风沙地菊芋的主要生态学特性*

孔 涛[1,2] 吴祥云[1**] 刘玲玲[2] 闫 晗[2]

([1] 辽宁工程技术大学资源与环境工程学院,辽宁阜新 123000;[2] 辽宁工程技术大学理学院,辽宁阜新 123000)

摘 要 菊芋(*Helianthus tuberosus* L.)根系发达,抗旱性强,具有重要的防风固沙功能。为了揭示菊芋防风固沙机理及生长适应性,对科尔沁沙地生长的菊芋主要生态学特性进行了研究。结果表明:菊芋的生长发育可分为出苗期、快速生长期和块茎膨大期3个时期;菊芋地上部器官生长与干物质积累8周之内增长缓慢,之后生长迅速,第18周块茎开始进入速生期,块茎干物质积累在第23周达到最大值,平均单株为298.15 g;菊芋的光合性能指标与干物质积累存在密切关系,其中菊芋叶面积指数、光合势均在地上部分生长速生期第9周起开始呈对数式增长,到地下块茎膨大速生期第18周达到最大值,分别为6.55、401016 $m^2 \cdot d^{-1} \cdot hm^{-2}$;叶片叶绿素相对含量在地上干物质开始向块茎转移时最高,峰值为38.4。

关键词 菊芋;防风固沙;生长发育;干物质;光合指标

中图分类号 Q945.3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2009)09-1763-04

Main ecological characteristics of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in aeolian sandy land. KONG Tao[1,2], WU Xiang-yun[1], LIU Ling-ling[2], YAN Han[2] ([1]*College of Resource and Environment Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin* 123000, *Liaoning, China*; [2]*College of Science, Liaoning Technical University, Fuxin* 123000, *Liaoning, China*). *Chinese Journal of Ecology*, 2009, **28**(9): 1763-1766.

Abstract: With developed root system and strong drought-resistance, Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) has an important function in wind prevention and sand fixation. In order to reveal its growth adaptability and its mechanisms of wind prevention and sand fixation, the main ecological characteristics of Jerusalem artichoke in Keerqin sandy land were studied. The growth and development of Jerusalem artichoke could be divided into three stages, *i.e.*, seedling emergence, fast growth, and tuber expanding. The growth and dry matter accumulation of aboveground organs increased slowly within the first 8 weeks, and rapidly since then. The tuber began to fast grow from the 18th week, and peaked at the 23rd week, with the dry matter accumulation reached 298.15 g per plant. The photosynthesis indices had close relationships with dry matter accumulation. Leaf area index and photosynthetic potential began to have a logarithmic increase from the 9th week (aboveground part fast growth stage), and peaked at the 18th week (subterranean tuber expanding stage), with the value of 6.55 and 401016 $m^2 \cdot d^{-1} \cdot hm^{-2}$, respectively. The relative leaf chlorophyll content was the maximum (38.4) when the dry matter in aboveground organs began to transfer into tuber.

Key words: *Helianthus tuberosus* L.; wind prevention and sand fixation; growth and development; dry matter; photosynthesis indices.

菊芋(*Helianthus tuberosus* L.)又称洋姜、鬼子姜,属于菊科向日葵属的多年生物种,原产于北美洲,属短日照晚熟植物。菊芋适应性强,分布广,耐旱耐瘠薄,有明显的防沙治沙作用(马玉龙和龙峰,2001;隆小华和刘兆普,2003)。在沙漠上种植菊芋,从菊芋出土开始,不仅可改变当地的小气候。而且由于其根系发达,在沙漠中可组成强大的根系网把沙紧紧固住,杜绝了沙漠的流动(王喜武等,2006)。菊芋不仅是一种非常好的防风固沙型植物,而且其地上茎叶是优质粗饲料,地下块茎也是无污染的绿

*国家"十一五"科技支撑项目(2006BAD03A0203)、辽宁省高等学校重点科研项目(2004D006和20060391)和中国科学院知识创新工程重大项目资助(KZCX1-YW-08-02)。

**通讯作者 E-mail:wuxyun@yahoo.cn

收稿日期:2009-03-23 接受日期:2009-05-04

色食品(吴祥云,2002;丁红梅等,2006)。因此,选育抗沙菊芋新品种,必须掌握菊芋各器官的生长发育规律,了解干物质积累及其在各生育时期各器官的分配情况,弄清菊芋光合性能的变化规律。目前,国外在菊芋生长发育规律方面研究已有报道(Kays & Kultur,2005;Montia *et al.*,2005)。国内有学者(刘兆普等,2005;隆小华等,2006;吴成龙等,2006)对菊芋在海边滩涂地耐盐生理特征进行了研究。黄相国等(2004)和钟启文等(2007)研究了高原状态下菊芋的生长发育规律。结果表明菊芋具有广泛的生长适应性,在盐碱地、旱涝地、低气压等恶劣环境中都能很好地生存。本研究通过对风沙地生长的红菊芋整个生育周期生长节律、干物质积累与分配以及光合性能指标进行分析,旨在揭示菊芋的防风固沙性能,为风沙地菊芋产业化发展提供技术与理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验地位于科尔沁沙地南缘的辽宁省阜新蒙古族自治县伊玛图乡(41°47′32″N—41°51′39″N,121°28′47″E—121°30′46″E),属于北方大陆性季风气候区,年均气温为5.7 ℃,年降雨量为500 mm左右,夏季7—8月雨量占全年雨量的68.8%,春季多干旱,年蒸发量为1569.7 mm,是降雨量的2倍。土壤类型为生草沙土,沙地为无层次的单向沙地,腐殖质含量极少,氮素缺乏,主要成分为石英砂;起沙风速为5 m·s^{-1}。

供试材料为抗逆性强的红菊芋,该品种表皮为深红色,芋形较小,根系发达,结芋数多,产量较高。菊芋种植后不采取任何施肥、灌溉措施,使其呈原生态生长,试验面积500 m^2。4月中旬播种,株距40 cm,行距60 cm;6月末除草抚育,10月中旬收获。

1.2 取样与测定方法

从出苗开始,将试验地分为10个区组,每个区组选取具有较强的代表性幼苗1株,拴上标签,共标记10株;每周1次对标记的10株菊芋的株高、基茎粗进行生长测定;用WDY-500A型叶面积测定仪测试标记菊芋的叶面积,计算叶面积指数和光合势。从每个区组中随机选取标记菊芋以外的1株菊芋,共10株,分器官叶、茎、根称取鲜质量,然后放置烘箱中80 ℃烘干至恒量,称取干质量。用SPAD-502型叶绿素测试仪测定叶绿素相对含量,即"绿色程度",直接反映出叶绿素含量的大小。

1.3 数据处理

对调查获取的数据以平均值±标准误差表达,采用Excel 2000绘图,用SAS 6.2进行回归分析,并用t检验进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 菊芋的生长发育特性

菊芋各器官生长的数量指标,主要包括株高、茎粗、绿叶片数、花数等,是标志菊芋发育的外在表现。由图1和图2可见,从2008年4月26日菊芋萌发开始,8周之内株高、茎粗和绿叶片数增加缓慢,到第18周分别达到平均单株217.5 cm、1.10 cm和40.2个,之后高、粗趋于稳定,而绿叶片数迅速下降,直到第23周绿叶全部掉光;死叶在第6周出现后,数量逐渐增加,直到第23周平均单株上所有53.6个叶片全部萎蔫为止;花在第18周形成后,单株开花数于花形成后第3周达到峰值(平均为2.4朵),花的生存期为4周。

菊芋在其全发育周期内表现出一定的防风固沙性能。菊芋出苗后1~8周内,正值4月下旬—6月中旬气候干燥期,平均风速为5.0 m·s^{-1},8级以上大风天数超过10 d,最大风速可达23 m·s^{-1},降水量为35 mm,此时菊芋各项生长指标虽然较小,但仍可缓慢生长,可见菊芋幼苗对强风沙天气具有较强的抗性。6月下旬—8月末(菊芋出苗后9~17周)平均风速为3.5 m·s^{-1},大风天数少于4 d,降雨量为263 mm,风沙危害性较小,良好的气候环境为菊芋提供了良好发育条件,菊芋呈现快速生长态势。9月初—10月上旬进入秋季后(菊芋出苗后18~23周)风速增大,平均为4.6 m·s^{-1},8级以上大风天数超过7 d,降水量为50 mm,风沙危害较强,此时期菊芋高、粗达到最大值并基本处于稳定状态,大片菊芋杆组成了矮状(2~3 m)防风带,能减弱一定的风速;每株菊芋根系数目平均为83根,深度可达0.5 m以上,根幅最高可达0.6 m,根系与根系之间相连成片,使整个试验地根系呈现网状结构,将沙紧紧抓牢,不会被风吹起;此时期菊芋具有很强的防风固沙作用。菊芋对立地条件非常简单,只要沙土覆盖5 cm以上,不需灌溉和施肥就可生长,生命力非常顽强。本试验中菊芋在风沙地播种后45 d无雨的情况下仍能正常生长,因此菊芋几乎可以在风沙地上生长成片,防风固沙和改善生态。

2.2　干物质积累与分配特征

由图3可见,出苗后8周以内,单株菊芋叶、茎和根的干物质量皆少于10 g,且积累缓慢,第9周起开始迅速增加,于第18周达到峰值,分别为平均46.68、296.85和8.16 g。块茎直到出苗后第14周才开始产生,在第23周停止生长,干物质量达到平均单株298.15 g·株$^{-1}$。块茎干物质积累经过了3个阶段:出苗后第14~17周,块茎干物质积累缓慢,积累速率为2.10 g·株$^{-1}$·周$^{-1}$,在此期间块茎干物质的增加是由块茎数量的增加引起的;第18~20周,块茎迅速膨大,块茎数量也不断增加,此阶段干物质开始从植株地上部分向块茎迅速再分配,块茎干物质积累速率为29.66 g·株$^{-1}$·周$^{-1}$;第21~23周,块茎数量趋于稳定,块茎干物质量的增加可以表明块茎的膨大速率,其速率达到65.21 g·株$^{-1}$·周$^{-1}$。第18周后,叶、茎、根的干物质量不断减少,而块茎的干物质量持续增加,说明在这个时期,叶、茎、根上的干物质开始不断转移到块茎上,促进了块茎质量和体积的增大。

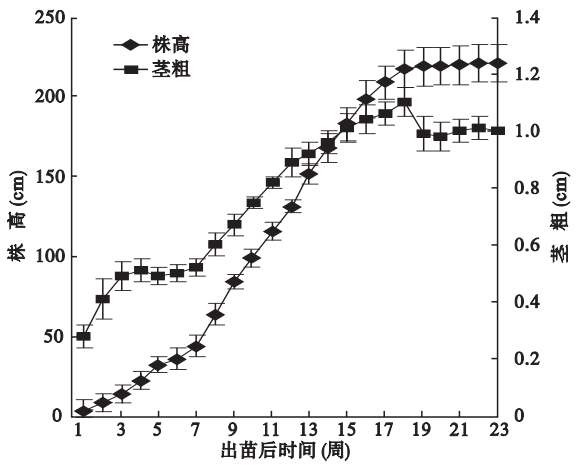


图1　全生育期菊芋高、粗变化动态

Fig. 1　Dynamics of height and diameter of Jerusalem artichoke in full growing season

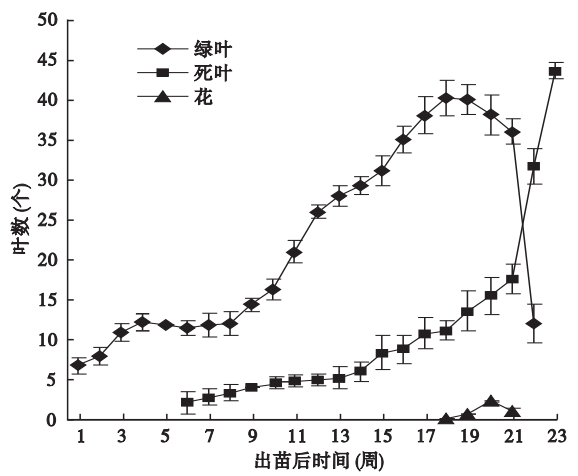


图2　全生育期菊芋叶、花变化动态

Fig. 2　Dynamics of leaf and flower of Jerusalem artichoke in full growing season

2.3　光合性能指标变化

光合性能指标主要包括叶面积指数(LAI)、光合势(LAD)和叶绿素含量,会直接影响菊芋干物质的积累量。由图4可以看出,菊芋叶面积指数与光合势变化趋势比较一致。出苗后8周之前,叶面积指数与光合势均较小,增加缓慢;9~18周地上生长速生期内,叶面积指数、光合势均呈对数式增长,在地下块茎进入膨大速生期第18周达到峰值,分别为6.55和401016 m^2·d^{-1}·hm^{-2},19周开始迅速下降。

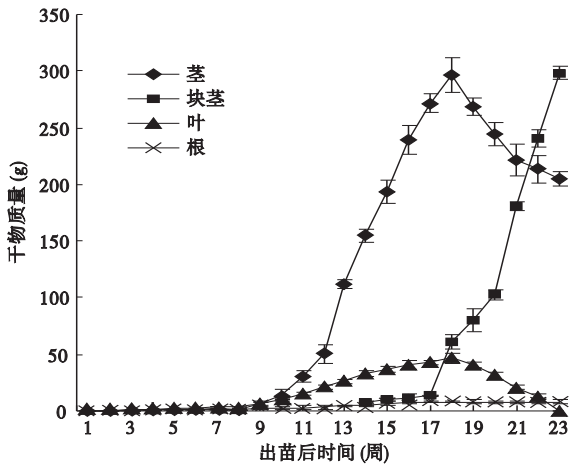


图3　菊芋干物质积累动态

Fig. 3　Dynamics of dry matter accumulation in Jerusalem artichoke

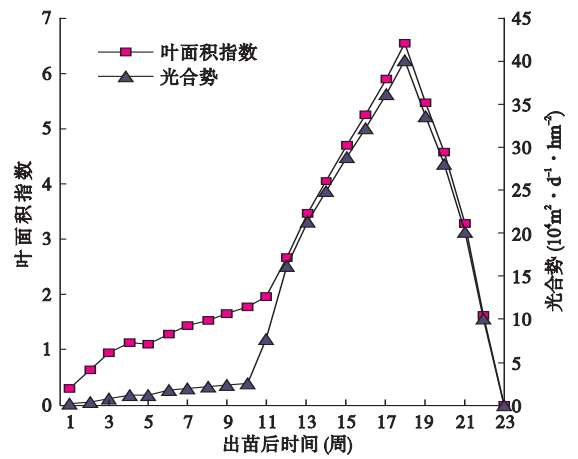


图4　菊芋叶面积指数与光合势变化趋势

Fig. 4　Trend of LAI and LAD change of Jerusalem artichoke

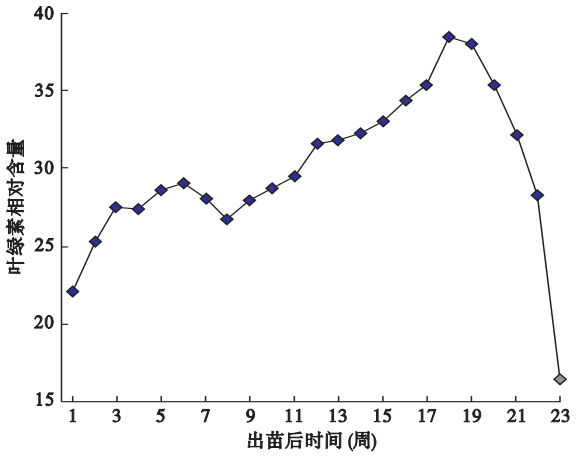


图5 菊芋叶绿素相对含量变化趋势

Fig. 5 Trend of relative content in chlorophyll of Jerusalem artichoke

通过回归统计分析可得到菊芋在对数生长期 LAI、LAD 的回归方程式，分别为：$y = -15.5 + 7.49\ln x$（其中，y 为叶面积指数，x 为出苗后周数）（$R = 0.98$，$P < 0.01$）；$y = -1.30 + 585279\ln x$（其中，y 为光合势，x 为出苗后周数）（$R = 0.99$，$P < 0.01$）。图5表明，菊芋叶片中的叶绿素含量在全生育周期呈现单峰曲线变化，出苗后第8周，其值稍有下降，而后不断上升，在地上部干物质向块茎转移时叶绿素相对含量最高，峰值为38.4。

本研究表明，菊芋的光合性能指标与干物质积累呈现密切关系。叶、茎干物质积累曲线与光合性能指标曲线趋势基本相似，呈正相关。根系干物质量在第18周光合性能指标出现峰值时也达到最大，与叶、茎干物质一起为块茎干物质积累提供了良好的物质基础。块茎干物质量在光合性能指标达到峰值后开始迅速增大，直到第23周菊芋死亡为止。

3 结 论

菊芋的整个生长发育可分为3个时期：出苗期（1～8周），菊芋生长缓慢，根、茎、叶干物质积累少，光合性能指标较低；快速生长期（9～18周），菊芋生长迅速，茎、叶干物质大量积累，叶面积指数和光合势呈现对数式增长，叶绿素最大含量在此期出现；块茎膨大期（19～23周），块茎质量和体积快速增大，花出现并成熟，同时茎、叶干物质含量减少，光合性能指标迅速下降，菊芋高、粗达到最大后并基本维持稳定，地下根系多而伸展广，相互交织相连成片，此时期菊芋具有很强的防风固沙性能。

菊芋的光合性能指标与干物质积累呈现密切关系。地上部分干物质积累与光合指标变化呈现正相关，根干物质量在光合指标为峰值时达到最大，块茎干物质量在光合指标达到峰值后开始迅速增长。

参考文献

丁红梅，董 全，谭晓琼. 2006. 菊芋的综合利用及发展前景. 四川食品与发酵，**42**(5)：5-8.

黄相国，葛菊梅，沈裕虎，等. 2004. 青海高原菊芋(*Helianthus tuberosus* L.)开发研究述评. 西北农业学报，**13**(2)：35-38.

刘兆普，邓力群，刘 玲，等. 2005. 莱州海涂海水灌溉下菊芋生理生态特性研究. 植物生态学报，**29**(3)：474-478.

隆小华，刘兆普. 2003. 耐寒抗旱治沙之星菊芋. 植物杂志，(3)：23-24.

隆小华，刘兆普，蒋云芳，等. 2006. 海水处理对不同产地菊芋幼苗光合作用及叶绿素荧光特性的影响. 植物生态学报，**30**(5)：827-834.

马玉明，龙 锋. 2001. 我国东部沙地菊芋生长的调查研究. 中国草地，**23**(6)：42-44.

王喜武，吴德东，袁春良，等. 2006. 试论菊芋治沙. 防护林科技，(5)：45-46.

吴成龙，尹金来，徐阳春，等. 2006. 碱胁迫对菊芋幼苗生长及其光合作用和抗氧化作用的影响. 西北植物学报，**26**(3)：0447-0454.

吴祥云. 2002. 生态经济型治沙植物新材料——菊芋. 新农业，(7)：45-46.

钟启文，王 怡，王丽慧，等. 2007. 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，**27**(9)：1843-1848.

Kays SJ, Kultur F. 2005. Genetic variation in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) flowering date and duration. *HortScience*, **40**: 1675-1678.

Monti A, Amaducci MT, Venturi G. 2005. Growth response, leaf gas exchange and fructans accumulation of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as affected by different water regimes. *European Journal of Agronomy*, **23**: 136-145.

作者简介 孔 涛，男，1981年生，讲师，硕士研究生。主要从事恢复生态学研究。E-mail：kongtao2005@126.com

责任编辑 李凤芹