

赵孟良,王丽慧,孙雪梅,等. 干旱胁迫下菊芋可溶性碳水化合物化合物的积累及分配规律[J]. 江苏农业科学,2015,43(2):340-343.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.02.111

干旱胁迫下菊芋可溶性碳水化合物化合物的积累及分配规律

赵孟良,王丽慧,孙雪梅,李屹,李莉

(青海省农林科学院菊芋研发中心/青海省蔬菜遗传与生理重点实验室,青海西宁 810016)

摘要:以青芋 1 号、青芋 2 号 2 个菊芋品种为试验材料,采用不同的聚乙二醇 PEG-6000 胁迫浓度(0、10%、20%、30%)及不同控水胁迫强度(轻度、中度、重度)2 种人工模拟干旱胁迫的方式对其不同部位可溶性碳水化合物在处理不同时间后的含量变化进行研究。结果表明,在 PEG 胁迫下,青芋 1 号、青芋 2 号叶片中可溶性碳水化合物含量均随着胁迫时间增加而增加;青芋 1 号茎中随着胁迫时间增加变化趋势不同,青芋 2 号在 PEG 浓度为 30%、胁迫 24 h 时效果最明显;青芋 1 号、青芋 2 号根中可溶性碳水化合物含量随着胁迫时间增加均增加;在不同控水强度胁迫下,青芋 1 号叶片中呈现先上升后下降的趋势,青芋 2 号叶中呈上升趋势;青芋 1 号、青芋 2 号茎中均随着控水时间的增加而增加;青芋 1 号根中随着控水时间的增加呈现下降的趋势,青芋 2 号根中变化不同,但差异不大。

关键词:PEG;干旱胁迫;控水胁迫;菊芋;可溶性碳水化合物;积累;分配

中图分类号:Q945.78 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)02-0340-04

菊芋(*Helianthus tuberosus* L.)为菊科向日葵属多年生草本植物,别称洋姜、鬼子姜,原产于北美,菊芋可食用部分为地下块茎,含有丰富的菊糖,具有特殊的保健和抗癌作用,其地上茎叶是优良的家畜饲料^[1]。菊芋具有极强的抗逆性,能够适应干旱、寒冷、盐碱等恶劣环境,加之其地上部生物量大,块茎富含果聚糖等,目前已被广泛用于生态治理^[2]、生物能源开发^[3]、饲草料加工^[4]等方面。

干旱胁迫可使植物体内可溶性碳水化合物代谢发生相应的变化。干旱胁迫下,菊芋不同部位中积累的可溶性碳水化合物主要以可溶性总糖、蔗糖、葡萄糖、果糖等糖类为主,搞清干旱胁迫下菊芋体内可溶性碳水化合物组分及其含量的变化,从理论上有助于解释干旱缺水时植株体内糖分转运规律及维持组织生长的糖类代谢反应,进而调控光合与呼吸代谢及碳代谢所涉及基因的表达^[5]。本试验以青芋 1 号、青芋 2 号菊芋幼苗为材料,利用 PEG-6000 模拟干旱胁迫及控水胁迫 2 种方法,进行水分胁迫下菊芋不同部位可溶性碳水化合物含量变化影响的研究,以期干旱条件下菊芋生长发育的调控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

青芋 1 号、青芋 2 号为青海省农林科学院自主选育审定

收稿日期:2014-03-25

基金项目:农业部“948”项目(编号:2013-Z72);青海省基础研究项目(编号:2012-H-809)。

作者简介:赵孟良(1986—),男,河南商丘人,硕士,主要从事菊芋遗传育种及栽培生理研究。Tel:(0971)5311481;E-mail:13897115473@163.com。

通信作者:李莉,研究员,主要从事蔬菜遗传育种及栽培生理研究。Tel:(0971)5311182;E-mail:yysslili@163.com。

的菊芋品种。

1.2 试验时间及地点

试验于 2013 年 6—10 月,在青海省农林科学院园艺所温室内进行。

1.3 试验方法

1.3.1 PEG 胁迫 采用两因素试验设计,菊芋块茎用自来水及蒸馏水冲洗干净后,用 0.05% 杀菌剂进行表面灭菌。取灭菌后的顶芽至装有石英砂的花盆中,表面覆盖石英砂 1.5~2.0 cm。隔日浇 Hoagland 营养液,充分淋洗,自然光照。待第 3 张叶长出后,选取长势均匀、大小一致的植株按照试验处理编号,出苗 30 d 后,按照 CK(0% PEG)、处理 1(10% PEG)、处理 2(20% PEG)、处理 3(30% PEG)进行胁迫,每个处理重复 3 次,且每次处理时均施用 200 mL 剂量。

1.3.2 控水胁迫 试验采用随机区组设计,分 4 组进行,每组 30 盆,每个处理重复 3 次,分别为对照 CK(土壤最大含水量 75%),轻度胁迫(土壤最大含水量 60%)、中度胁迫(土壤最大含水量 45%)和重度胁迫(土壤最大含水量 25%),本试验采用外径 28 cm、高 25 cm 的塑料盆。培养基质为土:蛭石=1:2,每盆 3.5 kg。播种块茎 27.5~32.5 g,盖土 2~3 cm,在出苗 30 d 后开始胁迫控水,每 2 d 测量水分含量,补充缺失量。在控水后每隔 7 d 取样 1 次,共取 5 次样。整株取样,每次 6 株。

可溶性总糖含量采用蒽酮法进行测定;葡萄糖、果糖、蔗糖和果聚糖含量采用 HPLC 法进行测定。

1.4 数据分析

利用 Excel 对上述有关数据进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 PEG 胁迫下菊芋品种各部位内可溶性碳水化合物变化

2.1.1 不同 PEG 胁迫处理下对菊芋叶中可溶性碳水化合物

变化的影响 由图 1 可知,不同浓度 PEG 胁迫下青芋 1 号叶片中可溶性碳水化合物含量均随着胁迫时间增加而增加。在胁迫前期,10% PEG 胁迫下叶片中可溶性碳水化合物含量高于 CK,20%、30% PEG 胁迫下叶片中可溶性碳水化合物含量均低于 CK;胁迫后期,不同浓度 PEG 胁迫下叶片中可溶性碳水化合物含量均低于 CK,说明高浓度及长时间的 PEG 胁迫会阻碍叶片中可溶性碳水化合物的积累。

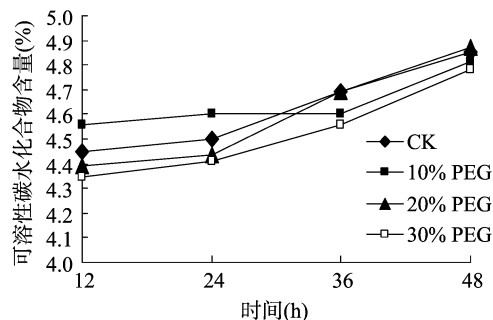


图1 PEG胁迫下青芋1号叶中可溶性碳水化合物变化趋势

由图 2 可知,不同浓度 PEG 胁迫下青芋 2 号叶片中可溶性碳水化合物含量随着胁迫时间增加而增加。在胁迫前期,10%、20%、30% PEG 胁迫下叶片中可溶性碳水化合物含量低于 CK,且随着胁迫程度的增大,叶片中可溶性碳水化合物的含量先上升后下降,10% PEG 胁迫效果最好。胁迫后期,10% PEG 下叶片中可溶性碳水化合物含量高于 CK,20%、30% PEG 胁迫下叶片中可溶性碳水化合物含量均低于 CK。

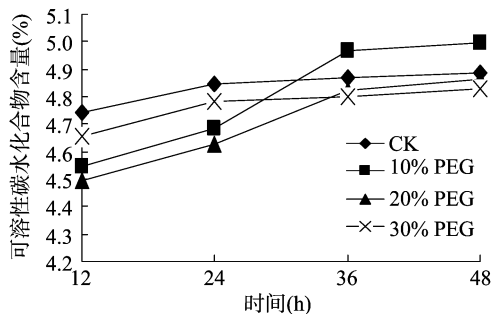


图2 PEG胁迫下青芋2号叶中可溶性碳水化合物变化趋势

2.1.2 不同 PEG 胁迫处理对菊芋茎中可溶性碳水化合物变化的影响 由图 3 可知,不同浓度 PEG 胁迫下青芋 1 号茎中可溶性碳水化合物含量随着胁迫时间增加而变化。随着胁迫时间的增加,CK 茎中可溶性碳水化合物含量基本保持不变;20% PEG 胁迫下茎中可溶性碳水化合物含量随着胁迫时间增加呈波动变化,但胁迫前期,茎中可溶性碳水化合物含量明显高于其他处理;30% PEG 胁迫下青芋 1 号茎中可溶性碳水化合物含量随着胁迫时间的增加而上升。

由图 4 可知,胁迫初期,不同浓度 PEG 胁迫可以有效提高青芋 2 号茎中可溶性碳水化合物含量,其效果从高到低依次为 10% < 20% < 30%,且在 PEG 浓度为 30%、胁迫时间为 24 h 时效果最明显,此时茎中可溶性碳水化合物含量为 32.91%;随着胁迫时间的增加,10%、20% PEG 于 48 h 时,茎中可溶性碳水化合物含量低于 CK,而 30% PEG 下茎中可溶性碳水化合物含量则于 36 h 以后低于 CK。

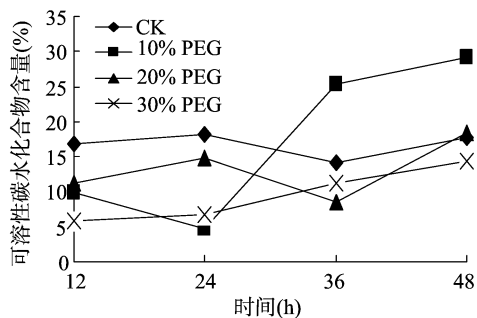


图3 PEG胁迫下青芋1号茎中可溶性碳水化合物变化趋势

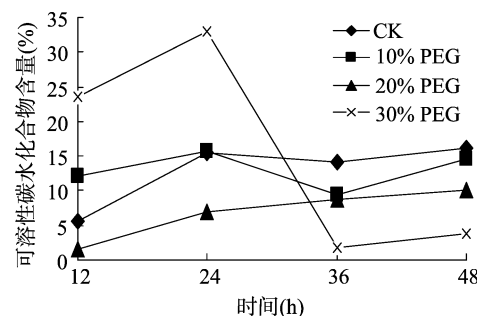


图4 PEG胁迫下青芋2号茎中可溶性碳水化合物变化趋势

2.1.3 不同 PEG 胁迫处理下对菊芋根中可溶性碳水化合物变化的影响 由图 5 可知,除 30% PEG 胁迫外,青芋 1 号根中可溶性碳水化合物含量随着胁迫时间增加其含量均增加。在胁迫初期,不同浓度 PEG 胁迫均可以提高根中可溶性碳水化合物的含量;随着胁迫时间增加,在胁迫后期,不同浓度 PEG 胁迫下根中可溶性碳水化合物含量均低于对照组。

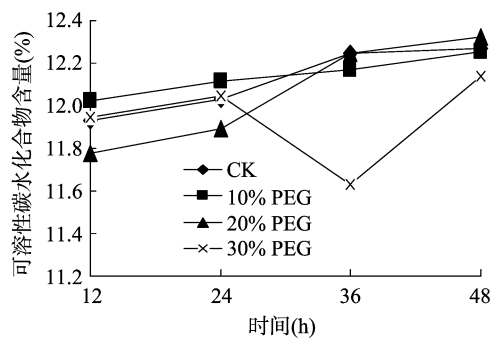


图5 PEG胁迫下青芋1号根中可溶性碳水化合物变化趋势

由图 6 可知,不同浓度 PEG 胁迫下青芋 2 号根中可溶性碳水化合物含量均随着胁迫时间增加而增加,但不同浓度(除 30% 外)PEG 胁迫下,根中可溶性碳水化合物的含量在胁迫期内均高于 CK,且胁迫浓度对根中可溶性碳水化合物含量的影响效果从高到低依次为 10% < 20%,在胁迫后期 20% PEG 胁迫基本上对根中可溶性碳水化合物含量影响不大。

2.2 控水胁迫下菊芋品种各部位可溶性碳水化合物变化

2.2.1 不同控水胁迫处理下对菊芋叶中可溶性碳水化合物变化的影响 由图 7 可知,青芋 1 号在不同控水强度胁迫下,叶片中可溶性碳水化合物的含量均随着控水时间的增加而先上升,控水 21 d 时茎中可溶性碳水化合物的含量下降至控水期的最小值,分别为 4.77%、4.68%、4.88%、4.56%,之后的

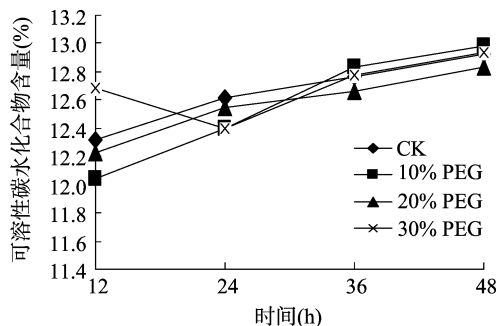


图6 PEG胁迫下青芋2号根中可溶性碳水化合物变化趋势

含量于控水 35 d 时达最大,分别为 5.35%、5.49%、5.44%、5.41%。由图 7 还可以看出,控水 14 d 内,不同程度的控水均可以提高可溶性碳水化合物含量,在控水 7 d 时轻度控水效果最好;在控水 14~21 d 时,中度控水效果最好;控水 28 d 时,重度控水中青芋 1 号茎中可溶性碳水化合物的含量最高。

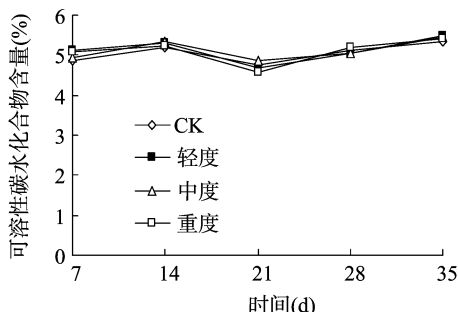


图7 控水胁迫下青芋1号叶中可溶性碳水化合物含量变化趋势

由图 8 可知,在不同控水强度胁迫下,青芋 2 号叶中可溶性碳水化合物的含量随着控水时间的增加基本呈上升趋势。在控水 14 d 以内,轻度及中度控水均可以提高青芋 2 号叶片中可溶性碳水化合物含量,重度控水会明显影响叶片中可溶性碳水化合物的含量;在控水后期,中度及重度控水叶片中可溶性碳水化合物的含量高于 CK,且中度控水在 28 d 时效果最好,茎中可溶性碳水化合物含量为 6.15%。

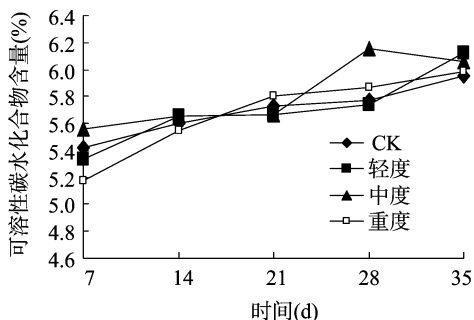


图8 控水胁迫下青芋2号叶中可溶性碳水化合物含量变化趋势

2.2.2 不同控水胁迫处理下对菊芋茎中可溶性碳水化合物变化的影响 由图 9 可知,青芋 1 号在不同控水强度胁迫下,茎中可溶性碳水化合物的含量均随着控水时间的增加而增加,CK 在控水 28 d 时茎中可溶性碳水化合物含量达最大值,为 213.5 $\mu\text{g}/\text{mg}$,不同控水强度均于控水 35 d 时达最大值。由图 9 还可以看出,不同程度的控水均会影响青芋 1 号茎中

可溶性碳水化合物的含量,且随着控水强度的增加,茎中可溶性碳水化合物的含量均呈先上升后下降趋势,在控水前期,茎中可溶性碳水化合物含量存在:轻度 > 重度 > 中度,在控水后期则有:轻度 > 中度 > 重度。

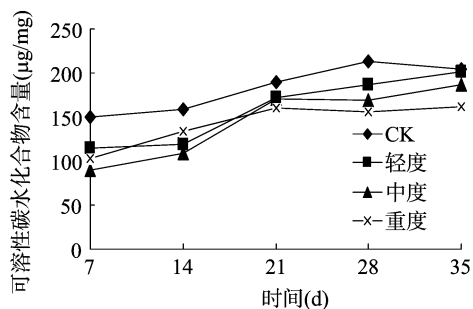


图9 控水胁迫下青芋1号茎中可溶性碳水化合物含量变化趋势

由图 10 可知,在不同控水强度胁迫下,青芋 2 号茎中可溶性碳水化合物的含量均随着控水时间的增加含量增加。在控水前期,不同程度的控水均会影响青芋 2 号茎中可溶性碳水化合物的含量,且影响程度不同;在控水中期,轻度控水可以提高茎中可溶性碳水化合物的含量,为控水处理的最大值 217.7 $\mu\text{g}/\text{mg}$;控水 28 d 时,控水处理也会减少茎中可溶性碳水化合物的含量;控水 35 d 时,不同程度的控水均可以提高青芋 2 号茎中可溶性碳水化合物的含量。

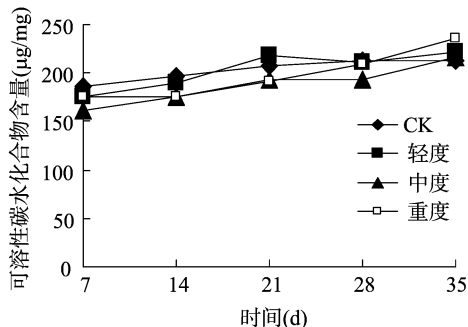


图10 控水胁迫下青芋2号茎中可溶性碳水化合物含量变化趋势

2.2.3 不同控水胁迫处理下对菊芋根中可溶性碳水化合物变化的影响 由图 11 分析可知,在不同控水强度胁迫下,青芋 1 号根中可溶性碳水化合物的含量随着控水时间的增加含量先下降,控水 21 d 时含量下降,此后根中可溶性碳水化合物含量又开始上升。由图 11 还可以看出,控水处理对青芋 1 号根中可溶性碳水化合物含量均有影响,但不同的控水强度对根中可溶性碳水化合物的含量的影响不同,在控水前期,轻度控水较中度及重度控水对根中可溶性碳水化合物的影响小,且有:轻度 < 重度 < 中度;控水中期,重度控水对根中可溶性碳水化合物含量的影响较其他控水组小。

由图 12 可知,在不同控水强度胁迫下,青芋 2 号根中可溶性碳水化合物的含量随着控水时间的增加含量变化不同,但差异不大。在整个控水期内,轻度控水下青芋 2 号根中可溶性碳水化合物含量均高于 CK,在控水 28 d 时含量最高,为 146.5 $\mu\text{g}/\text{mg}$;而重度控水下根中可溶性碳水化合物含量均低于 CK。在控水前期,中度控水会影响青芋 2 号根中可溶性碳水化合物的含量,控水后期可以提高根中可溶性碳水化合物

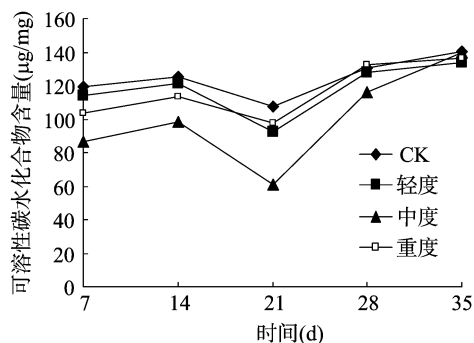


图11 控水胁迫下青芋 1 号根中可溶性碳水化合物含量变化趋势

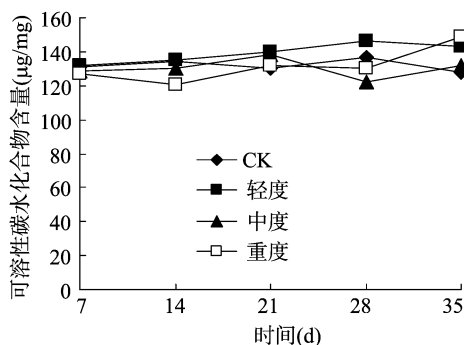


图12 控水胁迫下青芋 2 号根中可溶性碳水化合物含量变化趋势

的含量。

3 小结

干旱胁迫下,植物体内可溶性糖大量积累,一方面可以降低细胞的渗透势以维持细胞的膨压,防止细胞内大量被动脱水^[6];另一方面可溶性糖的过量积累通常会对光合作用产生反馈抑制^[7],如适度的干旱胁迫可调控小麦茎秆碳水化合物含量增加,刺激其向籽粒中转运,从而提高小麦抵御干旱胁迫的能力^[8-9]。闫刚等研究了外源亚精胺对干旱胁迫下番茄幼苗碳水化合物代谢及相关酶活性的影响,结果表明外源亚精胺影响碳水化合物含量,参与了干旱胁迫下番茄幼苗碳水化合物的代谢过程^[10]。杨国涛等研究了干旱胁迫对怪柳-肉苁蓉碳水化合物分配及有效成分含量的影响,结果表明土壤干旱导致寄生主怪柳同化产物向管花肉苁蓉的运输比例降低,管花肉苁蓉生物产量下降^[11]。

菊芋在生长发育过程中合成并积累大量水溶性可溶性碳水化合物并储存在其块茎中,主要成分为蔗糖、果糖、葡萄糖及聚合度 (degree of polymerization, DP) 不同的果聚糖,其中果聚糖含量最高,含量可达块茎干重的 80% 以上^[12]。可溶性糖作为植物在干旱胁迫下渗透调节的重要物质,在渗透胁迫下会显著增加,以增加植物体内的渗透势,增强植物的抗旱能力^[13]。笔者所在项目组已探讨了干旱胁迫对菊芋苗期糖代谢的影响研究^[14],试验结果表明,在一定程度内,干旱胁迫下

可促进菊芋可溶性总糖含量的增加,而且胁迫处理下可溶性总糖的提高大部分是由果聚糖引起的。本研究通过 PEG 胁迫和控水胁迫 2 种模拟干旱胁迫试验证明,一定程度的干旱胁迫对提升菊芋其他可溶性碳水化合物的含量具有促进作用,但蔗糖、葡萄糖、果糖等其他可溶性碳水化合物在菊芋植株内的含量较低,而且变化受到干旱胁迫发生的时期、强度及持续时间的多重影响,尚不清楚几种糖类共同转化和分配的机理,笔者所在项目组还将持续开展以干旱胁迫对以果聚糖为主的菊芋可溶性碳水化合物响应机理的深入研究。

参考文献:

- [1] 赵孟良,韩睿,李莉. 菊芋 ISSR-PCR 反应体系的建立与优化[J]. 西南农业学报,2012,25(1):243-246.
- [2] 高凯,朱铁霞,张永亮. 水、氮对不同收获时间菊芋株高和物质分配规律的影响[J]. 中国草地学报,2013,35(1):49-54.
- [3] 刘祖昕,谢光辉. 菊芋作为能源植物的研究进展[J]. 中国农业大学学报,2012,17(6):122-132.
- [4] 贺威鹏. 菊芋是猪和奶牛的优质饲料[J]. 当代畜禽养殖业,2013(1):30.
- [5] Koch K E. Carbohydrate-modulated gene expression in plants[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1996,47:509-540.
- [6] Sanità di Toppi L, Gabbriellini R. Response to cadmium in higher plants[J]. Environmental and Experimental Botany, 1999,41(2):105-130.
- [7] Foyer C H, Lelandais M, Kunert K J. Photooxidative stress in plants[J]. Physiologia Plantarum, 1994,92:693-717.
- [8] Ehdaie B, Allouash G A, Madore M, et al. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat I. Postanthesis changes in internode dry matter[J]. Crop Science, 2006,46:735-746.
- [9] Plaut Z, Butow B J, Blumenthal C S, et al. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature[J]. Field Crops Research, 2004,86(2/3):185-198.
- [10] 闫刚,张春梅,邹志荣. 外源亚精胺对干旱胁迫下番茄幼苗碳水化合物代谢及相关酶活性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2012,30(1):143-148.
- [11] 杨国涛,郭玉海,杜友,等. 干旱胁迫对怪柳-肉苁蓉碳水化合物分配及有效成分含量的影响[J]. 安徽农业科学,2010,38(26):14246-14247,14249.
- [12] 孙雪梅,王丽慧,钟启文. 贮藏期菊芋块茎碳水化合物含量变化动态研究[J]. 北方园艺,2011(11):131-134.
- [13] 汪耀富,宋世旭,王佩,等. 渗透胁迫对不同供钾水平烤烟叶片抗旱生理指标的影响[J]. 中国农学通报,2006,22(5):216-219.
- [14] 钟启文,李屹,孙雪梅,等. 干旱胁迫下菊芋苗期糖代谢响应研究[J]. 西南农业学报,2012,25(4):1238-1241.