

尤超,沈虹,张营营,等. 油桃生理特性对水分胁迫的响应[J]. 江苏农业科学,2018,46(16):98-101.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.16.024

油桃生理特性对水分胁迫的响应

尤超¹, 沈虹¹, 张营营¹, 程芳梅¹, 郭世荣², 孙锦²

[1. 南京农业大学(宿迁)设施园艺研究院,江苏宿迁 223800; 2. 南京农业大学园艺学院,江苏南京 210095]

摘要:分析油桃的耐旱特性,为耐旱品种选育提供依据。以油桃嫁接苗为试验材料,研究水分胁迫对不同抗旱性油桃品种生理生化特征的影响。结果表明,随着水分胁迫加强,油桃根系相对含水量整体降低,抗旱品种映秋红和抗旱性较弱的品种中农金辉最大降幅分别达 43.51%、54.26%;在水分胁迫 7 d 后,映秋红和中农金辉的光合速率分别下降 20.79%、35.01%;干旱胁迫下中农金辉油桃叶片中丙二醛含量增幅大于映秋红,前者膜脂过氧化反应水平明显高于后者;可溶性糖含量在水分胁迫下整体呈降低趋势,干旱处理 11 d 土壤相对含量为 25% 时,映秋红和中农金辉叶片可溶性糖含量分别为对照的 46.78%、32.66%;随着胁迫处理的持续,抗旱性较强的品种过氧化氢酶活性高于抗旱性较弱的品种,前者过氧化物酶活性整体上优于后者。

关键词:油桃;水分胁迫;品种;生理特性;光合速率;旱地农业

中图分类号: S662.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)16-0098-04

干旱是制约果树产业可持续发展的重要因素,如何利用旱地有限降水资源、提高水资源利用率、提高植物抗旱性已成

收稿日期:2017-03-14

基金项目:2016 年度中央引导地方科技发展专项资金项目;江苏省农业三新工程项目(编号: SXGC[2014]256、SXGC[2015]270);江苏省宿迁市科技基础设施建设项目(编号: M201419);江苏省宿迁市科技计划(编号: L201410、L201604、L201615)。

作者简介:尤超(1987—),男,安徽宿州人,硕士,助理研究员,主要从事果树种质资源库建设、珍贵树种良种选育及优质苗木繁育技术推广、园艺植物有效成分生物代谢及分子生物学等研究。Tel: (0527)84672808;E-mail: kyzy518529@163.com。

通信作者:孙锦,博士,副教授,主要从事设施园艺、无土栽培、蔬菜园艺等教学、科研、推广等工作。Tel: (0527)84672808;E-mail: kyzy518529@163.com。

中高纬度环流[J]. 干旱气象,2007,25(1):32-37.

[13] 黄慧君. 2006 年云南省盛夏高温干旱成因分析[J]. 云南地理环境研究,2009(4):83-86,100.

[14] Jiang Y W, Huang B R. Physiological responses to heat stress alone or in combination with drought: a comparison between tall fescue and perennial ryegrass[J]. HortScience, 2001, 36(4): 682-686.

[15] 赵雅丽,熊浩,毕玉芬,等. 干热胁迫对紫花苜蓿叶片气孔大小的影响[J]. 云南农业大学学报,2013,28(3):336-339.

[16] 杜建雄. 干热胁迫对草地早熟禾 5 个品种生理生化特性影响的研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2007.

[17] 刘大林,张华,曹喜春,等. 夏季高温胁迫对紫花苜蓿部分生理生化指标的影响[J]. 草地学报,2013,21(5):933-937.

[18] 王玉佳,姜华,毕玉芬,等. 紫花苜蓿光合作用对干热条件的生理响应[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2011,26(2):190-193.

[19] 赵雁,毕玉芬,车伟光,等. 高温胁迫下紫花苜蓿品种胞质蛋白变化的比较[J]. 中国草地学报,2013,35(5):13-18.

[20] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2007.

为未来发展旱地农业的重要研究课题之一^[1]。油桃(*Prunus persica* var. *nectarina*)为重要的经济林作物,因其主栽产区大多分布在干旱或半干旱区域,干旱环境成为油桃生产推广的“瓶颈”。近年来,有关光合作用和细胞膜功能结构等植物抗旱性生理分析已取得实质性进展,如姚立新等研究表明,干旱等不良环境是影响植物生长的重要因子,它会引起植物体内生物膜结构组成等一系列生理生化和分子生物学上的变化,导致植物体生长代谢受到抑制^[2-3];余玲等认为,干旱及半干旱环境大大降低土壤含水量,影响了植株的光合作用,导致植株产量和品质下降^[4-5]。但关于油桃水分胁迫生理响应等方面的研究鲜见报道,尤其是与油桃抗旱性相关的研究较少^[6-8]。因此,开展油桃耐旱性及其机制的研究,对选育和推广优良耐旱油桃品种具有重要意义。笔者通过分析干旱胁迫

[21] Chartzoulakis K, Patakas A, Kofidis G, et al. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars[J]. Scientia Horticulturae, 2002, 95(1):39-50.

[22] 王云龙,许振柱,周广胜. 水分胁迫对羊草光合产物分配及其气体交换特征的影响[J]. 植物生态学报,2004,28(6):803-809.

[23] 上海植物生理研究所. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京:科学出版社,1999.

[24] International rules for seed testing[M]. Zurich, Switzerland: 2005.

[25] 国际种子检验协会(ISTA). 国际种子检验规程[M]. 北京:中国农业出版社,1999.

[26] 徐本美,孙运涛,孙超,等. 硬实种子高活力性状的研究[J]. 种子,2005,24(8):44-48.

[27] 陈玲,李苇洁,徐信,等. 不同处理方法对白刺花种子萌发的影响[J]. 2011,30(7):110-113.

[28] 李兴美,何胜江,何勇. 白刺花硬实种子不同处理方法的探讨[J]. 贵州农业科学,2010,38(5):70-72.

[29] 王红梅,包维楷,李芳兰. 不同干旱胁迫强度下白刺花幼苗叶片的生理生化反应[J]. 应用与环境生物学报,2008,14(6):757-762.

下油桃植株的生理变化,阐明其耐旱特性,旨在筛选耐旱性优异的油桃品种。

1 材料与方法

1.1 试验时间与地点

田间试验于 2015 年 11 月在南京农业大学(宿迁)设施园艺研究院油桃种质资源圃进行,室内试验在植物生理学实验室内进行。

1.2 试验材料

在南京农业大学(宿迁)设施园艺研究院油桃资源圃内,选用 2 个抗旱性不同的油桃品种映秋红(抗旱性较强)和中农金辉(抗旱性较弱)为试验材料。于 2015 年 5 月选取生长健壮的油桃枝条在资源圃内嫁接繁殖,具体方法参照尤超等的方法^[9]。于 2015 年 10 月选取生长势一致的嫁接苗定植于营养钵内,放置于温室内培养。于 2015 年 11 月移至旱棚内口径为 30 cm、高为 20 cm 的花盆中,每盆装 30 kg 表土。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 每个品种设对照(CK)与干旱胁迫处理(ST)2 个水平。从定植后翌年花芽分化期进行干旱处理,按土壤含水量每日减少 5% 的速度从 75% 降至 25%,对照土壤含水量为 75%,土壤含水量采用称质量法调控,胁迫 1、3、5、7、9、11 d 后取样分析测定,每个处理重复 3 次。

1.3.2 测定方法 供试植株光合速率分析采用 LI-6400 光合仪(美国 LI-COR 公司)测主茎倒数第 3 叶,在晴天 10:00 自然光照条件下测定;丙二醛(malondialdehyde,简称 MDA)含量测定参照王学奎的方法^[10];可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法;过氧化物酶(peroxidase,简称 POD)活性分析采用愈创木酚法;过氧化氢酶(catalase,简称 CAT)活性分析采用紫外吸收法^[11];并测定三氯均二苯脲(triclocarban,简称 TCC)还原强度。

1.3.3 统计分析 采用 Excel 2003、DPS 软件对数据进行统计分析^[12],油桃种间耐旱性综合评价和主成分分析参照张文

娥等的方法^[13-14]。

2 结果与分析

2.1 单项生理生化指标耐旱性分析

2.1.1 土壤水分胁迫对油桃根系活力的影响 三氯均二苯脲还原强度是反映植株根系活力的重要指标,根系活力反映植株吸收水分的特性。由图 1 可知,水分胁迫对根系活力影响比较明显,干旱胁迫处理初期根系活力小幅度上升,随着胁迫程度的加深,根系活力整体下降,供试品种趋势相同,但其变化的幅度差异较大。干旱胁迫处理 3、5、7、9、11 d 后,与对照相比,供试抗旱品种映秋红 TCC 还原强度分别下降 6.12%、11.92%、23.45%、30.85%、43.51%;而抗旱性较弱的中农金辉的 TCC 还原强度下降幅度较大,分别为 11.75%、14.55%、35.70%、48.90%、54.26%。说明抗旱性较强的品种根系活力受干旱影响程度明显小于抗旱性较弱的品种。

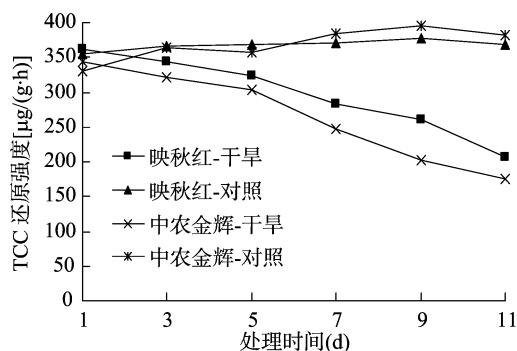


图1 水分胁迫对油桃根系活力的影响

2.1.2 土壤水分胁迫对油桃光合速率的影响 由表 1 可知,水分胁迫初期对油桃植株光合速率的影响较小,胁迫 7 d 后的光合速率大幅度下降,供试抗旱性较强的品种映秋红的叶片的光合速率下降 20.79%,抗旱性较弱的品种中农金辉叶片的光合速率下降 35.01%。说明干旱条件下映秋红能维持较高的光合速率,这是抗旱品种的重要特征。

表 1 水分胁迫下油桃植株叶片的光合速率

胁迫时间 (d)	映秋红植株叶片的光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]		下降率 (%)	中农金辉植株叶片的光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]		下降率 (%)
	对照	干旱处理		对照	干旱处理	
1	41.21	41.01	0.49	32.45	31.08	4.22
3	40.28	35.17	12.69	31.28	27.18	13.11
5	41.24	35.82	13.14	30.49	25.67	15.81
7	43.28	34.28	20.79	32.56	21.16	35.01
9	41.87	28.17	32.72	31.49	16.14	48.75
11	40.16	23.46	41.58	30.28	6.49	78.57

2.1.3 土壤水分胁迫对油桃叶片抗氧化酶活性的影响 抗氧化酶系统是植株应对逆境胁迫产生的系统性防御机制之一^[15]。由图 2-a 可知,过氧化氢酶活性对于干旱胁迫反应在不同抗旱性品种之间的表现差异较大,供试抗旱性较强的品种映秋红在水分胁迫处理前 5 d 的 CAT 活性呈持续上升趋势,之后开始快速下降;抗旱性较弱的品种中农金辉的 CAT 活性被水分胁迫诱导增加活性的时间较短,仅在胁迫的 1、3 d 后 CAT 活性高于对照,之后开始急剧下降,到干旱胁迫 5 d 后时 CAT 活性下降至对照的 65.56%,说明干旱对抗旱性较弱

品种的伤害早于对抗旱性较强的品种。由图 2-b 可知,干旱胁迫前 5 d,映秋红 POD 活性无明显变化,在胁迫 9 d 后时达到峰值后下降,但幅度不大;中农金辉在水分胁迫下呈波浪式的变化趋势,胁迫初期时达到峰值,后期开始下降,7 d 后时小幅上升后再次下降。映秋红的 POD 活性略高于中农金辉。2.1.4 土壤水分胁迫对油桃叶片 MDA 含量的影响 MDA 为膜脂过氧化产物,水分胁迫对膜脂过氧化水平的影响比较明显。由图 3 可知,随着胁迫周期延长和程度加深,MDA 含量整体升高。抗旱性较弱的品种中农金辉油桃叶片中 MDA

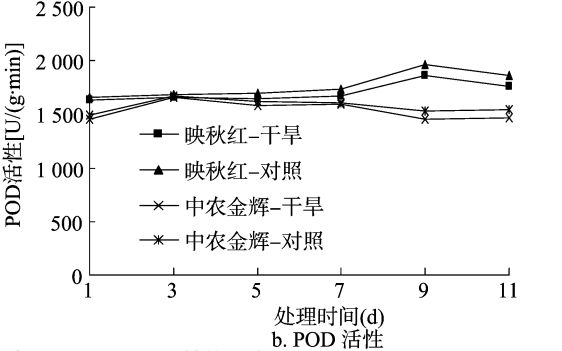
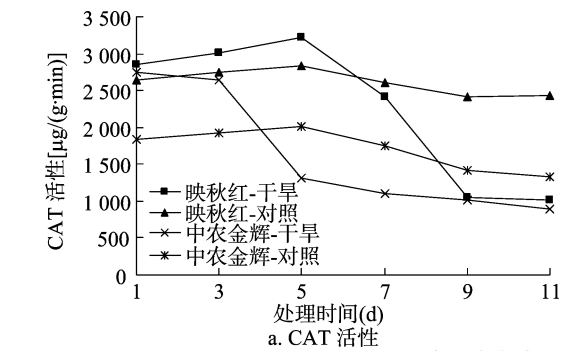


图2 水分胁迫对油桃叶片 CAT 和 POD 活性的影响

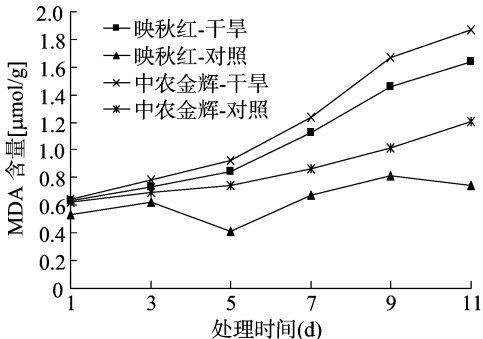


图3 水分胁迫对油桃叶片 MDA 含量的影响

含量增幅大于抗旱性较强的品种映秋红,水分胁迫下抗旱性较弱的油桃膜脂过氧化反应水平明显高于抗旱性较强的品种,但 MDA 指标数值大小与耐旱特性之间呈反比关系,说明后者耐旱特性优于前者。

2.1.5 土壤水分胁迫对油桃叶片可溶性糖含量的影响 由图 4 可知,水分胁迫下油桃叶片中可溶性糖含量与对照相比均有不同程度的下降。供试抗旱性较弱品种中农金辉叶片可溶性糖含量下降幅度大于映秋红,干旱处理 11 d 后土壤相对含水量降至 25% 时,映秋红和中农金辉叶片可溶性糖含量分别为对照的 46.78%、32.66%。说明抗旱性较强的品种在干旱胁迫下叶片中可溶性糖的含量较高。

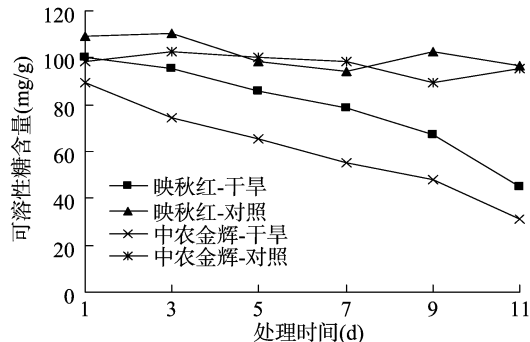


图4 水分胁迫对油桃叶片可溶性糖含量的影响

2.2 不同油桃耐旱性综合评价

2.2.1 主成分分析 由表 2 可知,第 1 个综合指标的贡献率达 80.428%,该指标表示所测 6 个单项生理生化指标 80.428% 的信息,即将相互影响的 6 个单项生理生化指标转换为 1 个新的综合指标。由表 3 可知,这个主成分包含叶片光合速率、POD 活性、CAT 活性、MDA 含量、TCC 还原强度、可溶性蛋白含量等指标。根据各综合指标系数及各单项指标标准化值,

表 2 主成分特征值、贡献率、累计贡献率

主成分	特征值	贡献率 (%)	累计贡献率 (%)
1	4.826	80.428	80.428
2	1.107	18.449	98.877
3	0.067	1.123	100.000
4	3.112×10^{-16}	5.186×10^{-15}	100.000
5	3.515×10^{-17}	5.858×10^{-16}	100.000
6	-3.750×10^{-17}	-6.250×10^{-16}	100.000

表 3 主成分分析因子载荷阵

因素	主成分	
	1	2
叶片光合速率	0.989	
MDA 含量	-0.946	
可溶性蛋白含量	0.917	-0.385
POD 活性	0.844	0.534
TTC 还原强度	0.842	-0.537
CAT 活性	0.830	0.556

求出每份油桃品种综合指标得分值^[16]。

2.2.2 隶属函数值和权重确定 根据得分值,分别求出不同油桃品种公因子(第 1 主成分)的隶属函数值。根据公因子贡献率(80.428%)的大小,得出公因子权重,为 0.977 5。

2.2.3 综合评价 利用隶属函数法,分析供试材料耐涝性综合评价值,综合评价值是[0,1]闭区间上的纯数,它们的差异也具有可比性。由表 4 可知,综合评价值的最大值、最小值分别为 1.542、1.329,平均值为 1.447。综合评价值反映油桃品种耐旱能力的大小,综合评价值越大表明其越耐旱,结合干旱胁迫对油桃根系活力的影响及其他单项指标耐旱性分析,结果表明,映秋红的抗旱性强于中农金辉,供试油桃对照处理耐旱能力均高于干旱处理。

表 4 油桃品种和处理的隶属函数值和综合评价值

品种	处理	隶属函数值	综合评价值
映秋红	干旱处理	1.561	1.526
	对照	1.578	1.542
中农金辉	干旱处理	1.360	1.329
	对照	1.423	1.391

3 结论

油桃根系活力随着土壤水分胁迫程度的加强而降低,抗旱性较弱的中农金辉下降幅度明显大于抗旱性较强的品种映

秋红,而前者光合速率明显低于后者;中农金辉油桃叶片中 MDA 含量增加幅度明显大于映秋红,后者耐旱特性优于前者;油桃叶片中可溶性蛋白含量在水分胁迫下降低,抗旱性较强的品种在干旱胁迫下叶片可溶性蛋白含量较高。

结果表明,随着持续干旱胁迫,抗旱性较强的品种映秋红 CAT 活性始终高于抗旱性较弱的中农金辉;在 POD 活性方面,除干旱胁迫处理 3 d 后时,映秋红和中农金辉基本持平外,其他干旱胁迫过程中前者明显高于后者。说明油桃植株在遭受水分胁迫时 CAT 活性、POD 活性可以较好地反映其品种抗旱性。抗旱品种受水分胁迫的危害较轻,植株受损后恢复周期短,且在可以控制的范围内。

不同油桃品种和处理条件下植株干旱胁迫耐受能力差异较大,其中映秋红油桃的抗旱性强于中农金辉。油桃植株的根系活力、光合速率、CAT 活性、可溶性蛋白含量、MDA 含量等指标受胁迫影响较大,均可以作为抗旱鉴定的重要生理指标。

4 讨论

4.1 油桃品种资源耐涝评价因素分析

水分是影响植物生长发育的重要因素,油桃品种资源耐涝性科学评价体系较多,干旱环境可引起植物一系列代谢功能变化^[17],分析水分胁迫下植株生理生化指标变化是其主要途径之一。鉴定油桃植株耐旱特性,还应综合分析植株胁迫下的萎蔫系数等抗逆性指标,形成更加完善的耐旱性评价体系,但本试验未作探讨,不同油桃耐涝及抗旱机制亟待探索。本研究在设施高效栽培条件下进行,至于不同栽培模式、立地条件、品种(品系)油桃耐旱性评价须进一步验证。

4.2 质膜相对透性与油桃耐涝性的关系

水分胁迫下植株细胞膜伤害与膜脂过氧化作用关系密切,胁迫处理引起的油桃植株 MDA 含量变化与品种抗旱性有关。MDA 等膜脂过氧化产物含量的提高可以直接影响植物细胞蛋白质的代谢,引起可溶性蛋白含量下降^[15],可溶性蛋白含量又直接反映叶片 RuBp 羧化酶活性^[18],同时膜脂过氧化还能引起植株光合速率的下降和叶绿素的降解^[19]。

4.3 油桃耐旱特性产生作用与活性氧物质之间的关系

CAT 和 POD 均为植物重要的内源性保护酶,其活性变化与植株耐涝特性关联较大^[20]。本试验结果表明,随着干旱胁迫的延长导致植株叶片 CAT 活性变化,抗旱性较强的品种映秋红的 CAT 活性始终高于抗旱性较弱的品种中农金辉。说明油桃干旱胁迫时叶片的 CAT 活性等指标能较好地反映品种抗旱性情况,抗旱品种因其清除自由基的能力强,抗氧化酶活性受胁迫影响程度小,光合速率下降慢。生产实践中可以通过研究内源性保护酶对油桃抗逆性的调控机制,提高其抗逆性。

4.4 油桃品种和处理类型耐旱性状表现

研究表明,同一立地条件下,不同果树及品种(品系)、胁迫处理的适应性差异较大,其耐涝特性生理表现也随之发生变化^[21]。在本试验条件下,不同油桃品种和处理条件下植株性状表现不同,抗旱性较强的油桃品种映秋红耐旱特性表现优于中农金辉。这可能是由外界自然环境不同所致,如尤超

等认为,不同油桃品种盐胁迫下抗盐性表现差异性较大,其中黄肉品种中油桃 4 的耐盐性优于千年红^[22]。

参考文献:

- [1] 聂安全,赵海祯,齐宏立,等. 覆盖补水施肥对旱地小麦产量的影响[J]. 华北农学报,2001,16(1):92-98.
- [2] 姚立新,朱 锐,马雯彦,等. 植物抗旱、抗寒性鉴定与生理生化机理研究进展[J]. 安徽农业科学,2009,37(25):11864-11866.
- [3] 梁惠萍,雷利堂,王凌晖,等. 盐胁迫对油桐幼苗生长及生理特性的影响[J]. 北方园艺,2013(12):51-54.
- [4] 余 玲,王彦荣,孙建华. 环境胁迫对布顿大麦种子萌发及幼苗生长发育的影响[J]. 草业学报,2002,11(2):79-84.
- [5] 钱塘璜,雷江丽,庄雪影. 3 种草本蕨类植物耐旱性研究[J]. 西北林学院学报,2012,27(1):22-27.
- [6] 杨新国,张开春,秦 岭,等. 桃种质亲缘演化关系的 RAPD 分析[J]. 果树学报,2001,18(5):276-279.
- [7] 宗成文,曹后男,赵成日,等. 桃品种种质资源的 RAPD 分析[J]. 南京农业大学学报,2005,28(4):35-39.
- [8] 刘志虎. 酒泉地区油桃种质资源调查[D]. 兰州:甘肃农业大学,2005.
- [9] 尤 超,刘 涛,汪 亚,等. 油桃嫁接繁殖育苗对比试验[J]. 江苏农业科学,2015,43(4):185-186.
- [10] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,2006:278-283.
- [11] 孔祥生,易现峰. 植物生理学实验技术[M]. 北京:中国农业出版社,2008:252-253.
- [12] 唐启义. DPS 数据处理系统——实验设计、统计分析 & 数据挖掘[M]. 2 版. 北京:科学出版社,2010:130-150.
- [13] 张文娥,王 飞,潘学军. 应用隶属函数法综合评价葡萄种间抗寒性[J]. 果树学报,2007,24(6):849-853.
- [14] 林海明,张文霖. 主成分分析与因子分析的异同和 SPSS 软件[J]. 统计研究,2005,22(3):65-69.
- [15] 陈少裕. 膜脂过氧化对植物细胞的伤害[J]. 植物生理学通讯,1991,27(2):84-90.
- [16] 宋 丹,张华新,耿来林,等. 植物耐盐种质资源评价及耐盐生理研究进展[J]. 世界林业研究,2006,19(3):27-32.
- [17] 康凌艳,芦清水,邵宏波,等. 干旱对滨州灌区冬小麦归一化植被指数(NDVI)的影响[J]. 江苏农业学报,2017,33(1):87-93.
- [18] Wittenbach V A, Ackerson R C, Giaquinta R T, et al. Changes in photosynthesis, ribulose biphosphate carboxylase, proteolytic activity, and ultrastructure of soybean leaves during senescence[J]. Crop Science, 1980,20(2):225-231.
- [19] 史兰波,李云荫. 水分胁迫对冬小麦幼苗几种生理指标和叶绿体超微结构的影响(简报)[J]. 植物生理学通讯,1990(2):28-31.
- [20] 汪宗立,刘晓忠,李建坤,等. 玉米的涝渍伤害与膜脂过氧化作用和保护酶活性的关系[J]. 江苏农业学报,1988,4(3):1-8.
- [21] 徐宝利. 用 SSR 标记对甘肃地方油桃(*Prunus persica* L.) 种质资源遗传多样性及亲缘演化关系分析[D]. 兰州:甘肃农业大学,2006:3-9.
- [22] 尤 超,沈 虹,孙 锦. 盐胁迫对油桃生理生化特性的影响[J]. 中国农学通报,2015,31(31):96-103.