Abstract: Adzuki bean is one of the most important cereal crops. At present, the excessive consumption of resources, agricultural environmental pollution, and stress have brought severe challenges to crop production. This paper summarized the research progress of adzuki bean under the stress of heavy metal, drought, salinity, temperature and element deficiency, and introduced several ways to improve the stress resistance of adzuki bean, in order to provide reference for high-yield cultivation and resistance breeding of adzuki bean.

Keywords: adzuki bean; stress physiology; high-yield cultivation; research progress