

能源植物菊芋在松嫩盐碱地区的栽培试验研究

沈 光,徐海军,周 琳,于志民,吕 品
(黑龙江省科学院 自然与生态研究所/湿地与生态保育国家地方联合工程实验室,黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:为探求能源植物菊芋在盐碱地栽培的发展前景,选取栽培菊芋和野生菊芋 2 份试验材料在松嫩盐碱地上进行了施肥、割草、重度盐碱胁迫及土壤不同开垦年限的处理研究。结果表明:这 2 份材料均可在中度盐碱地上正常生长和繁殖,施肥、割草对菊芋的生长有促进作用,重度盐碱胁迫会降低菊芋的出苗率,野生菊芋对重度盐碱胁迫表现出更好的抗性,栽培菊芋在中度盐碱地上产量可达到 30 000 kg·hm⁻² 以上。通过试验表明菊芋是适合在松嫩盐碱地上发展的优良能源植物。
关键词:菊芋;松嫩平原;盐碱土地;能源植物
中图分类号:S632.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2013)02-0021-05

菊芋(*Helianthus tuberosus*)是菊科向日葵属的多年生草本植物,又称洋姜、鬼子姜、洋芋头等。菊芋原产北美,后经欧洲传入我国,由于适应性强而在我国各地均有栽培。菊芋植株高大(最高达 3 m 以上)、生长迅速,地下块茎可食用,富含的菊糖在食品和医药领域是重要的原料^[1]。

早在 20 世纪 80 年代初,世界范围内就开展了以菊芋为基质的生物乙醇生产工艺的研究^[2-6]。近年来,化石能源的紧张促进了生物能源的发展,探讨以菊芋为原料生产燃料乙醇的工作也逐渐增多^[7-10]。菊芋块茎所富含的果糖可直接发酵制成乙醇,利用菊芋发酵生产燃料乙醇在工艺上可能比传统的淀粉乙醇还要简单。另外,菊芋的地上茎秆部分则可能成为纤维素乙醇生产的重要原料^[1]。

在中国发展能源植物要遵循“不与人争粮,不与粮争地”的原则,要充分考虑利用我国大量存在的荒山荒坡、盐碱地、沙地等边际土地资源来发展

能源植物。黑龙江省西部地区有盐碱土近 66.7 万 hm²,主要分布在大庆及齐齐哈尔南部地区,其中含盐量超过 1% 的盐土和盐碱土超过 10 万 hm²,据 20 世纪 90 年代调查,黑龙江省盐渍化土壤比 50 年代增加了 13.3 万 hm²,年增加 2 600 多 hm²。盐碱地的不断扩张严重地威胁着黑龙江省农牧业产业的安全,所以将菊芋作为能源植物种植在黑龙江省松嫩盐碱地区,不仅可以改良盐碱地,保障松嫩盐碱地区农牧产业的安全,而且可以促进黑龙江省能源产业的发展,具有重要意义。

1 试验地概况

试验地位于杜尔伯特蒙古族自治县泰康镇奶牛公寓附近,地处 N46°52′28.97″,E124°28′16.12″,海拔 142m。地处中纬度,属温带大陆性季风气候,年平均气温 3.6~4.4℃,年平均日照 2 852 h,无霜期 158 d,年平均降水量 400 mm,土壤为盐碱化草甸土。

表 1 试验地土壤理化性质

Table 1 Soil physicochemical properties of the field

pH	电导率/ μS·cm ⁻¹ Conductivity	全盐量 (水土比 5:1)/ g·kg ⁻¹ Salt content	有机质/ g·kg ⁻¹ Organic matter	全氮/ g·kg ⁻¹ Total N	全钾/ g·kg ⁻¹ Total K	全磷/ g·kg ⁻¹ Total P	碱解氮/ mg·kg ⁻¹ Available N	速效磷/ mg·kg ⁻¹ Available P	速效钾/ mg·kg ⁻¹ Available K
7.66~9.5	113.1~455.0	0.86~3.92	77.50	2.45	25.50	0.36	125.76	14.17	366.37

收稿日期:2012-12-20
基金项目:黑龙江省科学院科研基金资助项目
第一作者简介:沈光(1977-),男,吉林省白城市人,硕士,副研究员,从事能源植物的研究。E-mail: shen19772 @ 163.com。

2 材料与方法

2.1 材料

试验于 2011~2012 年进行,供试材料为栽培菊芋(*Helianthus tuberosus*)和野生菊芋(*Heli-*

anthus tuberosus), 分别由黑龙江省农业科学院大庆分院和大庆市丰收屯提供。

2.2 方法

2.2.1 试验设计 小区面积 20 m×7 m, 2011 年 5 月 18 日播种, 盐碱胁迫分中度和重度 2 个处理, 其中重度盐碱胁迫不施肥不割草, 中度盐碱胁迫分不施肥割草、不割草施肥和对照(不施肥不割草) 3 个处理, 每个处理 2 次重复(见表 2, 表 3)。

表 2 中度和重度盐碱胁迫土壤理化性质对比

Table 2 Comparison on soil physicochemical properties of moderate and heavy saline-alkali lands							
盐碱胁迫 Saline-alkali stress	pH	电导率/ μS·cm ⁻¹ Conductivity	全盐量 (水土比 5:1)/ g·kg ⁻¹ Salt content	有机质/ g·kg ⁻¹ Organic matter	碱解氮/ mg·kg ⁻¹ Available N	速效磷/ mg·kg ⁻¹ Available P	速效钾/ mg·kg ⁻¹ Available K
中度 Moderate	7.68	129.5	1.09	76.80	126.14	10.50	369.29
重度 Heavy	9.51	455.0	4.23	95.10	47.14	1.32	151.22

表 3 中度盐碱胁迫不同处理方法

Table 3 Different treatments in moderate saline-alkali fields			
品种 Species	不割草施肥 Fertilization without mowing	不施肥割草 Mowing without fertilization	对照(不施肥, 不割草) CK
栽培菊芋 Cultivated <i>Helianthus tuberosus</i>	播前施尿素 0.12 kg·m ⁻²	2012 年 6 月 21 日清除杂草, 之后每月清除一次, 保持菊芋不被杂草栖住	不施肥, 不割草
野生菊芋 Wild <i>Helianthus tuberosus</i>	播前施尿素 0.12 kg·m ⁻²	2012 年 6 月 21 日割草, 之后每月割草一次, 保持菊芋不被杂草栖住	不施肥, 不割草

2.2.2 测定项目与方法 随机选取 30 株菊芋, 测量根茎、株高、叶片长×宽、冠幅, 并观察生长状况, 2011 年共测量了 3 次, 分别为 6 月 21 日、8 月 3 日和 9 月 2 日。

以上, 生长状况良好, 在重度盐碱土壤上种植的菊芋断苗现象普遍, 出苗率为 50% 左右, 试验地野生菊芋在 6 月初至 7 月中旬雨季之前, 整体有萎焉现象。

3 结果与分析

3.1 不同处理对野生菊芋生长的影响

在中度盐碱土壤上种植的菊芋出苗率在 99%

由于 2011 年 8 月 3 日测量的数据完整, 所以选取这组数据利用 DPS 7.0 进行多重数据比较分析。

表 4 野生菊芋和栽培菊芋生育性状比较

Table 4 Comparison on growth characteristic of cultivated and wild <i>Helianthus tuberosus</i>										
处理 Treatment	株高/cm Plant height		基径/mm Base diameter		叶片长/cm Leaf length		叶片宽/cm Leaf width		冠幅/cm Crown breadth	
	野生菊芋 Wild <i>Helianthus tuberosus</i>	栽培菊芋 Cultivated <i>Helianthus tuberosus</i>	野生菊芋 Wild <i>Helianthus tuberosus</i>	栽培菊芋 Cultivated <i>Helianthus tuberosus</i>	野生菊芋 Wild <i>Helianthus tuberosus</i>	栽培菊芋 Cultivated <i>Helianthus tuberosus</i>	野生菊芋 Wild <i>Helianthus tuberosus</i>	栽培菊芋 Cultivated <i>Helianthus tuberosus</i>	野生菊芋 Wild <i>Helianthus tuberosus</i>	栽培菊芋 Cultivated <i>Helianthus tuberosus</i>
中度不施肥割草 Mowing without fertilization under moderate stress	65.13 a	71.430 a	5.43 a	9.33 a	15.08 a	16.11 b	5.98 a	8.62 a	28.59 a	34.90 a
中度施肥不割草 Fertilization without mowing under moderate stress	71.50 a	67.90 b	5.12 a	8.44 a	13.57 a	19.16 a	5.09 a	7.96 a	24.42 b	33.42 ab
中度对照 Control under moderate stress	59.20 ab	62.30 ab	3.81 b	8.82 a	10.93 b	15.19 b	3.78 b	7.84 a	19.65 c	31.43 b
重度胁迫 Heavy stress	49.91 b	34.27 c	4.08 b	4.73 b	10.36 b	11.61 c	3.59 b	4.36 b	17.42 c	18.12 c

注: $P<0.05$ 。下同。
Note: $P<0.05$. The same below.

通过表 4 可以看出,中度盐碱胁迫下施肥对野生菊芋株高的影响差异不显著,而对野生菊芋的基径、叶片长和宽及冠幅影响与对照相比差异显著;割草对株高的影响差异不显著,而对冠幅、基径、叶片长和宽的影响差异显著;重度盐碱胁迫与中度对照对野生菊芋生长影响差异不显著。通过分析说明割草、施肥对野生菊芋的生长有明显的促进作用,割草对野生菊芋冠幅的影响更显著一些。

3.2 不同处理对栽培菊芋生长的影响

栽培菊芋在中度盐碱胁迫下出苗率在 99% 以上,生长状况良好,而在重度盐碱胁迫的栽培菊芋断苗现象普遍,出苗率为 40% 左右,试验地栽培菊芋在 6 月初至 7 月中旬雨季之前,整体有萎蔫现象。

通过表 4 可以看出,与对照相比,中度盐碱胁迫下施肥对株高、基径、叶片宽和冠幅的影响差异不显著,而对叶片长的影响差异显著,割草对冠幅的影响差异显著,而对株高、基径、叶片长和宽的影响差异均不显著,重度盐碱胁迫对株高、基茎、叶片长和宽及冠幅的影响与中度对照相比差异均显著。通过分析说明施肥、割草对栽培菊芋的生长有一定的促进作用,而重度盐碱胁迫明显阻碍栽培菊芋的生长。

3.3 施肥和重度盐碱胁迫对野生菊芋株高及基径月增长的影响

因为割草处理是在 6 月下旬进行的,所以这里只做中度施肥、重度盐碱胁迫与对照的月增长曲线图。

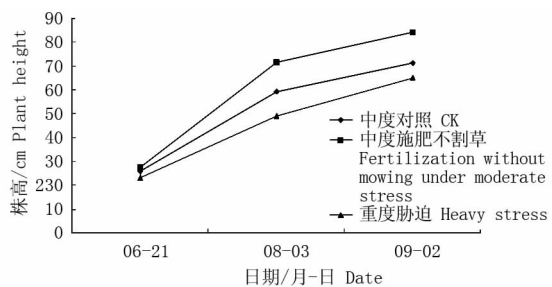


图 1 不同处理野生菊芋株高的平均月增长曲线比较

Fig. 1 Comparison on average height growth curve of wild *Helianthus tuberosus* with different treatments

从图 1 中可以看出,施肥对野生菊芋株高的影响明显,可以促进野生菊芋株高的生长,重度盐碱胁迫明显阻碍野生菊芋株高的生长。

从图 2 中可以看出,施肥对野生菊芋基径的

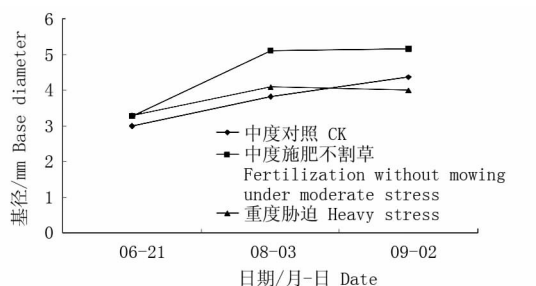


图 2 不同处理野生菊芋基径的平均月增长曲线比较

Fig. 2 Comparison on average base diameter growth curve of wild *Helianthus tuberosus* with different treatments

影响明显,而重度盐碱胁迫对基径的影响并不明显。

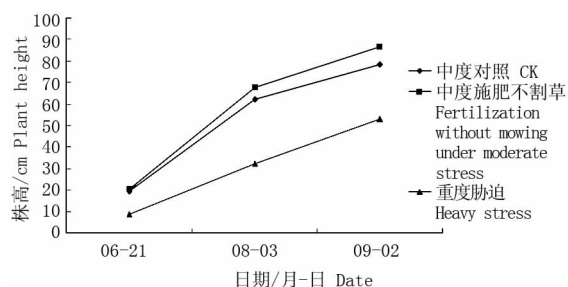


图 3 不同处理栽培菊芋株高的平均月增长曲线比较

Fig. 3 Comparison on average height growth curve of cultivated *Helianthus tuberosus* with different treatments

3.4 施肥和重度盐碱胁迫对栽培菊芋株高及基径月增长的影响

从图 3 中可以看出施肥对栽培菊芋生长的影响不明显,重度盐碱胁迫明显阻碍栽培菊芋株高的生长。

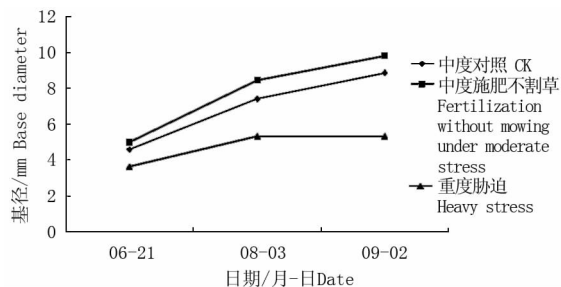


图 4 不同处理栽培菊芋基径的平均月增长曲线比较

Fig. 4 Comparison on average base diameter growth curve of cultivated *Helianthus tuberosus* with different treatments

从图 4 中可以看出重度盐碱胁迫明显阻碍栽培菊芋基径的生长。

3.5 开垦年限对栽培菊芋产量的影响

2012 年 5 月 15 日共种植约 2 001 m²栽培菊

芋,其中 1 334 m²为 2011 年开垦的土地,667 m²为 2012 年新开垦的地,种植前施尿素,施肥量 0.12 kg·m⁻²,表 5 为新开垦与开垦 1 a 的土壤理化性质,从表 5 中可以看出两者之间的土壤理化性质相差不大。

表 5 新开垦与已开垦 1 a 的土壤理化性质比较

开垦年限 Plowing years	pH	电导率/ μS·cm ⁻¹ Conductivity	全盐量 (水土比 5:1)/ g·kg ⁻¹ Salt content	有机质/g·kg ⁻¹ Organic matter	碱解氮/ mg·kg ⁻¹ Available N	速效磷/mg·kg ⁻¹ Available P	速效钾/mg·kg ⁻¹ Available K
新开垦土壤 Virgin soil	8.30	116.3	1.57	83.00	126.14	11.94	287.31
开垦 1 a 土壤 Plowing for one year soil	8.18	111.9	1.61	81.80	116.19	14.12	288.96

2012 年 6 月 26 日开始,每月测量一次株高和基径,分析比较新开垦与开垦 1 a 土壤对菊芋株高、基径的影响。下面选取 9 月 25 日测量的数据和 10 月 12 日测量的块茎产量数据进行方差分析。

表 6 不同开垦年限土壤对株高的生长影响

处理 Treatment	株高/cm Plant height	基径/mm Base diameter	块茎产量/kg·hm ⁻² Tuber yield
新开垦土壤 Virgin soil	198.30 a	17.29 a	36668.55
开垦 1 a 土壤 Plowing for one year soil	237.37 b	16.95 a	30834.90

从表 6 中可以看出两个处理之间在株高有显著性差异,而在基径之间没有差异,块茎产量都达到了 30 000 kg·hm⁻² 以上,新开垦土壤的块茎产量要大一些。

3.6 不同开垦年限对栽培菊芋月增长的影响

从图 5 中可以看出,7 月下旬以后,菊芋进入快速增长期。

从图 6 中可以看出栽培菊芋基径 9 月份以前是快速增长期,9 月份以后基本不再增长。

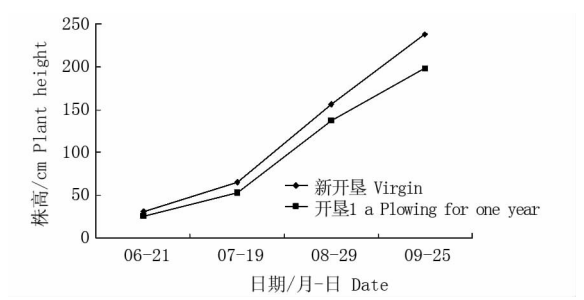


图 5 不同开垦年限栽培菊芋株高的平均月增长曲线比较
Fig. 5 Comparison on average height growth curve of cultivated *Helianthus tuberosus* in lands with different plowing years

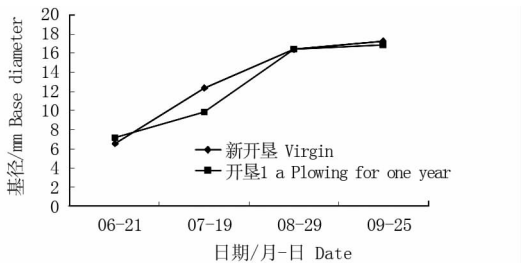


图 6 不同开垦年限栽培菊芋株高的平均月增长曲线
Fig. 6 Comparison on average base diameter growth curve of cultivated *Helianthus tuberosus* in lands with different plowing years

4 结论与讨论

4.1 盐碱胁迫对菊芋生长的影响

栽培菊芋和野生菊芋均能在中度盐碱土壤上生长和繁殖,重度盐碱明显影响野生菊芋和栽培菊芋的出苗率,对野生菊芋的生长影响差异不显著,对栽培菊芋的生长影响差异显著,说明野生菊芋比栽培菊芋对重度盐碱胁迫具有更好的抗性。

4.2 割草对菊芋生长的影响

割草对野生菊芋株高的影响不显著,而对基径、叶片长和宽、冠幅的生长具有显著促进作用;割草对栽培菊芋冠幅的生长具有显著促进作用,

而对株高、基径、叶片长和宽的影响差异均不显著。

4.3 施肥对菊芋生长的影响

施肥对野生菊芋株高的影响不显著,而对基径、叶片长和宽及冠幅的生长具有显著促进作用;施肥对栽培菊芋生长的影响除叶片外均不显著。

4.4 土壤开垦年限对栽培菊芋生长和产量的影响

新开垦的土壤对栽培菊芋株高有显著促进作用,而对基径没有显著差异,同时新开垦土壤的块茎产量要大一些。

通过分析可得出,栽培菊芋和野生菊芋均适合在中度盐碱土壤上栽培与发展,产量可达以到 $30\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上,野生菊芋比栽培菊芋对重度盐碱胁迫具有更好的抗性。菊芋是适合在松嫩盐碱地上发展的优良能源植物。

参考文献:

- [1] 阎秀峰,李一蒙,王洋. 改良松嫩盐碱草地的优良植物—菊芋[J]. 黑龙江大学自然科学学报,2008,25(6):812-816.
- [2] Guiraud J P, Deville-Duc T, Galzy P. Selection of yeast strains for ethanol production from inulin[J]. Folia Microbiol(Praha),1981,26:147-150.
- [3] Margaritis A, Bajpai P. Ethanol production from Jerusalem artichoke tubers(*Helianthus tuberosus*) using *Kluyveromyces marxianus* and *Saccharomyces rosei*[J]. Biotechnol Bio-

eng,1982,24:941-953.

- [4] Margaritis A, Bajpai P. Effect of sugar concentration in Jerusalem artichoke extract on *Kluyveromyces marxianus* growth and ethanol production[J]. Appl Environ Microbiol, 1983,45:723-725.
- [5] Bajpai P, Margaritis A. The effect of temperature and pH on ethanol production by free and immobilized cells of *Kluyveromyces marxianus* grown on Jerusalem artichoke extract[J]. Biotechnol and Bioeng,1987,30:306-313.
- [6] Drent W J, Lahpor G A, Wiegant W M, et al. Fermentation of inulin by *Clostridium thermosuccinogenes* sp. nov., a thermophilic an aerobic bacterium isolated from various habitats[J]. Appl Environ Microbiol. 1991,57:455-462.
- [7] Sehor—Galindo S, Ghommidh C, Guiraud J P. Influence of yeast flocculation on the rate of Jerusalem artichoke extract fermentation[J]. Curr Microbiol,2000,41:89-95.
- [8] Szambelan K, Nowak J, Czarnecki Z. Use of *Zymomonas mobilis* and *Saccharomyces cerevisiae* mixed with *Kluyveromyces fragilis* for improved ethanol and production from Jerusalem artichoke tubers[J]. Biotechnol Lett, 2004,26:845-848.
- [9] Negro M J, Ballesteros I, Manzanares P, et al. Inulin—containing biomass for ethanol production; carbohydrate extraction and ethanol fermentation[J]. Appl Biochem Biotechnol,2006,129-132:922-932.
- [10] Curt M D, Aguado P, Sanz M, et al. Clone precocity and the use of *Helianthus tuberosus* L. stems for bioethanol [J]. Ind Crops Prod,2006,24:314-320.

Cultivation Experiments of Energy Plant *Helianthus tuberosus* in Saline-Alkali Area of Songnen Plain

SHEN Guang, XU Hai-jun, ZHOU Lin, YU Zhi-min, LYU Pin

(Natural Resources and Ecology Institute of Heilongjiang Academy of Sciences/National and Provincial Joint Engineering Laboratory of Wetlands and Ecological Conservation, Harbin, Heilongjiang 150040)

Abstract: To explore the development prospect of energy plant *Helianthus tuberosus* in saline-alkali area, two test materials—cultivated and wild *Helianthus tuberosus* were cultivated in Songnen Plain for experiments and study, which include treatments of fertilization, mowing, heavy saline-alkali stress and soils with different plowing years. The results showed that the two species both could grow and propagate normally in moderate saline-alkali land. Fertilization and mowing were beneficial for growing of *Helianthus tuberosus*. Heavy saline-alkali stress would decrease emergency rate of *Helianthus tuberosus* seedling. The wild species showed better resistance under heavy saline-alkali stress. The yield of cultivated species could reach more than $30\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ in moderate saline-alkali land. In conclusion, *Helianthus tuberosus* was an excellent energy plant fitting for cultivating in Songnen Plain.

Key words: *Helianthus tuberosus*; Songnen Plain; saline-alkali land; energy plant