

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2020)02-0078-08

栽培生理

干旱胁迫对冬播马铃薯现蕾期生理生化指标的影响

韩德鹏¹, 尹智宇¹, 杨蓓², 翁大成¹, 许从恩¹, 肖关丽^{1*}
(1. 云南农业大学, 云南 昆明 650201; 2. 云南省永平县园艺工作站, 云南 永平 652600)

摘要: 云南省气候条件非常适合冬马铃薯栽培。为探明干旱胁迫对冬播马铃薯现蕾期生理生化指标的影响, 并对马铃薯品种抗旱性进行鉴定, 试验以云南省主栽的4个马铃薯品种(‘合作88’、‘丽薯6号’、‘宣薯2号’和‘会-2’)为试验材料, 在干旱胁迫及对照(正常供水CK)条件下测定马铃薯各品种现蕾期的生理生化指标(脯氨酸含量、可溶性蛋白含量、超氧化物歧化酶活性、过氧化物酶活性、过氧化氢酶活性和丙二醛含量), 并对各生理生化指标变幅进行模糊隶属函数分析。在干旱胁迫下, 脯氨酸含量、可溶性蛋白含量、超氧化物歧化酶活性、过氧化物酶活性、过氧化氢酶活性和丙二醛含量均较对照增加。除脯氨酸与超氧化物歧化酶活性外, 各生理指标的变化存在品种间差异。4个马铃薯品种抗旱性由强到弱依次是: ‘会-2’ > ‘宣薯2号’ > ‘合作88’ > ‘丽薯6号’。干旱胁迫下4个马铃薯品种的生理响应存在差异, 即品种抗旱性有差异。

关键词: 冬播马铃薯; 干旱胁迫; 现蕾期; 生理生化指标

Effects of Drought Stress on Physiological and Biochemical Indexes of Winter Sowing Potato at Bud Flower Stage

HAN Depeng¹, YIN Zhiyu¹, YANG Bei², WENG Dacheng¹, XU Congen¹, XIAO Guanli^{1*}

(1. Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China;
2. Yongping Horticulture Workstation, Yongping, Yunnan 652600, China)

Abstract: The climate conditions in Yunnan Province are very suitable for winter sowing potatoes. Using four main potato varieties ('Hezuo 88', 'Lishu 6', 'Xuanshu 2' and 'Hui-2') planted in Yunnan Province as the test materials, the physiological and biochemical indexes (proline content, soluble protein content, superoxide dismutase (SOD) activity, peroxidase (POD) activity, catalase (CAT) activity and malondialdehyde (MDA) content) of potatoes at bud flower stage were measured, and the variation of physiological and biochemical indexes were evaluated using the fuzzy membership function analysis, in order to explore the effect of drought stress on the physiological and biochemical indexes of winter sowing potato, and identify the drought resistance of different potato varieties. Under drought stress, the proline content, soluble protein content, SOD activity, POD activity, CAT activity, and MDA content were higher than those in the control treatment (CK). However, indexes of drought resistance were different with the varieties except proline content and SOD activity. The rank of drought resistance of four potato varieties was 'Hui-2' > 'Xuanshu 2' > 'Hezuo 88' > 'Lishu 6'. Under drought stress, the physiological responses of the four potato varieties were different, that is, the drought resistance of varieties was different.

Key Words: winter sowing potato; drought stress; bud flower stage; physiological and biochemical index

收稿日期: 2018-10-15

基金项目: 云南省教育厅重大专项(ZD2015006)。

作者简介: 韩德鹏(1993-), 男, 硕士研究生, 主要从事马铃薯抗旱生理研究。

*通信作者(Corresponding author): 肖关丽, 博士, 教授, 主要从事作物栽培生理研究, E-mail: glxiao9@163.com。

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)营养丰富, 丰产性好, 适应性广, 可兼做菜粮, 是重要的工业原料, 也是中国的重要出口物资^[1], 至2009年, 中国马铃薯的出口贸易地位在世界上已上升至第8位^[2]。中国马铃薯种植总面积逾460万hm², 是世界上最大的马铃薯生产国^[3]。中国马铃薯产业有着巨大的生产潜力与市场发展空间。全国马铃薯产区以种植春马铃薯为主, 即3月播种, 当年7~10月收获, 故2月中旬至5月中旬马铃薯鲜薯上市量却很少, 无法满足市场供应。而冬马铃薯于11月播种, 翌年2~5月收获, 可作为冬春蔬菜错季上市, 在弥补市场空缺的同时还可增加农民收入。云南省具有马铃薯四季种植、周年收获的气候优势, 非常适合冬马铃薯栽培^[4], 近年来冬马铃薯种植发展迅速^[5]。

马铃薯是典型的喜凉性温带气候性作物, 对水分亏缺十分敏感。云南省属典型的季风气候, 冬季降水量稀少, 有着山原降水量小于蒸发量的特点, 且海拔越高, 湿度越低, 空气越干燥, 冬季云南省旱情频发, 干旱胁迫成为严重影响马铃薯正常生长发育和后期产量形成的限制因素, 甚至可造成减产50%以上, 并引起一系列的不良反应, 抑制马铃薯产业的良性发展^[6-8]。现蕾期是马铃薯生长发育中需水量最多的时期, 此时地上地下部分同时生长, 匍匐茎顶端膨大, 块茎开始形成, 是丰产的重要时期, 水分供应不足, 将严重影响马铃薯植株的生长发育^[1]。

干旱是全世界都面临的最大的自然灾害之一。1950~2000年中国北方主要农业区干旱面积呈扩大趋势, 特别是华北等地干旱面积扩大迅速, 形势严峻, 而且极端年份干旱面积显著扩大^[9]。在云南省, 受旱面积35.45万hm², 其中成灾面积17.04万hm², 全省平均每年因旱灾损失粮食30.64万t^[10]。因此, 人们在干旱胁迫方面做出了许多研究。焦志丽等^[11]研究不同程度干旱胁迫对马铃薯植株幼苗的影响, 认为土壤含水量在20%的田间最大持水量为重度干旱胁迫。左应梅等^[12]在干旱胁迫下对4种人参属植物的生理指标进行比较, 认为植物抗旱的超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD)和过氧化物酶(Peroxidase, POD)的活性较高, 丙二醛(Malondialdehyde, MDA)的

变幅较小。马雪梅和吴朝峰^[13]在研究干旱胁迫对金银花生理指标与品质的影响时发现, 随干旱胁迫程度加剧, 金银花叶绿素总量呈下降趋势, 脯氨酸(Proline, Pro)、MDA和可溶性糖含量呈显著升高趋势, POD活性呈先升后降趋势。于健等^[14]发现过氧化氢酶(Catalase, CAT)活性广泛存在于植株体内, 将活性氧转变为低活性物质, 从而保护细胞膜系统不受损伤。杨华应等^[15]认为, 在干旱胁迫下, 因为抗旱能力的不同, 烤烟叶片叶绿素荧光参数、光合参数、脯氨酸含量、MDA含量、抗氧化系统酶活性均出现不同程度的变化。张丽莉等^[16]在研究块茎膨大期干旱胁迫对马铃薯生理指标及产量的影响中发现, 干旱胁迫下, 马铃薯叶片的MDA、脯氨酸含量均增加。迄今国内外有关马铃薯抗旱生理的研究已有很多卓有成效的工作, 但针对冬马铃薯抗旱性研究少见相关报道。本研究立足云南马铃薯生产实际, 研究干旱胁迫对冬播马铃薯的影响, 可为冬马铃薯生产发展提供理论依据。

本试验通过比较4个马铃薯品种在现蕾期干旱胁迫下各生理生化指标的变化, 并对各生理生化指标变化进行综合模糊隶属函数分析, 研究不同马铃薯品种在冬播时对于干旱胁迫的响应, 并评价马铃薯的抗旱性, 该研究可为冬马铃薯的抗旱栽培及优良种质的鉴定与筛选奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试品种: 以云南省主栽的4个马铃薯品种‘合作88’、‘丽薯6号’、‘宣薯2号’和‘会-2’为材料, 均由云南省曲靖市农业科学院提供。

1.2 试验地点及试验设计

试验在云南农业大学后山标本园大棚中进行, 地理位置N 25°18', E 102°35', 海拔1 930 m。于2015年11月~2016年4月, 进行冬播马铃薯的试验测定。试验用盆高27 cm, 上径39 cm, 下径20 cm。试验用土为山地红壤土, 土壤pH 5.7, 每盆装土10 kg, 施有机肥(N + P₂O₅ + K₂O ≥ 5%, 有机质 ≥ 60%, 腐殖质 ≥ 25%, pH 5.5~8)50 g, 复合肥(N:P:K = 30:10:10)10 g, 作为基肥与土壤混匀后装盆,

每品种每处理各3盆, 现蕾期(2016年1月)进行控水, 每天9:00测定土壤相对含水量^[17]。对照处理的土壤相对含水量在70%~85%, 干旱胁迫处理的土壤相对含水量在15%~30%, 马铃薯叶片出现萎蔫状态时(控水第8 d), 进行相关生理生化指标的测定。

1.3 取样及测定

于早上8:00取马铃薯倒4顶小叶, 置于冰盒中, 在实验室内测定脯氨酸含量、可溶性蛋白含量、SOD活性、POD活性、CAT活性和MDA含量。脯氨酸含量的测定采用磺基水杨酸法^[18], 可溶性蛋白含量、SOD活性、POD活性、CAT活性及MDA含量的测定均使用南京建成生物工程研究所提供的试剂盒。3次重复, 结果取平均值。

1.4 数据处理

测定后计算各指标变幅: 变幅 = [(处理值 - 对照值)/对照值] × 100% (变幅 > 0时, 为升幅; 变幅 < 0时, 为降幅)。

试验数据先用Excel 2003进行整理, 再用SPSS 17.0对各项生理生化指标变幅进行单因素 (One-way ANOVA)和最小显著差异法(LSD)分析, 最后使用模糊隶属函数法^[19]对4个马铃薯品种的各生理生化指标变幅进行综合分析。

隶属函数值的计算:

$$X'_{ij(\mu)} = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (1)$$

$$X'_{ij(\text{反})} = 1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (2)$$

其中 X 为各材料的某一指标测定值, $X_{\max}$ 、 $X_{\min}$ 分别表示各参试材料中某一指标测定值内的最

大值和最小值。如果指标与抗旱性成正相关, 用公式(1)计算, 呈负相关, 用公式(2)计算。MDA用公式(2)计算, 其余用公式(1)计算。然后累加各材料各个性状的具体函数值, 并求出平均隶属函数值。

2 结果与分析

2.1 土壤相对含水量的测定与分析

干旱处理下4个马铃薯品种的土壤相对含水量在21.93%~23.60%, CK处理(正常浇水)的4个马铃薯品种的土壤相对含水量在80.64%~81.95%(表1)。分别将干旱处理与CK处理的4个马铃薯品种的土壤相对含水量进行方差分析, 干旱处理与对照处理的4个马铃薯品种间的土壤相对含水量值差异均不显著, 说明4个马铃薯品种分别在干旱处理与CK处理的土壤相对含水量基本一致。

2.2 干旱条件下冬马铃薯现蕾期脯氨酸与可溶性蛋白含量分析

在干旱胁迫下, 4个马铃薯品种的叶内脯氨酸含量均较CK增加(表2)。将4个马铃薯品种的脯氨酸含量变幅进行方差分析, 差异不显著。

干旱胁迫下各马铃薯品种的可溶性蛋白含量均较CK增加(表2), 说明在水分亏缺条件下, 马铃薯叶内积累大量的可溶性蛋白以降低渗透势, 使植株适应干旱环境或提高自身的抗旱能力。将各马铃薯品种的可溶性蛋白含量变幅进行方差分析, ‘会-2’的可溶性蛋白含量变幅显著高于‘合

表1 4个冬播马铃薯品种土壤相对含水量比较

Table 1 Comparison on soil relative water content of four winter sowing potato varieties

处理 Treatment	合作88 Hezuo 88	丽薯6号 Lishu 6	宣薯2号 Xuanshu 2	会-2 Hui-2
对照(%) CK	81.55 a	80.64 a	81.95 a	81.40 a
干旱(%) Drought	23.60 a	23.01 a	22.13 a	21.93 a

注: 小写字母表示不同品种0.05水平的差异显著性, 最小显著差法测验。下同。

Note: Small letters are used to indicate significant difference at 0.05 level of different varieties as tested using least significance difference method. The same below.

作88’与‘丽薯6号’, ‘宣薯2号’的可溶性蛋白含量变幅显著高于‘丽薯6号’, 说明在干旱胁迫下, ‘会-2’叶内能够维持较高的可溶性蛋白水平, ‘宣薯2号’次之, ‘合作88’再次, ‘丽薯6号’叶内维持较低的可溶性蛋白水平。

2.3 干旱条件下冬马铃薯现蕾期 SOD、POD 和 CAT 活性分析

干旱胁迫下4个马铃薯品种的SOD活性含量均较CK增加(表3)。将各马铃薯品种SOD活性变幅进行方差分析, ‘合作88’、‘丽薯6号’、‘宣薯2号’及‘会-2’的SOD活性增幅分别是: 86.69%、302.48%、143.00% 和 128.19%, 品种间SOD活性差异不显著。

在干旱胁迫下, 4个马铃薯品种的POD活性均较CK增加(表3)。将各马铃薯品种的POD活性变幅进行方差分析, ‘会-2’与‘合作88’的POD活性变幅显著高于‘丽薯6号’, ‘宣薯2号’的POD

活性变幅高于‘丽薯6号’, 但不显著。说明在干旱胁迫下, ‘会-2’与‘合作88’叶内能够维持较高的POD活性, 去除活性氧自由基, 保护叶内细胞不受伤害, ‘丽薯6号’能力最弱。

在干旱胁迫下, 4个马铃薯品种的CAT活性均较CK增加(表3), 说明干旱胁迫使植株体内活性氧清除剂CAT活性增加, 以维持活性氧的代谢动态平衡, 使膜结构免受或少受活性氧的伤害, 一定程度上增强了植物在忍受、抵抗干旱胁迫的能力, 但不同品种的CAT活性增幅不同。将4个马铃薯品种CAT活性变幅进行方差分析, ‘会-2’的CAT活性增幅最大, 显著高于‘丽薯6号’, ‘宣薯2号’、‘合作88’的CAT活性增幅高于‘丽薯6号’, 但不显著。说明在干旱胁迫下, ‘会-2’的叶片细胞膜结构受损程度最小, 能更好的抵御干旱, ‘宣薯2号’与‘合作88’次之, ‘丽薯6号’叶内细胞膜膜保护结构受损较严重。

表 2 4 个马铃薯品种脯氨酸与可溶性蛋白含量比较
Table 2 Comparison on proline and soluble protein contents of four potato varieties

指标 Index	处理 Treatment	合作 88 Hezu 88	丽薯 6 号 Lishu 6	宣薯 2 号 Xuanshu 2	会-2 Hui-2
脯氨酸 Proline	对照(mg/g) CK	0.17 a	0.18 a	0.19 a	0.21 a
	干旱(mg/g) Drought	0.23 a	0.24 a	0.23 a	0.23 a
	变幅(%) Change rate	36.60 a	36.08 a	25.48 a	6.61 a
可溶性蛋白 Soluble protein	对照(mg/g) CK	35.00 a	38.83 a	34.96 a	38.50 a
	干旱(mg/g) Drought	42.50 b	42.33 b	45.50 b	55.83 a
	变幅(%) Change rate	21.38 bc	9.00 c	30.17 ab	44.98 a

2.4 干旱胁迫对4个马铃薯品种MDA含量的影响

在干旱胁迫下, 4个马铃薯品种的MDA含量均较CK增加(表4), 说明干旱胁迫使植株叶内的膜系统受损, 但不同品种受伤程度不同。在干旱胁迫下, ‘合作88’、‘丽薯6号’、‘宣薯2号’和‘会-2’的MDA增幅分别是 191.11%、226.67%、66.67% 和

58.33%。经方差分析, 4个马铃薯品种间MDA含量增幅存在差异, 其中, ‘合作88’和‘丽薯6号’的MDA含量变幅显著高于‘宣薯2号’和‘会-2’, 说明在干旱胁迫下, ‘会-2’与‘宣薯2号’的叶片膜系统受损程度较小, ‘合作88’与‘丽薯6号’叶内膜系统受伤较严重。

表3 4个马铃薯品种SOD、POD、CAT活性比较
Table 3 Comparison on SOD, POD and CAT activities of four potato varieties

指标 Index	处理 Treatment	合作88 Hezuo 88	丽薯6号 Lishu 6	宣薯2号 Xuanshu 2	会-2 Hui-2
SOD 活性 SOD activity	对照(mg/g) CK	0.73 a	0.45 a	0.51 a	0.40 a
	干旱(mg/g) Drought	1.36 ab	1.81 a	1.23 ab	0.92 b
	变幅(%) Change rate	86.69 a	302.48 a	143.00 a	128.19 a
POD 活性 POD activity	对照(mg/g) CK	3.91 a	4.82 a	4.16 a	3.54 a
	干旱(mg/g) Drought	5.68 a	5.28 a	5.43 a	5.31 a
	变幅(%) Change rate	45.29 a	9.48 b	30.54 ab	50.02 a
CAT 活性 CAT activity	对照(mg/g) CK	0.08 ab	0.13 a	0.05 ab	0.02 b
	干旱(mg/g) Drought	0.25 a	0.19 ab	0.19 ab	0.12 b
	变幅(%) Change rate	219.28 ab	55.96 b	292.06 ab	422.22 a

表4 4个马铃薯品种MDA含量比较
Table 4 Comparison on MDA content of four potato varieties

处理 Treatment	合作88 Hezuo 88	丽薯6号 Lishu 6	宣薯2号 Xuanshu 2	会-2 Hui-2
对照(mg/g) CK	0.04 a	0.02 a	0.03 a	0.04 a
干旱(mg/g) Drought	0.11 a	0.08 a	0.05 a	0.07 a
变幅(%) Change rate	191.11 a	226.67 a	66.67 b	58.33 b

2.5 模糊隶属函数法对4个马铃薯品种的抗旱性综合评价

马铃薯品种的抗旱性是一种复杂的遗传、生理、代谢反应,单一指标去鉴定马铃薯品种的抗旱性较局限,因此利用模糊隶属函数法对各马铃薯品种进行综合、客观的评价。结合各生理生化指标变幅对马铃薯品种进行抗旱性评价,模糊隶属函数值越高,品种的抗旱性越强。由表5可知,4个马铃薯品种各项生理生化指标的隶属函数平

均值从大到小顺序依次排列为:‘会-2’>‘宣薯2号’>‘合作88’>‘丽薯6号’。

3 讨论

渗透调节物质的积累是植物御旱的一种重要方式。但现今对干旱胁迫下,脯氨酸含量、可溶性蛋白含量的研究依然存在矛盾。贾琼^[20]研究认为干旱胁迫下,脯氨酸含量积累是一种生理现象,仅能将该指标作为胁迫伤害指标,但据田丰

表5 各马铃薯品种的隶属函数值

Table 5 Subordinate function values of four potato varieties

指标 Index	合作88 Hezuo 88	丽薯6号 Lishu 6	宣薯2号 Xuanshu 2	会-2 Hui-2
脯氨酸含量 Proline content	0.34	0.39	0.35	0.35
可溶性蛋白含量 Soluble protein content	0.14	0.50	0.60	0.54
SOD活性 SOD activity	0.50	0.40	0.52	0.51
POD活性 POD activity	0.53	0.58	0.58	0.50
CAT活性 CAT activity	0.57	0.42	0.39	0.62
MDA含量 MDA content	0.54	0.33	0.33	0.60
平均值 Average value	0.44	0.43	0.46	0.52
抗旱序位 Drought resistance rank	3	4	2	1

等^[21]研究报道认为，脯氨酸含量积累可作为鉴定品种抗旱性的指标，且变幅越大，品种抗旱性越强。李波等^[22]研究干旱胁迫对苜蓿脯氨酸累积的影响时发现，干旱胁迫时间长短是影响脯氨酸积累的重要因素。本研究认为，干旱胁迫下冬播马铃薯叶内脯氨酸含量较CK增加，干旱胁迫对马铃薯叶片的脯氨酸积累有影响；而对相同处理的不同品种间脯氨酸变幅进行比较，差异不显著，故认为脯氨酸积累的量与4个马铃薯品种抗旱性的相关性不显著；脯氨酸含量变幅在一定程度上反映了马铃薯植株叶片对干旱胁迫的忍耐和适应能力，与李波等^[22]研究结论一致。据刘玲玲等^[23]研究发现，干旱胁迫下可溶性蛋白含量占对照（正常浇水）可溶性蛋白含量的百分率与品种抗旱性呈极显著相关关系，但贾琼^[20]认为，可溶性蛋白含量变化与品种抗旱性的相关性不显著。本试验研究表明，在干旱胁迫下，其品种抗旱性越强，马铃薯可溶性蛋白含量增幅越大，马铃薯植株叶内的可溶性蛋白含量的增加，对其适应干旱环境有积极作用，与李建武^[24]的观点一致。

SOD、POD和CAT是保护细胞以抵御干旱胁迫的重要保护酶，SOD、POD共同作用是减轻或

消除因干旱引起的活性氧与自由基等对植物生长发育的不良影响，以增强马铃薯植株自身的抗旱能力，适应逆境^[7,25]。姜慧芳和任小平^[25]对于干旱胁迫下花生叶片SOD和POD活性的研究认为，在干旱胁迫下，植物叶内SOD、POD活性较CK增加，且抗旱性越强，其增幅越大。贾琼^[20]研究认为，在干旱胁迫下，SOD活性较CK增加，但SOD活性变幅与品种抗旱性无明显规律；而李建武等^[26]研究认为，在重度干旱胁迫下，SOD活性较CK降低。宋志荣^[27]研究认为，干旱胁迫使马铃薯植株叶内SOD活性增加，且增幅越大，品种的抗旱性越强，与本试验研究结果相一致，与李建武^[24]、贾琼^[20]的研究结果不一致。覃鹏等^[28]通过不同方式干旱胁迫试验，认为试管苗干旱胁迫下，POD活性较CK增加，但盆栽试验中，POD活性较CK降低。本研究认为，在干旱胁迫下，POD活性较CK增加，但不同品种增幅不同，增幅越大，品种抗旱性越强，这与宋志荣^[27]研究结果相一致，但与李建武^[24]以及李建武等^[26]研究结果不一致。在干旱胁迫下，CAT活性清除过氧化氢，将有毒物质分解为水和氧气，避免过氧化氢与氧自由基在铁螯合物作用下反应生成非常有害的羟自由基^[29]，因

此, 在逆境下的植物叶片内的MDA的含量变化可作为抗旱指标之一。本试验中干旱胁迫下的CAT活性较CK增加, 且增幅越大, 抗旱性越强, 该结论与张武^[30]研究结果相一致。由于干旱胁迫引起的膜脂过氧化产物MDA, 是具有细胞毒性的物质, 赵海超等^[31]、穆怀彬等^[32]通过研究认为, 在干旱胁迫下, 抗旱性强的品种MDA含量增幅较少, 反之亦然, 这与本试验中研究结果相一致。

综上所述, ‘会-2’在可溶性蛋白及CAT活性指标中, 表现出较好的渗透调节能力与抗氧化能力, 干旱胁迫所引起的膜脂过氧化产物MDA含量也相对较少。‘宣薯2号’在可溶性蛋白含量增幅高于‘合作88’, MDA含量显著低于‘合作88’。‘丽薯6号’的可溶性蛋白含量和POD活性及CAT活性增幅低于其他3个品种。本研究中为避免对马铃薯各品种单一指标抗旱性分析比对的片面性, 结合模糊隶属函数评价鉴定, 全面揭示各品种对干旱适应的综合能力。研究发现, 不同品种对干旱的响应不同, 抗旱性强的品种不具备全部的生理生化指标都体现出该品种的抗旱特性, 如‘会-2’的大多指标维持较高水平, 但个别指标低于‘宣薯2号’、‘合作88’及‘丽薯6号’, 综合各指标及模糊隶属函数评价结果更真实可靠。4个马铃薯品种抗旱性由强到弱依次是: ‘会-2’>‘宣薯2号’>‘合作88’>‘丽薯6号’。

通过对干旱胁迫下马铃薯现蕾期各生理生化指标的分析, 发现4个马铃薯品种抗旱性由强到弱依次是: ‘会-2’>‘宣薯2号’>‘合作88’>‘丽薯6号’。在重度干旱胁迫下, 马铃薯生理生化水平的变化与品种的抗旱性密切相关。

[参 考 文 献]

- [1] 梁振娟, 马浪浪, 陈玉章, 等. 马铃薯干旱胁迫研究进展 [J]. 农业科技通讯, 2015(5): 13-16.
- [2] 赵学尽. 中国马铃薯出口贸易特征及成因分析 [J]. 世界农业, 2010(11): 58-61.
- [3] 程天庆. 马铃薯脱毒高产技术问答 [M]. 北京: 科学普及出版社, 1994.
- [4] 海梅荣, 陈勇, 周平, 等. 干旱胁迫对马铃薯品种生理特性的影响 [J]. 中国马铃薯, 2014, 28(4): 199-204.
- [5] 薛东平. 马铃薯产业的现状与发展 [J]. 农技服务, 2014, 31(1): 38-39.
- [6] 张凤君, 阮建平, 王燕钧, 等. 干旱调控下马铃薯抗旱相关性状的遗传变异分析 [J]. 种子, 2015, 34(3): 20-22.
- [7] 萨如拉. 水分胁迫下不同马铃薯品种的耐旱生理研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2012.
- [8] 王芳. 马铃薯抗旱性评价相关研究进展 [C]//屈冬玉, 陈伊里. 马铃薯产业与现代可持续农业. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2015.
- [9] 邹旭恺, 张强. 近半个世纪我国干旱变化的初步研究 [J]. 应用气象学报, 2008, 19(6): 679-687.
- [10] 王佳津, 孟耀斌, 张朝, 等. 云南省 Palmer 旱度模式的建立—2010年干旱灾害特征分析 [J]. 自然灾害学报, 2012(1): 190-197.
- [11] 焦志丽, 李勇, 吕典秋, 等. 不同程度干旱胁迫对马铃薯幼苗生长和生理特性的影响 [J]. 中国马铃薯, 2011, 25(6): 329-333.
- [12] 左应梅, 杨维泽, 杨天梅, 等. 干旱胁迫下4种人参属植物抗性生理指标的比较 [J]. 作物杂志, 2016(3): 84-88.
- [13] 马雪梅, 吴朝峰. 干旱胁迫对金银花生理指标与品质的影响 [J]. 贵州农业科学, 2017(6): 37-39.
- [14] 于健, 陈全家, 李波, 等. 干旱处理对不同棉花材料SOD, CAT, MDA的影响 [J]. 新疆农业大学学报, 2008, 31(5): 31-35.
- [15] 杨华应, 刘桂虎, 周应兵, 等. 干旱胁迫下5个烤烟品种的生理指标变化及抗旱性比较 [J]. 安徽农业科学, 2017, 45(13): 20-23.
- [16] 张丽莉, 王凤义, 王冬雪, 等. 块茎膨大期干旱胁迫对马铃薯生理指标及产量的影响 [C]//屈冬玉, 陈伊里. 马铃薯产业与水资源高效利用. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2012.
- [17] 李旺霞, 陈彦云. 土壤水分及其测量方法的研究进展 [J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 335-339.
- [18] 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, 2000.
- [19] 何学根, 文仁来, 吴翠荣, 等. 模糊隶属函数法对玉米苗期抗旱性的分析 [J]. 西南农业学报, 2008, 21(1): 52-56.
- [20] 贾琼. 水分胁迫对马铃薯生长与生理特性的影响 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009.
- [21] 田丰, 张永成, 张凤军, 等. 不同品种马铃薯叶片游离脯氨酸含量、水势与抗旱性的研究 [J]. 作物杂志, 2009(2): 73-76.
- [22] 李波, 贾秀峰, 白庆武, 等. 干旱胁迫对苜蓿脯氨酸累积的影响 [J]. 植物研究, 2003, 23(2): 189-191.

- [23] 刘玲玲, 李军, 李长辉, 等. 马铃薯可溶性蛋白、叶绿素及 ATP 含量变化与品种抗旱性关系的研究 [J]. 中国马铃薯, 2004, 18(4): 201-204.
- [24] 李建武. 水分胁迫对马铃薯生理生化特性的影响 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2005.
- [25] 姜慧芳, 任小平. 干旱胁迫对花生叶片 SOD 活性和蛋白质的影响 [J]. 作物学报, 2004, 30(2): 169-174.
- [26] 李建武, 王蒂, 雷武生. 干旱胁迫对马铃薯叶片膜保护酶系统的影响 [J]. 江苏农业科学, 2007, 9(3): 100-103.
- [27] 宋志荣. 马铃薯对旱胁迫的反应 [J]. 中国马铃薯, 2004, 18(6): 330-332.
- [28] 覃鹏, 刘叶菊, 刘飞虎. 干旱处理对烟草叶片 SOD 和 POD 活性的影响 [J]. 中国烟草科学, 2005(2): 28-30.
- [29] 梁新华. 干旱胁迫对甘草种子萌发及 CAT 活性的影响 [J]. 宁夏农林科技, 2004(3): 1-3.
- [30] 张武. 马铃薯叶绿素含量、CAT 活性与品种抗旱性关系的研究 [J]. 农业现代化研究, 2007, 28(5): 622-624.
- [31] 赵海超, 抗艳红, 龚学臣, 等. 干旱胁迫对不同马铃薯品种苗期生理生化指标的影响 [J]. 作物杂志, 2013(6): 63-69.
- [32] 穆怀彬, 伏兵哲, 德英. PEG-6000 胁迫下 10 个苜蓿品种幼苗期抗旱性比较 [J]. 草业科学, 2011, 28(10): 1809-1814.

斯德考普让您的马铃薯更加优质高产

斯德考普登记证号: 农肥(2006)准字 0644 号 登记作物: 马铃薯、番茄、水稻

1. 斯德考普 AZ, 原装进口, 获欧盟有机认证。
2. 斯德考普 AZ, EDTA 高效螯合, 不含激素, 有效提高马铃薯品质。
3. 斯德考普 AZ, 同时、均衡、有效补充马铃薯所需的六种微量元素: 铁、锰、锌、铜、硼、铜。提高马铃薯产量, 增加块茎干物质含量。
4. 斯德考普 AZ, 增加马铃薯对不良条件的抵抗力。
5. 斯德考普 AZ, 见效快, 持效期长。

如果您想让马铃薯更加优质高产, 请联系我们:

AGROLEX AGROLEX 新加坡利农 植保专线: 13701052546

地 址: 北京市朝阳区光华路甲 8 号和乔大厦 B 座 511A

电话: (010) 65816128

微信号: AGROLEXGoodlife 公众关注: 新加坡利农 网址: www.agrolex.com.cn

打农药要加柔水通, 增产要用斯德考普, 植物能源来自菲范, 智慧植保助您优质高产!



智慧植保
更多应用技术
请扫二维码