

不同种植方式花生生育后期湿涝胁迫对产量及保护性酶系统的影响

张 俊, 汤丰收*, 臧秀旺, 刘 娟, 张忠信, 徐 静, 苗利娟

(河南省农业科学院 经济作物研究所/农业部黄淮海油料作物重点实验室/河南省油料作物遗传改良重点实验室/花生遗传改良国家地方联合工程实验室, 河南 郑州 450002)

摘要: 为解决花生主产区生育后期因多雨易涝造成的花生减产问题, 采用模拟人工淹水逆境的试验方法, 研究花生不同生育时期湿涝胁迫对不同种植方式下花生产量及保护性酶系统的影响。结果表明, 湿涝胁迫处理的花生产量较正常水分条件下平均降低 13.62%, 湿涝胁迫条件下, 起垄种植较平作增产 16.60%。花生植株受到水淹胁迫后, 叶片 SOD 活性增加, POD、CAT 活性下降, MDA 含量上升, 且平作处理的变化程度大于垄作处理, 结荚期水淹处理的变化程度大于成熟期水淹, 表明平作栽培条件下湿涝胁迫的危害程度大于起垄栽培, 结荚期湿涝胁迫的危害程度大于成熟期。因此, 在多雨易涝的花生产区, 宜进行起垄种植, 以降低湿涝胁迫的危害。

关键词: 花生; 种植方式; 湿涝胁迫; 保护酶; 产量

中图分类号: S565.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2014)12-0046-05

Effect of Waterlogging Stress on Peanut Yield and Protective Enzyme System in Different Planting Patterns

ZHANG Jun, TANG Feng-shou*, ZANG Xiu-wang, LIU Juan, ZHANG Zhong-xin,
XU Jing, MIAO Li-juan

(Industrial Crops Research Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences/Henan Provincial Key Laboratory for Oil Crops Improvement/Key Laboratory of Oil Crops in Huanghuaihai Plains, Ministry of Agriculture/
National and Provincial Joint Engineering Laboratory for Peanut Genetic Improvement,
Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Experiment was conducted to study the effect of waterlogging stress on physiology and yield of peanut in different growth stage. Using the method of artificial flooding, the effects of waterlogging stress on peanut yield and protective enzyme system were studied in different planting patterns. The results showed that the waterlogging stress treatment led to 13.62% of yield loss compared with the control group. Under waterlogging stress conditions the yield of ridge planting was improved by 16.60% as compared with flat planting. Waterlogging stress increased the SOD activity and MDA content. It also decreased the POD and CAT activities. The impact of waterlogging was larger in pod setting stage than maturation stage, and it was also more harmful in flat planting than ridge planting. To reduce the damage of waterlogging stress, ridge planting pattern is recommended in rainy and waterlogged peanut areas.

Key words: peanut; planting pattern; waterlogging stress; protective enzyme; yield

收稿日期: 2014-07-21

基金项目: 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-14); 河南省现代农业产业技术体系项目(S2012-5); 国家科技支撑计划项目(2014BAD11B04)

作者简介: 张 俊(1984-), 男, 山东淄博人, 助理研究员, 硕士, 主要从事花生高产栽培生理研究。

E-mail: zhangjun0722@163.com

* 通讯作者: 汤丰收(1960-), 男, 河南焦作人, 研究员, 本科, 主要从事花生高产栽培生理研究及示范推广工作。

E-mail: fshtang@126.com

花生是世界范围内广泛栽培的重要油料作物,同时也是世界上最重要的经济作物和蛋白作物。花生主要适应半干旱和半湿润的气候条件,土壤湿度以田间持水量的 50%~70%为宜,而湿涝或地下水位过高会对花生形态、生理、产量等方面造成全面影响^[1-8]。湿涝是水分胁迫的一个方面,在世界湿润地区、半干旱地区,湿涝是作物生产中的一个严重问题。据估测,全球约 10%的耕地遭受湿涝灾害,导致作物减产 20%,约 50%的水浇地受到排水不良的影响。我国花生多分布在北部温带至南部热带的季风气候区,年降雨量 330~1 800 mm,降水时空分配不均,旱涝多发^[9]。据预测,随着全球气候变暖,我国南方花生的湿涝问题将更加突出,花生湿涝研究亟待开展^[10],国内外自 20 世纪 80 年代以来进行了一些花生湿涝的产量效应和化学调控研究,但很少涉及内部机制研究^[11]。湿涝易造成作物生长环境缺氧,使植物呼吸作用增强,消耗增多,干物质积累下降^[12],进而使代谢途径发生改变而诱导作物发生一系列生理生化变化,最终导致作物减产甚至绝收。据调查研究,涝害或土壤过湿时花生一般减产 20%~30%,严重者甚至减产 50%以上^[13]。河南省驻马店、信阳、南阳(部分)地区由于地理位置的原因,夏秋涝出现频率甚高,且该地区花生种植习惯为平作,遇涝排水困难,造成花生生育后期涝灾频繁、渍害严重,产量低而不稳,品质下降^[14]。研究花生不同生育时期、不同种植方式对湿涝胁迫的响应,不仅有利于解决该区域花生生产的难题,对稳定和促进我国花生生产、保障食用植物油供给安全也具有重要意义。鉴于此,采用模拟人工淹水逆境的试验方法,在不同种植方式下,研究花生不同生育时期,特别是 8 月中下旬至 9 月初豫南多雨时期,淹水条件对花生生理代谢及产量的影响,以期对花生抗灾减灾栽培提供理论依据和技术指导。

1 材料和方法

1.1 供试材料与试验设计

试验在 2013 年于河南省农业科学院原阳实验基地进行,供试花生品种为远杂 9102,6 月 5 日播种,每处理 4 垄(平播为 8 行),垄(行)长 6.67 m,垄距 80 cm(平作行距 40 cm),穴距 16 cm,每穴播种 2 粒,3 次重复。

试验设置 6 个处理,即 A:平作正常水分;B:平作结荚期淹水;C:平作荚果成熟期淹水;D:起垄正

常水分;E:起垄结荚期淹水;F:起垄荚果成熟期淹水。结荚期淹水时间为 8 月 15 日至 8 月 25 日,荚果成熟期淹水时间为 8 月 25 日至 9 月 5 日。各时期淹水处理均持续 10 d,淹水处理期间始终保持土壤含水量处于饱和状态,对照则按需正常浇水。

1.2 测定项目及方法

于处理前(8 月 15 日)、结荚期淹水后(8 月 26 日)、荚果成熟期处理后(9 月 5 日),分别采集各处理主茎倒 3 叶,迅速冷冻,用于测定过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性以及丙二醛(MDA)含量。其中,POD 活性测定采用愈创木酚法^[15];SOD 活性测定采用王爱国等^[16]的方法;CAT 活性测定采用 Chance 等方法^[17];MDA 含量测定采用硫代巴比妥酸法^[18]。花生成熟后收获,将各处理荚果晾晒干,除去杂质及无商品价值的荚果,然后称质量计产。

1.3 数据分析方法

数据统计分析和差异显著性检验采用 DPS 数据处理系统,图表制作采用 Excel。

2 结果与分析

2.1 不同种植方式及湿涝胁迫对花生产量的影响

由表 1 可知,湿涝胁迫处理的花生平均产量(4 514.06 kg/hm²)较正常水分条件下(5 225.63 kg/hm²)降低 13.62%,垄作(5 055.00 kg/hm²)较平作(4 447.50 kg/hm²)平均增产 13.66%,正常水分条件下垄作较平作增产 8.77%,水淹条件下垄作(4 860.00 kg/hm²)较平作(4 168.13 kg/hm²)平均增产 16.60%,可见垄作产量明显高于平作产量,起垄种植明显优于平作栽培。

花生在结荚期和荚果成熟期水分胁迫下均表现减产,但程度有所差异,结荚期水淹产量(4 297.50 kg/hm²)比正常水分条件下减产 17.76%,荚果成熟期水淹产量(4 730.63 kg/hm²)比正常水分条件下减产 9.47%,结荚期水淹产量比成熟期水淹条件下减产 9.16%,可见,结荚期遭遇水淹的产量损失远远大于荚果成熟期水淹,即结荚期是花生对湿涝胁迫的敏感期,而荚果成熟期遭遇湿涝胁迫的影响相对较小。

表 1 不同种植方式花生湿涝胁迫对产量的影响

项目	处理					kg/hm ²
	A	B	C	D	E	F
产量	5 006.25	3 899.25	4 437.00	5 445.00	4 695.75	5 024.25

2.2 不同种植方式及湿涝胁迫对花生叶片 SOD 活性的影响

图 1 表明,正常水分条件下,随生育期的推进,SOD 活性呈下降趋势,不同种植方式比较,垄作条件下 SOD 活性下降幅度小于平作。8 月 15 日至 9 月 5 日,平作条件下 SOD 活性下降 20%,垄作条件下仅下降 7.1%,表明垄作可有效延缓 SOD 活性下降,在后期可及时消除活性氧对细胞的危害,延长功能叶片的寿命,制造、积累更多的有机物,满足荚果发育的需要。

水淹处理后花生叶片中 SOD 活性明显升高;垄作条件下 SOD 活性更高,较正常水分条件下上升幅度也大。起垄条件下,结荚期淹水后(8 月 26 日)SOD 活性较正常水分条件下提高了 24.37%,荚果成熟期淹水后(9 月 5 日)SOD 活性较正常水分条件下提高了 20.8%;平作条件下,结荚期淹水后(8 月 26 日)SOD 活性较正常水分条件下提高了 23.4%,荚果成熟期淹水后(9 月 5 日)SOD 活性较正常水分条件下提高了 19.6%。表明起垄可有效缓解花生生育后期受到湿涝胁迫的危害。结荚期水分胁迫结束恢复正常后,SOD 活性会随生育进程而降低,但高于正常水分条件下,不同种植方式比较,平作条件下 SOD 活性下降速率大于垄作条件。

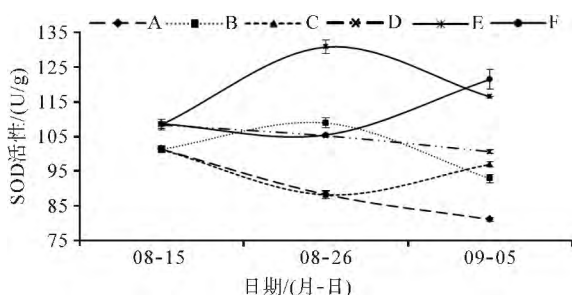


图 1 不同种植方式花生生育后期湿涝胁迫对花生叶片 SOD 活性的影响

2.3 不同种植方式及湿涝胁迫对花生叶片 POD 活性的影响

由图 2 可知,正常水分条件下,从结荚期到荚果成熟期,叶片中的 POD 活性呈下降趋势。垄作条件下 POD 活性下降幅度小于平作,8 月 15 日至 9 月 5 日,平作条件下 POD 活性下降了 49.1%,垄作条件下 POD 活性下降了 22.6%,表明垄作可有效延缓 POD 活性下降。与 SOD 活性相比,由于自然衰老,POD 活性下降幅度更大,证明衰老对 POD 活性的影响更大。

受到湿涝胁迫后,随花生生育进程的推进,叶片

中 POD 的活性与正常水分条件下变化基本一致,整体呈下降趋势。水淹后垄作条件下 POD 活性更高,较正常水分条件下下降幅度也小,不同生育时期结果分析趋势也基本一致。起垄条件下,结荚期淹水后(8 月 26 日)POD 活性较正常水分条件降低了 26.45%,荚果成熟期淹水后(9 月 5 日)POD 活性较正常水分条件降低了 20.8%;平作条件下,结荚期淹水后(8 月 26 日)POD 活性较正常水分条件降低了 30.04%,荚果成熟期淹水后(9 月 5 日)POD 活性较正常水分条件降低了 25.67%。水淹条件下 POD 活性表现为起垄种植明显高于平作。

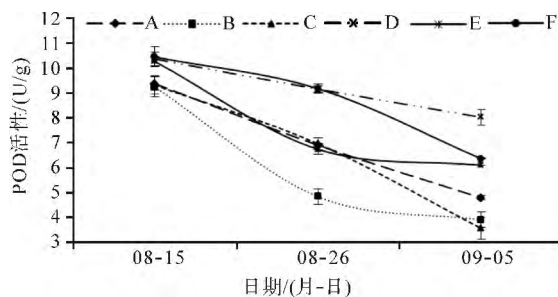


图 2 不同种植方式花生生育后期湿涝胁迫对花生叶片 POD 活性的影响

2.4 不同种植方式及湿涝胁迫对花生叶片 CAT 活性的影响

CAT 是重要的抗氧化酶,普遍存在于植物组织中,具有消除过氧化氢对细胞膜、巯基酶以及其他生物活性物质毒害的作用。由图 3 可以看出,随生育进程的推进,CAT 活性整体呈下降趋势,垄作条件下 CAT 活性下降幅度小于平作。垄作条件下的 CAT 活性明显高于平作。不同时期分析,结荚期遭遇湿涝胁迫,CAT 活性下降幅度较大;荚果成熟期遭遇湿涝胁迫,CAT 活性下降幅度较小。8 月 26 日测定,平作条件下结荚期水淹 CAT 活性较正常水分条件下下降 33.32%,垄作条件下较正常水分条件下下降 21.9%,垄作条件下比平作条件下高 41.62%。9 月 5 日测定,

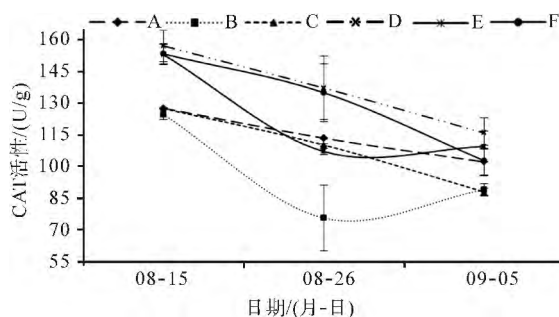


图 3 不同种植方式花生生育后期湿涝胁迫对花生叶片 CAT 活性的影响

平作条件下成熟期水淹 CAT 活性较正常水分条件下下降 13.86%, 垄作条件下较正常水分条件下下降 11.29%, 垄作条件下比平作条件下高 16.7%。说明结荚期水淹严重影响了 CAT 的活性, 起垄种植可减轻结荚期水淹危害。

2.5 不同种植方式及湿涝胁迫对花生叶片 MDA 含量的影响

MDA 是植物受到逆境胁迫时膜脂过氧化作用的最终产物, 其含量高低反映植物细胞膜受伤害程度。正常水分条件下, 从结荚期到荚果成熟期, 由于植株的衰老, 叶片中的 MDA 含量呈上升趋势。花生在湿涝胁迫下, 叶片的 MDA 含量升高, 且随淹水时间的增长而升高。垄作条件下叶片中 MDA 含量低于平作。结荚期遭遇湿涝胁迫, 叶片 MDA 含量增加更多。8 月 26 日测定, 平作条件下结荚期水淹 MDA 含量较正常水分条件下增加了 25.7%, 垄作条件下较正常水分条件下增加了 15.3%, 平作条件下比垄作条件下高 22.9%。9 月 5 日测定, 平作条件下成熟期水淹 MDA 含量较正常水分条件下增加了 11.2%, 垄作条件下较正常水分条件下增加了 10.1%, 平作条件下比垄作条件下高 15.3%。表明花生生育后期遇湿涝胁迫会加重细胞受伤程度, 加速植株的衰老, 危害程度表现为结荚期大于荚果成熟期, 而平作会加剧这种危害, 起垄种植则可缓解这种危害。

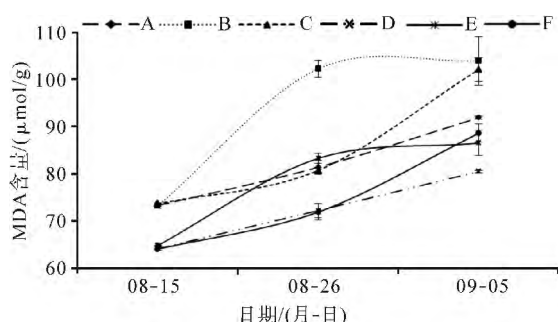


图 4 不同种植方式花生生育后期湿涝胁迫对花生叶片 MDA 含量的影响

3 结论与讨论

研究表明, 渍水影响光合作用, 减少物质积累, 改变光合产物在地上部与根系间的分配比例, 抑制产量形成^[19]。首先湿涝造成了缺氧环境, 诱导植株体内产生了活性氧和其他过氧化物自由基, 对植物细胞产生严重危害, 进而影响干物质的积累, 从而降低产量。当植株受到湿涝胁迫时, 会导致体内细胞中活性氧大量积累从而对细胞造成伤害^[20], 但其本

身也会产生一系列的反应来抑制或减轻受到的危害, 其中抗氧化酶是最主要的作用物质。叶片中保护性酶主要有 3 种, 分别是 SOD、POD、CAT。逆境胁迫通常会造成叶片抗氧化酶活性降低、MDA 含量升高, 使叶片衰老而降低光合速率, 最终导致减产。荚果发育盛期的结荚期遭遇湿涝胁迫, 植株易出现早衰现象, 不利于同化产物的积累, 进一步影响荚果的充实。湿涝胁迫会使植株产生大量的活性氧, 对细胞造成伤害, 从而使膜脂发生过氧化作用或膜脂脱脂作用, 形成 MDA, 破坏膜结构, 致使细胞衰老, 不能进行正常的功能。本试验结果表明, 生育后期湿涝胁迫可增加 SOD 活性, 降低 POD、CAT 活性, 增加 MDA 含量, 从而降低功能叶片的光合速率, 导致减产, 结荚期湿涝胁迫的影响大于荚果成熟期湿涝胁迫。不同种植方式表现为, 平作条件下叶片受到活性氧的伤害更为严重, 叶片衰老更为明显, 垄作可有效降低湿涝对叶片的危害, 能在一定范围内及时清除活性氧, 保持叶片的功能, 保证荚果的生长, 本试验的产量结果对此也进行了充分的验证。

本研究结果表明, 花生生育后期不同时期遭遇涝害造成荚果减产程度不同, 结荚期遭遇涝灾减产幅度最大。花生结荚期淹水后, 土壤透气性变差, 植株正常的生理代谢活动异常, 不利于果针下扎, 阻碍果针发育成荚果, 饱果率少, 幼果、秕果、空果、烂果率多, 最终导致荚果产量降低。不同种植方式的花生对湿涝胁迫的响应程度不同, 平作条件下由于排涝不便, 土壤易板结, 下渗不畅, 导致根系、果针和荚果长时间进行无氧呼吸, 叶片无法制造充足的养分, 不能满足荚果的膨大和充实, 因此单株结果数少、单株生产力低、烂果多、饱果率低, 产量下降; 垄作条件下排涝方便, 土壤疏松, 水分容易下渗, 能在一定范围内维持叶片正常的生理功能, 满足荚果的膨大和充实, 因此, 在受到湿涝胁迫时, 垄作花生产量高于平作。

参考文献:

- [1] Robertson W K, Hammend L C. Effect of plantwater stress on rootdistribution of corn, soybean and peanuts in sandy soil[J]. Agronomy Journal, 1980, 72: 548-550.
- [2] Nternational Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics(ICRISAT). Agrometeorology of groundnut; Proceedings of an international symposium[C]. India:ICRISAT, 1985.

- [3] 万书波. 中国花生栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2003.
- [4] Subbaiah C C, Sachs M M. Molecular and cellular adaptations of maize to flooding stress[J]. Ann Bot, 2003, 91:119-127.
- [5] Krishnamoorthy H N, Goswami C L, Dayal J. Effect of waterlogging and growth retardants on peanut (*Arachis hypogaea* L.) [J]. Indian Journal of Plant Physiology, 1981, 24(4):381-385.
- [6] Krishnamoorthy H N. Effect of waterlogging and gibberellic acid on leaf gas exchange in peanut (*Arachis hypogaea* L.) [J]. Journal of Plant Physiology, 1992, 139:503-505.
- [7] Bishnoi N R, Krishnamoorthy H N. Effect of waterlogging and gibberellic acid on growth and yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.) [J]. Indian Journal of Plant Physiology, 1995, 38(1):45-47.
- [8] Ketring D L, Jordan W R, Smith O D, et al. Genetic variability in root and shoot growth characteristics of peanut [J]. Peanut Science, 1982, 9:68-72.
- [9] 程延年. 未来气候变化对我国花生生产的影响[J]. 花生科技, 1993(1):1-5.
- [10] 李林, 邹冬生, 刘登望, 等. 花生等农作物耐湿涝性研究进展[J]. 中国油料作物学报, 2004, 26(3):105-110.
- [11] 山东省福山县农业局. 涝害对花生生产量的影响[J]. 花生科技, 1977(1):5-6.
- [12] 王磊, 谢淑芹, 孙海昆, 等. 高温渍害对玉米生产的影响及对策[J]. 现代农业科技, 2013(19):161-163.
- [13] 万书波. 中国花生栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2003.
- [14] 汤丰收, 臧秀旺, 韩锁义, 等. 淮河流域夏播花生规范化种植技术集成与示范[J]. 河南农业科学, 2012, 41(6):54-57.
- [15] 郝再彬. 植物生理实验技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨出版社,2002.
- [16] 王爱国, 罗广华, 邵从本. 大豆种子超氧化物歧化酶的研究[J]. 植物生理学报, 1983, 9(1):77-83.
- [17] 西北农业大学. 基础生物化学实验指导[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1985.
- [18] 赵世杰, 许长成, 邹琦, 等. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯, 1994, 301(3):207-210.
- [19] 吴进东, 丁广礼. 氮肥运筹对孕穗期渍害冬小麦灌浆特性的影响[J]. 天津农业科学, 2013, 19(1):24-28.
- [20] 刘晓忠, 李建坤. 涝渍逆境下玉米叶片超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性与抗涝性的关系[J]. 华北农学报, 1995, 10(3):29-32.

(上接第 45 页)

发挥了重要作用,但从近年育成品种的亲本分析看,育种资源的交流及外省品种的利用不够。加强不同地区花生品种资源的交流,将不同生态区花生品种的优势进行组合,有利于选育出更优良的花生品种。

4.3 加大国外种质及野生种质的利用

由两省花生育成品种的情况看,国外种质和野生种质在某些花生品种选育中发挥了较大作用,使品种的性状有了历史性的突破,如远杂 9102 在优质、抗青枯病、耐瘠方面,花育 20 在高产、优质方面均有突出表现。近年来从国外引进的高油酸花生种质使我国花生品种的品质改良又取得了新的突破。但在国外抗病种质的引进及利用方面还需进一步加强。

参考文献:

- [1] 熊冬金,赵团结,盖钧镒. 中国大豆育成品种亲本分析

[J]. 中国农业科学,2008,41(9):2589-2598.

- [2] 禹山林. 中国花生品种及其系谱[M]. 上海:上海科学技术出版社,2008.
- [3] 孙大容. 花生育种学[M]. 北京:中国农业出版社,1998.
- [4] 孙春梅,谷建中,金建猛,等. 花生新品种开农 53 选育及栽培要点[J]. 河南农业科学,2010(10):49-50.
- [5] 李正超,邱庆树,吴兰荣,等. 辐射与杂交相结合选育大花生新品种花育 16 号的研究[J]. 核农学报,2001,15(6):368-370.
- [6] 汤丰收,张新友,任丽,等. 河南花生品种及其系谱分析[J]. 中国油料作物学报,2008,30(专辑):240-244.
- [7] 崔章林,盖钧镒, Carter T E Jr, 等. 中国大豆育成品种及其系谱分析(1923—1995)[M]. 北京:中国农业出版社,1998.
- [8] 盖钧镒,赵团结,崔章林,等. 中国大豆育成品种中不同地理来源种质的遗传贡献研究[J]. 中国农业科学,1998,31(5):35-43.