

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

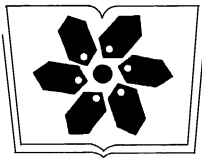
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第9期 Vol.31 No.9 **2011**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 9 期

2011 年 5 月 (半月刊)

目 次

EAM 会议专刊述评——气候变化下旱区农业生态系统的可持续性	李凤民, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, 等 (I)
第二届生态系统评估与管理(EAM)国际会议综述	李朴芳, 赵旭喆, 程正国, 等 (2349)
应对全球气候变化的干旱农业生态系统研究——第二届 EAM 国际会议青年学者论坛综述	赵旭喆, 李朴芳, Kadambot H. M Siddique, 等 (2356)
微集雨模式与降雨变律对燕麦大田水生态过程的影响	强生才, 张恒嘉, 莫非, 等 (2365)
黑河中游春小麦需水量空间分布	王 瑶, 赵传燕, 田风霞, 等 (2374)
祁连山区青海云杉林蒸腾耗水估算	田风霞, 赵传燕, 冯兆东 (2383)
甘肃小陇山不同针叶林凋落物量、养分储量及持水特性	常雅军, 陈 琦, 曹 靖, 等 (2392)
灌水频率对河西走廊绿洲菊芋生活史对策及产量形成的影响	张恒嘉, 黄高宝, 杨 斌 (2401)
玛纳斯河流域水资源可持续利用评价方法	杨 广, 何新林, 李俊峰, 等 (2407)
西北旱寒区地理、地形因素与降雨量及平均温度的相关性——以甘肃省为例	杨 森, 孙国钧, 何文莹, 等 (2414)
黑河河岸植被与环境因子间的相互作用	许莎莎, 孙国钧, 刘慧明, 等 (2421)
干旱胁迫对高山柳和沙棘幼苗光合生理特征的影响	蔡海霞, 吴福忠, 杨万勤 (2430)
树锦鸡儿、柠条锦鸡儿、小叶锦鸡儿和鹰嘴豆干旱适应能力比较	方向文, 李凤民, 张海娜, 等 (2437)
胡杨异形叶绿素荧光特性对高温的响应	王海珍, 韩 路, 徐雅丽, 等 (2444)
柠条平茬处理后不同组织游离氨基酸含量	张海娜, 方向文, 蒋志荣, 等 (2454)
玛河流域扇缘带盐穗木土壤速效养分的“肥岛”特征	涂锦娜, 熊友才, 张 霞, 等 (2461)
摩西球囊霉对三叶鬼针草保护酶活性的影响	宋会兴, 钟章成, 杨万勤, 等 (2471)
燕麦属不同倍性种质资源抗旱性状评价及筛选	彭远英, 颜红海, 郭来春, 等 (2478)
光周期对燕麦生育时期和穗分化的影响	赵宝平, 张 娜, 任长忠, 等 (2492)
水肥条件对新老两个春小麦品种竞争能力和产量关系的影响	杜京旗, 魏盼盼, 袁自强, 等 (2501)
猪场沼液对蔬菜病原菌的抑制作用	尚 斌, 陈永杏, 陶秀萍, 等 (2509)
不同夏季填闲作物种植对设施菜地土壤无机氮残留和淋洗的影响	王芝义, 郭瑞英, 李凤民 (2516)
不同群体结构夏玉米灌浆期光合特征和产量变化	卫 丽, 熊友才, Baoluo Ma, 等 (2524)
脱硫废弃物对碱胁迫下油菜幼叶细胞钙分布及 Ca^{2+} -ATPase 活性的影响	毛桂莲, 许 兴, 郑国琦, 等 (2532)
过去 30a 玛纳斯河流域生态安全格局与农业生产力演变	王月健, 徐海量, 王 成, 等 (2539)
基于 RS 和转移矩阵的泾河流域生态承载力时空动态评价	岳东霞, 杜 军, 刘俊艳, 等 (2550)
毛乌素沙地农牧生态系统能值分析与耦合关系	胡兵辉, 廖允成 (2559)
民勤绿洲农田生态系统服务价值变化及其影响因子的回归分析	岳东霞, 杜 军, 巩 杰, 等 (2567)
青岛市城市绿地生态系统的环境净化服务价值	张绪良, 徐宗军, 张朝晖, 等 (2576)
基于 3S 技术的祖厉河流域农村人均纯收入空间相关性分析	许宝泉, 施为群 (2585)
专论与综述	
全球变化下植物物候研究的关键问题	莫 非, 赵 鸿, 王建永, 等 (2593)
区域气候变化统计降尺度研究进展	朱宏伟, 杨 森, 赵旭喆, 等 (2602)
干旱胁迫下植物根源化学信号研究进展	李冀南, 李朴芳, 孔海燕, 等 (2610)
山黧豆毒素 ODAP 的生物合成及与抗逆性关系研究进展	张大伟, 邢更妹, 熊友才, 等 (2621)
旱地小麦理想株型研究进展	李朴芳, 程正国, 赵 鸿, 等 (2631)
小麦干旱诱导蛋白及相关基因研究进展	张小丰, 孔海燕, 李朴芳, 等 (2641)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 306 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-05



封面图说: 覆膜-垄作燕麦种植——反映了雨水高效利用和农田水生态过程的优化(详见强生才 P2365)。

彩图提供: 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室莫非 E-mail: mofei371@163.com

灌水频率对河西走廊绿洲菊芋生活史对策及 产量形成的影响

张恒嘉, 黄高宝*, 杨 斌

(甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 兰州 730070)

摘要:灌水频率对作物产量形成和生活史对策具有重要影响,但对于收获地下块茎的经济作物的研究非常少见。以菊芋为材料,分别在苗期(seedling, S)、枝繁叶茂期(lush foliage, L)、现蕾期(budding, B)和开花期(flowering, F)施加不同灌水组合,包括苗期 600mm/hm² (S600, 相当于天然降雨量)处理组 J1、S600+L600 为 J2、S600+B600 为 J3、S600+L300+B900 为 J4、S600+L900+B300 为 J5、S600+L600+B300+F900 为 J6 以及全生育期不浇水的对照组 CK,测定菊芋产量及生物量分配变化。结果表明,低灌水频率显著降低菊芋产量和干物质积累,苗期到枝繁叶茂期是株高增长速度最快的时期,到枝繁叶茂期之后显著性下降,表明枝繁叶茂期是营养生长的高峰期。不同灌水频率处理组之间菊芋产量和干物质积累量有显著性差异,表现为 J1<J2<J3<J4<J5 和 J6,其中 J5 处理产量最高,分别比其他处理增产 9.1%—82.1%,表明菊芋在枝繁叶茂期到现蕾期是水分消耗最大和需求最旺盛的时期。J5 处理单株个数和茎粗也最高,分别比其他处理显著提高 13.2%—80.7%,最有利于地下块茎膨胀期积累生物量。可以认为,以收获地下块茎为主要目的的经济作物与以收获籽粒为目的的粮食作物具有类似的生活史对策,在营养生长期应侧重对水分的充分利用,在生殖生长期应降低对水分的需求而侧重对同化产物的转运。

关键词:菊芋;产量;生活史对策;灌水频率

Effect of irrigation frequency on life history strategy and yield formation in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*. L) in oasis of Hexi Corridor

ZHANG Hengjia, HUANG Gaobao*, YANG Bin

Gansu Key Laboratory of Aridland Crop Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

Abstract: Irrigation frequency influences crop yield formation and life history strategy, but little research has done on underground tuber harvested economic crops. Jerusalem artichoke yield and biomass distribution dynamics were determined in different water application compounding treatments with the irrigation time at seedling (S), lush foliage (L), budding (B), and flowering (F) stages, respectively. The treatments were J1, in which crops were watered 600mm at seedling stage (S600, equal to natural rainfall), J2 (S600+L600), J3 (S600+B600), J4 (S600+L300+B900), J5 (S600+L900+B300), J6 (S600+L600+B300+F900) and CK, in which crops were never watered. The result indicated that low irrigation frequency significantly decreased Jerusalem artichoke yield and dry matter accumulation. Plant height was increased the fastest from seedling to lush foliage but significantly decreased after lush foliage, which implied that lush foliage was the fastest nutrition growth period for Jerusalem artichoke. There were significant differences in Jerusalem artichoke yield and dry matter accumulation among different irrigation treatments, with the order as J1<J2<J3<J4<J5 and J6. In all the treatments, J5 yielded the highest with 9.1% to 82.1% more than those in the other treatments, which showed that water was consumed and required the most from Jerusalem artichoke lush foliage to budding. Number per plant and stem diameter in J5 were the highest with 13.2% to 80.7% more than those in the other treatments, which was beneficial the most to biomass accumulation during underground tuber expansion period. Therefore, there were similar life

基金项目:甘肃农业大学甘肃省干旱生境作物学重点实验室开放基金课题;国家自然科学基金资助项目(40801044)

收稿日期:2010-07-03; **修订日期:**2011-02-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: huanggb@gsau.edu.cn

history strategies in underground tuber harvested economic crops and grain harvested crops, and high water consumption during vegetative growth period and less water requirement during reproductive growth period should be emphasized.

Key Words: Jerusalem artichoke; yield; life history strategy; irrigation frequency

灌水频率对作物产量形成和生活史对策有重要影响,但对以收获地下块茎为主要目的的经济作物研究极为少见。研究表明,灌水频率对冬小麦产量及其要素穗数和千粒重影响显著^[1]。在总灌水量相同时,高含盐量土壤棉花花铃期高频灌溉较之于低频灌溉可有效降低湿润体土壤盐分含量且增产 28%,而对于低盐土,灌溉频率对产量无显著影响^[2]。不同生育期水分亏缺并不总是降低作物产量,一定时期适度亏缺还可能对产量和水分利用率提高有利,这是因为作物对有限水分亏缺产生了补偿或超补偿效应^[3]。此种效应经常表现为对其生活史对策的影响,即作物干旱复水后若干生态生理功能超过了一直充分供水作物,如光合速率、气孔导度、叶片水分利用率、渗透调节能力等。由于灌水频率对调控作物不同生育期水分亏缺程度起着关键性作用,因而对作物生活史对策也具有重要影响。适宜灌水频率下,作物经受适度干旱,虽然其生长受到一定抑制,却强化了作物体能量代谢和一系列生物合成,增强了细胞持水能力,进而既降低了生产成本,又节约了灌溉用水,还提高了作物水分利用效率。目前,以收获地下块茎为主的菊芋研究仍多侧重于对其产品品质、施肥栽培技术、生态适应性及海水灌溉的研究^[4-6],对绿洲区菊芋灌溉及其生活史对策研究严重不足。本研究即基于上述思路,通过不同灌水频率对菊芋产量及其构成要素的系统测定和比较分析,探求菊芋不同生育期的水分需求和生活史对策及产量形成机理,为该区菊芋高产高效栽培提供科学依据。

1 材料与方法

本研究于 2009 年 3—10 月在张掖市灌溉试验中心进行。该区位于张掖市甘州区平原堡镇,东经 100°26′,北纬 38°56′,海拔 1482.7m。试区气候干燥,水源不足,地下水位较低,无盐碱化影响,属大陆性干旱气候,具有干旱少雨(多年平均降水量为 127.5mm)、蒸发量大(多年平均蒸发量 2047.9mm)、日照时间长(年日照时数 2932—3085h)和昼夜温差大等特点。4 月下旬至 9 月上旬,菊芋全生育期总降雨量 110.7mm,其中 3 月和 10 月无降雨,4 月降雨量最少,累计为 2.8mm,占全生育期 2.53%,5—8 月 4 个月累计降雨量分别为 10.8、7.0、6.8、38.2mm,占全生育期降雨总量的 9.76%、6.32%、6.14 和 34.51%,9 月不但降雨次数最多,累计降雨量也最高,为 47.9mm,占全生育期总降雨量的 43.27%。试区土壤为壤质荒漠土,田间持水量 22.5%,土壤容重 1.5g/cm³,pH 值 8.4,0—20cm 耕层有机质含量 1.37%,碱解氮 61.8mg/kg,速效磷 13.4mg/kg,速效钾 190.4mg/kg(土壤容重采用环刀法测定,土壤有机质测定用重铬酸钾氧化法,碱解氮用扩散法,速效磷用 Olsen 法,速效钾用火焰光度计法)。供试菊芋品种为青芋 2 号,于 2009 年 3 月 28 日播种,10 月 28 日收获。试验灌水方式用小畦灌,水表严格控制灌水量,并及时除草、培土。试验采用单因素随机区组设计,3 次重复,小区面积 3.5m×10m,株行距 60cm×60cm。试验共设 6 个处理,1 个对照(表 1),结合土壤水分调亏程度和当地农户灌水实际确定各次灌水量,分别在苗期(seedling, S)、枝繁叶茂期(lush foliage, L)、现蕾期(budding, B)和开花期(flowering, F)施加不同灌水组合,包括苗期 600m³/hm²(S600,相当于天然降雨量)处理组 J1、S600+L600 为 J2、S600+B600 为 J3、S600+L300+B900 为 J4、S600+L900+B300 为 J5、S600+L600+B300+F900 为 J6 以及全生育期不浇水的对照组 CK。

作物生长的不同生育期测定了菊芋株高、叶面积指数、干物质积累量及积累速率等指标,作物收获时测定了菊芋产量及单株重、单株个数、茎粗等产量构成要素。采用 Excel 和 DPS 统计软件进行数据分析处理。

2 结果与分析

2.1 不同水分处理对菊芋产量及产量构成要素的影响

表 2 表明,各处理间菊芋产量差异达显著或极显著水平。灌溉量最高的处理 J6 并未取得最高产量,而灌溉量次之的 J5 产量最高,为 27476.19kg/hm²,分别比 J1、J2、J3、J4、J6 和 CK 提高 31.9%、30.0%、24.9%、

10.3%、9.1%和82.1%;没有灌溉的对照CK产量最低,为15085.71 kg/hm²,分别比J1、J2、J3、J4、J5和J6降低27.6%、28.6%、31.4%、39.4%、45.1%和40.1%。

表1 试验灌水频率设计

Table 1 Frequency design of irrigation scheme in this experiment

处理 Treatment	灌水总量 /(m ³ /hm ²) Total irrigation	灌水次数 Irrigation frequency	灌水时期 Irrigation stage				设计目的 Objective of design
			苗期 Seedling	枝繁叶茂期 Lush foliage	现蕾期 Budding	开花期 Flowering	
J1	600	1	600	—	—	—	灌水量比较以及枝繁叶茂期与现蕾期比较
J2	1200	2	600	600	—	—	
J3	1200	2	600	—	600	—	
J4	1800	3	600	300	900	—	枝繁叶茂期与现蕾期不同灌水频率比较
J5	1800	3	600	900	300	—	
J6	2400	4	600	600	300	900	枝繁叶茂期与开花期不同灌水频率比较
CK	0	0	—	—	—	—	参照组

不包括播前灌溉

表2 菊芋产量及其构成要素

Table 2 Yield and yield components of Jerusalem artichoke under different irrigation treatments

处理 Treatments	产量 Yield /(kg/hm ²)	单株重 Weight per plant /(kg/plant)	单株个数 Number per plant	茎粗 Stem diameter/cm
J ₁	20829d	1.10bc	27.1ab	1.86c
J ₂	21143d	1.06bc	38.6ab	1.74c
J ₃	22000c	1.38abc	37.7ab	2.11b
J ₄	24905b	1.50ab	34.1ab	2.12b
J ₅	27476a	1.74a	43.7a	2.59a
J ₆	25191b	1.45ab	31.6ab	2.08b
CK	15086e	0.97c	24.2b	1.70c

数值为每个处理3次重复的平均值;所有表格同列字母不同表示处理间在0.05水平上差异显著

就菊芋产量构成要素来看,各处理间亦存在显著或极显著差异。产量最高的处理J5具有最高的单株重,达1.74kg/株,分别比J1、J2、J3、J4、J6和CK提高58.2%、64.2%、26.1%、16.0%、20.0%和79.4%,而产量最低的对照CK单株重最低,为0.97 kg/株,且与其他处理间差异显著。从表2还可看出,J5处理单株个数和茎粗也最高,其单株个数为43.67个/株,分别比J1、J2、J3、J4、J6和CK提高61.3%、13.2%、15.7%、28.0%、38.3%和80.7%,且与其他处理间差异亦显著水平。茎粗以J5处理最高,达2.59cm,比其他处理增加22.7%—52.4%,而以CK最低,且各处理间茎粗差异显著,其大小顺序依次为J5>J4>J3>J6>J1>J2>CK,说明水分处理明显影响了菊芋营养生长。此外,产量要素中,各处理间单株重和茎粗差异明显大于单株个数差异,说明菊芋产量主要是由单株重决定;而单株个数并不随着灌溉量的增加而增加则表明菊芋单株个数对水分胁迫反应不敏感。

2.2 不同水分处理对菊芋株高的影响

从表3可以看出,苗期到枝繁叶茂期各处理菊芋株高显著增长,处理J₁、J₂、J₃、J₄、J₅、J₆和CK株高分别增长了484%、562%、481%、522%、605%、564%和528%,且枝繁叶茂期各处理间株高差异达显著水平,说明此阶段不同灌水量对菊芋株高有显著影响。枝繁叶茂期到现蕾期,各处理菊芋株高增长亦达显著水平,处理J₁、J₂、J₃、J₄、J₅、J₆和CK株高分别增长了23%、24%、43%、37%、31%、34%和33%,其增长速度显著低于苗期到枝繁叶茂期,说明菊芋在苗期至枝繁叶茂期对水分胁迫比枝繁叶茂期至现蕾期更为敏感。现蕾期至开花期,菊芋株高增长缓慢甚至停止生长,且表现一致,说明现蕾期至开花期菊芋株高对水分胁迫不敏感,因而增加灌水量对菊芋株高没有影响,可能是因为现蕾期至开花期是菊芋地下块茎增大和成熟时期,土壤水分消耗主要

用于地下块茎的生长。因此,苗期至枝繁叶茂期和枝繁叶茂期至现蕾期增加灌水量可以显著增加菊芋株高,而现蕾期至开花期增加灌水量对菊芋株高影响不大。

2.3 不同水分处理对菊芋叶面积指数的影响

从表3可以看出,不同灌水处理整个生育期叶面积指数变化均呈单峰曲线,其峰值和处理间最大差异均出现在现蕾期,之后叶片开始衰退、叶面积指数逐渐下降,各处理间叶面积指数差异减小。苗期除生育期末灌水对照CK外,其他处理间叶面积指数差异不显著;枝繁叶茂期不同灌水条件下叶面积指数以J5最大(7.67),CK最小(2.43),灌水量相同处理间叶面积指数差异不显著,但其他处理间差异显著;现蕾期J5处理具有最大的叶面积指数(8.72),而以CK叶面积指数最小(2.73),且与其他处理之间均存在显著差异;开花期虽然个别处理间叶面积指数表现出差异,但整体差异不显著。说明不同灌水量对菊芋枝繁叶茂期和现蕾期叶面积指数均有显著影响,这两个时期叶面积指数随灌水量的增加而增大。而从同一水分处理的不同生育期来看(J2和J3、J4和J5),苗期到枝繁叶茂期菊芋叶面积指数增加明显大于枝繁叶茂期到现蕾期,从而可以说明在苗期至枝繁叶茂期增加灌水量有利于植株旺盛生长和提高叶面积指数,进而促进光合作用的进行。

2.4 不同水分处理对菊芋干物质积累及积累速率的影响

单株干物质积累动态变化常用来描述作物营养生长状况。在苗期,除没有灌水的对照CK菊芋干物质积累量显著低于其他处理外,其他各处理间干物质积累基本相同(表3)。在枝繁叶茂期,J5处理具有最大的干物质积累量(553.3g/株),分别比J1、J2、J3、J4、J6和CK增加39.6%、7.9%、39.6%、22.8%、7.9%和243.1%,这说明苗期至枝繁叶茂期菊芋干物质积累对水分胁迫比较敏感,灌水量大的处理干物质积累量也较大。现蕾期是菊芋地下块茎生长期,各处理干物质积累差异较大,增长速度缓慢,说明枝繁叶茂期至现蕾期菊芋干物质积累对水分胁迫敏感性较差。开花期是菊芋块茎膨大期,地上茎叶停止生长,土壤养分及水分主要用于地下块茎生长,因此开花期菊芋干物质积累有停止增长趋势,说明现蕾期至开花期菊芋干物质积累对水分胁迫不敏感。总体来看,不同水分处理对菊芋干物质积累影响较大,各处理单株干物重从苗期到开花期呈直线增长趋势,但现蕾期到开花期增长缓慢,甚至停止增长,说明菊芋干物质积累主要集中在枝繁叶茂期和现蕾期。

菊芋干物质积累速率用单株生长率即单位时间内的单株干物质增长量表示。图1为不同灌水处理菊芋

表3 不同灌水处理对菊芋株高、叶面积指数和干物质积累的影响

Table 3 Difference in plant height, leaf area index, and dry matter accumulation of Jerusalem artichoke under different irrigation treatments

	处理 Treatment	苗期 Seedling	枝繁叶 茂期 Lush foliage	现蕾期 Budding	开花期 Flowering
株高 Plant height /cm	J1	27.7a	161.8cd	198.3f	199.5f
	J2	27.7a	183.4ab	226.7e	227.2e
	J3	27.8a	161.6cd	231.7d	233.5d
	J4	27.7a	172.3bc	236.3c	237.4c
	J5	27.7a	195.3a	256.3a	255.4a
	J6	27.6a	183.4ab	245.2b	245.4b
	CK	23.1b	145.1d	192.3g	192.5g
叶面积指数 Leaf area index	J1	1.12a	4.44d	5.69f	1.53bc
	J2	1.12a	6.54b	7.39c	1.51c
	J3	1.11a	4.43d	6.47e	1.53bc
	J4	1.11a	5.69c	7.17d	1.52bc
	J5	1.10a	7.67a	8.72a	1.55b
	J6	1.10a	6.55b	7.54b	1.95a
	CK	0.88b	2.43e	2.73g	0.72d
干物质积累 Dry matter accumulation /(g/株)	J1	39.75a	396.4d	506.7f	520.1f
	J2	39.76a	512.8b	641.2d	659.4d
	J3	39.76a	396.3d	521.6e	630.7e
	J4	39.77a	450.4c	670.9c	696.3c
	J5	39.76a	553.3a	797.2a	815.1a
	J6	39.76a	512.7b	715.7b	730.3b
	CK	25.71b	161.4e	216.4g	246.4g

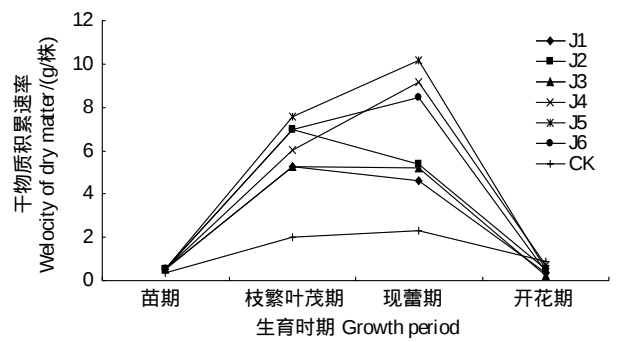


图1 不同灌水处理对菊芋干物质积累速率变化
Fig. 1 Velocity in dry matter accumulation in different irrigation treatments

单株干物质积累速率的动态变化。苗期以后及至枝繁叶茂期(播种后 73—141d),各处理干物质积累速率随叶面积增大和茎秆伸长而快速增大,生物量迅速提高,且处理间差异逐渐加大,以 CK 干物质积累速率最小, J5 最大,说明干物质积累速率随灌水量的增加而增大。枝繁叶茂期至现蕾期(播种后 141—165d),各处理干物质积累速率有增有减,仍以 J5 干物质积累速率最大,CK 最小。而现蕾期至开花期(播种后 165—200d),所有处理干物质积累速率均随播后天数增加而迅速降低,及至开花期降至最低值,各处理间干物质积累速率差异也重新达到最小。总的来看,灌水量最大的处理 J6 干物质积累速率并非最大,而是灌水量次之的 J5 在整个生育期都具有最大干物质积累速率;全生育期没有灌水的 CK 在整个生育期干物质积累速率一直最小,而相对灌水量较小的处理 J1、J2、J3、J4 在整个生育期都具有较小的干物质积累速率。

分析表明,菊芋单株干物质随播后天数的变化过程可用二次抛物线进行拟合(表 4),回归方程的决定系数 R^2 介于 0.9201—0.9975 之间,且均达到显著相关水平($P<0.05$);说明二次抛物线能较为有效地拟合菊芋单株干物质的动态变化。

3 结论与讨论

不同灌水频率下菊芋产量及其构成要素差异达显著或极显著水平。作物最终产量的形成和生长发育过程,实质是作物与环境间的物质能量转化及受环境影响的根、冠间物质分配、积累平衡过程^[7-8]。灌溉量最高的处理 J6 并未取得最高产量,灌水频率和灌溉量均低于最高值 J6 的 J5 处理产量最高,分别比其他处理提高 9.1%—82.1%,全生育期没有灌溉的对照 CK 产量则最低。单株重、单株个数和茎粗仍以 J5 最高,分别比其他处理提高 16.0%—79.4%、13.2%—80.7% 和 22.7%—52.4%,而以 CK 最低,且与其他处理间差异显著。

菊芋苗期至枝繁叶茂期对水分胁迫比枝繁叶茂期至现蕾期更为敏感,此期不同灌水量对菊芋株高影响显著,而现蕾期至开花期菊芋株高对水分胁迫不敏感,因而增加灌水量对菊芋株高影响不大,可能是因为此期为菊芋地下块茎增大和成熟期,土壤水分消耗主要用于地下块茎生长。钟启文等研究结果也表明^[9],菊芋苗期到现蕾期前主要以茎叶的生长为主,茎叶干物质积累增长较快,为此后光合产物向块茎输送奠定基础,而现蕾期到开花后期则主要以块茎膨大增长为主,但此阶段茎叶仍缓慢生长。因此,苗期至枝繁叶茂期和枝繁叶茂期至现蕾期增加灌水量可显著增加菊芋株高,而现蕾期至开花期增加灌水量对株高影响不大。菊芋苗期至枝繁叶茂期增加灌水不仅有利于植株旺盛生长和提高叶面积指数,而且影响菊芋干物质积累,尤其枝繁叶茂期和现蕾期灌水对干物质积累的影响更为显著。同样,苗期至枝繁叶茂期菊芋干物质积累速率亦随灌水量的增加而增大。总体而言,不同灌水频率下菊芋枝繁叶茂期和现蕾期不仅是水分消耗最大和需求最旺盛的时期,而且均具有较高的光合生产能力,这与以往对马铃薯的研究结论一致^[10]。因此可以认为,以收获地下块茎为主要目的的经济作物与以收获籽粒为目的的粮食作物具有类似的生活史对策,在营养生长期应侧重对水分的充分利用,在生殖生长期则应降低对水分的需求而侧重对同化产物的转运,从而实现作物高产和水分高效利用的双赢。

References:

- [1] Zhao X F, Wang L J, Li R Q, Li Y M. Effect of irrigation times and nitrogen application rate on population dynamics and grain yield of winter wheat. *Journal of Triticeae Crops*, 2009, 29(6): 1004-1009.
- [2] Zhang Q, Li G Y, Cai F J. Effect of mulched drip irrigation frequency on soil salt regime and cotton growth. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2004, (9): 123-126.

表 4 不同灌水处理菊芋单株干物质随播后天数变化的回归方程

Table 4 Regression equations of dry matter per plant with days after sowing in different irrigation treatments

处理 Treatments	回归方程 Regression equations	R^2	P
J1	$y = -2.23x^2 + 11.038x - 8.18$	0.9923	<0.05
J2	$y = -2.8125x^2 + 13.896x - 10.303$	0.9649	<0.05
J3	$y = -1.7x^2 + 9.272x - 6.9$	0.9766	<0.05
J4	$y = -3.4925x^2 + 17.832x - 14.265$	0.9201	<0.05
J5	$y = -4.165x^2 + 21.077x - 16.765$	0.9576	<0.05
J6	$y = -3.615x^2 + 18.189x - 14.265$	0.9800	<0.05
CK	$y = -0.77x^2 + 4.032x - 2.93$	0.9975	<0.05

- [3] Zhang X Y, You M Z, Wang X Y. Effects of water deficits on winter wheat yield during its different development dtag. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 1999, 14(2): 79-83.
- [4] Dai X H, Kang J H, Xu C J. Photosynthetic rate determination of helianthus tubeuosus under different fertilization. *Sugar Crops of China*, 2009, (1): 40-42, 46-46.
- [5] Shi J Y, Ren S L. Ecological adaption and its cultivating technology of jerusalem artichoke. *Modern Agricultural Sciences and Technology*, 2008, (8): 33-33.
- [6] Wang J X, Liu Z P, Long X H, Zhao G M. Effects of growth, photosynthesis and water consumption of helianthus tuberosus irrigated with seawater. *Chinese Journal of Soil Science*, 2009, 40(3): 606-609.
- [7] Feng G L, Luo Y P, Liu J L, Yang P L. Dynamic relationship of function and growth between winter wheat root and shoot under different soil water conditions. *Agricultural Reseach in the Arid Areas*, 1997, 15(2): 73-79.
- [8] Thornley J H M. Modelling shoot[ratio] root relations: the only way forward?. *Annals of Botany*, 1998, 81(2): 165-171.
- [9] Zhong Q W, Wang Y, Wang L H, Li L. Changes of growth, development and photosynthesis indicators of jerusalem artichoke. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2007, 27(9): 1843-1848.
- [10] Zhang B L, Gao J L, Liu K L. Change in some parameters relative to photosynthesis in potato population. *Chinese Potato Journal*, 2003, 17(3): 146-151.

参考文献:

- [1] 赵雪飞, 王丽金, 李瑞奇, 李雁鸣. 不同灌水次数和施氮量对冬小麦群体动态和产量的影响. *麦类作物学报*, 2009, 29(6): 1004-1009.
- [2] 张琼, 李光永, 柴付军. 棉花膜下滴灌条件下灌水频率对土壤水盐分布和棉花生长的影响. *水利学报*, 2004, (9): 123-126.
- [3] 张喜英, 由懋正, 王新元. 不同时期水分调亏及不同调亏程度对冬小麦产量的影响. *华北农学报*, 1999, 14(2): 79-83.
- [4] 代晓华, 康建宏, 徐长警. 不同施肥条件下菊芋光合速率测定. *中国糖料*, 2009, (1): 40-42, 46-46.
- [5] 石建业, 任生兰. 菊芋的生态适应性及栽培技术. *现代农业科技*, 2008, (8): 33-33.
- [6] 王建绪, 刘兆普, 隆小华, 赵耕毛. 海水浇灌对菊芋生长、光合及耗水特征的影响. *土壤通报*, 2009, 40(3): 606-609.
- [7] 冯广龙, 罗远培, 刘建利, 杨培岭. 不同水分条件下冬小麦根与冠生长及功能间的动态消长关系. *干旱地区农业研究*, 1997, 15(2): 73-79.
- [9] 钟启文, 王怡, 王丽慧, 李莉. 菊芋生长发育动态及光合性能指标变化研究. *西北植物学报*, 2007, 27(9): 1843-1848.
- [10] 张宝林, 高聚林, 刘克礼. 马铃薯群体光合系统参数的研究. *中国马铃薯*, 2003, 17(3): 146-151.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 9 May, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Guest Editorial from EAM Workshop—Sustainability of agricultural ecosystems in arid regions in response to climate change	
..... LI Fengmin, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, et al (I)	
Overview on the 2 nd international workshop on ecosystem assessment and management (EAM)	
..... LI Pufang, ZHAO Xuzhe, CHENG Zhengguo, et al (2349)	
Arid agricultural ecology in response to global change: Overview on Young Scholar Forum of the 2 nd International Workshop on	
EAM	ZHAO Xuzhe, LI Pufang, Kadambot H. M Siddique, et al (2356)
The effects of micro-rainwater harvesting pattern and rainfall variability on water ecological stoichiometry in oat (<i>Avena sativa</i> L.)	
field	QIANG Shengcai, ZHANG Hengjia, MO Fei, et al (2365)
Spatial variation of water requirement for spring wheat in the middle reaches of Heihe River basin	
..... WANG Yao, ZHAO Chuanyan, TIAN Fengxia, et al (2374)	
Model-based estimation of the canopy transpiration of Qinghai spruce (<i>Picea crassifolia</i>) forest in the Qilian Mountains	
..... TIAN Fengxia, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong (2383)	
Litter amount and its nutrient storage and water holding characteristics under different coniferous forest types in Xiaolong Mountain,	
Gansu Province	CHANG Yajun, CHEN Qi, CAO Jing, et al (2392)
Effect of irrigation frequency on life history strategy and yield formation in Jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) in oasis	
of Hexi Corridor	ZHANG Hengjia, HUANG Gaobao, YANG Bin (2401)
The evaluation method of water resources sustainable utilization in Manas River Basin	
..... YANG Guang, HE Xinlin, LI Junfeng, et al (2407)	
Correlation of topographic factors with precipitation and surface temperature in arid and cold region of Northwest China: a case	
study in Gansu Province	YANG Sen, SUN Guojun, HE Wenying, et al (2414)
The relationship between riparian vegetation and environmental factors in Heihe River Basin	
..... XU Shasha, SUN Guojun, LIU Huiming, et al (2421)	
Effects of drought stress on the photosynthesis of <i>Salix paraqulesia</i> and <i>Hippophae rhamnoides</i> seedlings	
..... CAI Haixia, WU Fuzhong, YANG Wanqin (2430)	
The comparison of drought resistance between <i>Caragana species</i> (<i>Caragana arborescens</i> , <i>C. korshinskii</i> , <i>C. microphylla</i>) and two	
chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) cultivars	FANG Xiangwen, LI Fengmin, ZHANG Haina, et al (2437)
Response of chlorophyll fluorescence characteristics of <i>Populus euphratica</i> heteromorphic Leaves to high temperature	
..... WANG Haizhen, HAN Lu, XU Yali, et al (2444)	
Free amino acid content in different tissues of <i>Caragana korshinskii</i> following all shoot removal	
..... ZHANG Haina, FANG Xiangwen, JIANG Zhirong, et al (2454)	
“Fertile Island” features of soil available nutrients around <i>Halostachys caspica</i> shrub in the alluvial fan area of Manas River watershed	
..... TU Jinna, XIONG Youcai, ZHANG Xia, et al (2461)	
Analysis of the activities of protective enzymes in <i>Bidens pilosa</i> L. inoculated with <i>Glomus mosseae</i> under drought stress	
..... SONG Huixing, ZHONG Zhangcheng, YANG Wanqin, et al (2471)	
Evaluation and selection on drought-resistance of germplasm resources of <i>Avena</i> species with different types of ploidy	
..... PENG Yuanying, YAN Honghai, GUO Laichun, et al (2478)	
Ecophysiological mechanism of photoperiod affecting phenological period and spike differentiation in oat (<i>Avena nuda</i> L.)	
..... ZHAO Baoping, ZHANG Na, REN Changzhong, et al (2492)	
Effects of water and fertilization on relationship between competitive ability and seed yield of modern and old spring wheat varieties	
..... DU Jingqi, WEI Panpan, YUAN Ziqiang, et al (2501)	

- Inhibitory effect of biogas slurry from swine farm on some vegetable pathogen SHANG Bin, CHEN Yongxing, TAO Xiuping, et al (2509)
- Effects of different summer catch crops planting on soil inorganic N residue and leaching in greenhouse vegetable cropping system WANG Zhiyi, GUO Ruiying, LI Fengmin (2516)
- Photosynthetic characterization and yield of summer corn (*Zea mays* L.) during grain filling stage under different planting pattern and population densities WEI Li, XIONG Youcai, Baoluo Ma, et al (2524)
- Effects of desulfurization waste treatment on calcium distribution and calcium ATPase activity in oil-sunflower seedlings under alkaline stress MAO Guilian, XU Xing, ZHENG Guoqi, et al (2532)
- The evolution between ecological security pattern and agricultural productive force in Manas River Basin for the past 30 years WANG Yuejian, XU Hailiang, WANG Cheng, et al (2539)
- Spatio-temporal analysis of ecological carrying capacity in Jinghe Watershed based on Remote Sensing and Transfer Matrix YUE Dongxia, DU Jun, LIU Junyan, et al (2550)
- The coupling relationship and emergy analysis of farming and grazing ecosystems in Mu Us sandland HU Binghui, LIAO Yuncheng (2559)
- Dynamic analysis of farmland ecosystem service value and multiple regression analysis of the influence factors in Minqin Oasis YUE Dongxia, DU Jun, GONG Jie, et al (2567)
- Environment purification service value of urban green space ecosystem in Qingdao City ZHANG Xuliang, XU Zongjun, ZHANG Zhaohui, et al (2576)
- The spatial relationship analysis of rural per capital revenue based on GIS in Zulihe River basin, Gansu Province XU Baoquan, SHI Weiqun (2585)

Review and Monograph

- The key issues on plant phenology under global change MO Fei, ZHAO Hong, WANG Jianyong, et al (2593)
- Recent advances on regional climate change by statistical downscaling methods ZHU Hongwei, YANG Sen, ZHAO Xuzhe, et al (2602)
- Current progress in eco-physiology of root-sourced chemical signal in plant under drought stress LI Jinan, LI Pufang, KONG Haiyan, et al (2610)
- ODAP biosynthesis: recent developments and its response to plant stress in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) ZHANG Dawei, XING Gengmei, XIONG Youcai, et al (2621)
- Current progress in plant ideotype research of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) LI Pufang, CHENG Zhengguo, ZHAO Hong, et al (2631)
- Recent advances in research on drought-induced proteins and the related genes in wheat (*Triticum aestivum* L.) ZHANG Xiaofeng, KONG Haiyan, LI Pufang, et al (2641)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

客座编辑 Guest Editors LI Fengmin XIONG Youcai Neil Turner Kadambot Siddique

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 31 卷 第 9 期 (2011 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 9 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元