

# 不同水分状态下漂筏苔草无性株地上茎粗和节长的变化\*

栾金花<sup>1,2,3</sup>, 邹元春<sup>1,3</sup>, 吕宪国<sup>1</sup>, 隋广松<sup>4</sup>, 张玉微<sup>4</sup>

(1 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012;

2 吉林农业大学 农学院, 吉林 长春 130118; 3 中国科学院研究生院, 北京 100039;

4 吉林农业大学 科技师范学院, 吉林 长春 130118)

[摘要] 采用自然湿地人工模拟的方法,研究了不同水分状态下三江平原沼泽湿地漂筏苔草(*Carex pseudocuraica*)无性株地上茎粗和节间长度的变化。结果表明,漂筏苔草地上茎的茎粗随着土壤含水量和淹水深度的增加而增大,在5~9月份,不同水分状态下漂筏苔草茎粗的增幅为干旱状态( $S_1$ 和 $S_2$ )<浅水状态( $S_3$ ,  $S_4$ 和 $S_5$ )<深水状态( $S_6$ );同株漂筏苔草地上茎粗变化为茎基部1~3节变化较大,中部较稳定一致,靠近生长点的1~3节又变细;一般茎基部1~2个节间( $S_6$ 除外)和靠近顶端生长点1~2个节间较短,多数水分状态下从第3节以后的中部茎节间较长,且随着土壤含水量的增加和水位的加深而加长,其规律为 $S_1 < S_4 < S_5 < S_6$ ( $S_6$ 倒1节除外)。

[关键词] 三江平原;漂筏苔草;水分状态;地上茎;茎粗;节长

[中图分类号] Q 945.32

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)08-0105-04

三江平原湿地是我国面积最大的沼泽湿地,漂筏苔草(*Carex pseudocuraica*)是三江平原湿地典型植物群落的优势种或主要伴生种。湿地植物对湿地生态系统稳定具有重要的支撑作用,其中优势植物的特性决定了湿地的类型、功能和性质<sup>[1]</sup>,深入研究其生物生态学特性,对三江平原的湿地研究具有重要意义。已有的研究多集中于毛果苔草(*Carex lasiocarpa*)、小叶章(*Calamagrostis angustifolia*)等的生态过程和植物多样性<sup>[2-5]</sup>,及在水位控制下水翁(*Cleistocalyx operculatus*)、乌拉苔草(*Carex meyeriana*)等植株的生长特征等方面<sup>[6-12]</sup>,对漂筏苔草生物生态学方面的研究目前尚未见报道。本试验对漂筏苔草无性株地上茎粗和节长在不同水分状态下的生态响应特性进行了研究,以期对三江平原湿地植物及多样性研究提供基础数据和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

人工模拟试验区设在位于黑龙江省建三江市洪河农场(东经133°30'11.4",北纬47°35'30.8")的中国科学院三江平原沼泽湿地生态试验站内。该地属于

大陆性季风气候,冬季严寒漫长(达6个月以上),夏季温暖湿润,秋季多雨,年平均气温1.9℃,最冷月平均气温-23.4℃,最热月平均气温22.14℃,10℃的年有效积温为2300℃,年降雨量600mm,主要集中在6~9月份。本试验区的主要土壤类型为沼泽土,主要植被类型为小叶章、毛果苔草和漂筏苔草,其均为三江平原具有代表性的植物<sup>[13]</sup>。

### 1.2 供试植物与土壤

供试植物漂筏苔草为莎草科多年生根茎型草本沼泽湿地植物<sup>[14]</sup>。本试验以自然湿地典型漂筏苔草种群为研究对象,取样时选取环境因子(土壤和水分条件等)和生物因子(植物群落组成、结构、密度、盖度、高度和生物量等)均一致的漂筏苔草自然种群为供试材料,在不破坏土层结构的情况下连同植物地上部栽入模拟桶中,以保证每个模拟桶中供试植物能一起取出,尽量保持其原始结构状态、移物样品及土壤等环境的一致性。于2004年取样移栽成活后进行预试验,2005年生长季继续按试验设计严格控制每个模拟桶的水分状态进行模拟试验。桶内漂筏苔草无性株密度为800株/m<sup>2</sup>,株数为133株/桶。

\* [收稿日期] 2006-03-30

[基金项目] 中国科学院知识创新工程项目(KZCX3-SW-NA-01)

[作者简介] 栾金花(1964-),女,吉林长春人,副教授,在读博士,主要从事湿地生态与环境及植物生理生态研究。

[通讯作者] 吕宪国(1957-),男,吉林长春人,研究员,博士生导师,主要从事湿地生态研究。

供试土壤类型为沼泽土,模拟桶内土层厚度为35 cm,生长季内土壤容重为 $0.08 \sim 1.0 \text{ g/cm}^3$ ,pH值为 $6.23 \sim 6.52$ ,全N含量为 $4.4312 \sim 9.6798 \text{ g/kg}$ ,全P含量为 $0.7675 \sim 1.1206 \text{ g/kg}$ ,全K含量为 $11.163 \sim 15.852 \text{ g/kg}$ ,土壤有机质含量为 $9.8 \sim 24.3 \text{ mg/kg}$ 。

### 1.3 试验设计

本次试验选择漂筏苔草种群为研究对象,在试验区内选择地势较平坦、淹水深浅一致的漂筏苔草自然群落样地作为人工模拟棚址,其上设置塑料大棚,晴天开棚,雨天遮盖,以防止自然降雨进入。

模拟桶水分处理包括持续干旱和持续淹水2种。持续干旱处理 $S_1$ 和 $S_2$ 的土壤含水量分别为200和 $500 \text{ g/kg}$ ,土壤含水量用中科院南京土壤研究所生产的负压计24 h监控,及时喷补水分,可保持各模拟桶恒定的土壤含水量。持续淹水处理 $S_3$ 、 $S_4$ 、 $S_5$ 和 $S_6$ 的淹水深度分别为0、10、30和50 cm,水位采用在模拟桶侧面相应水位处打孔来控制,每天补水,水位超过时,多余水会顺水孔自动流出桶外,以保持各模拟桶恒定的水位,补充的水来自于模拟样地的自然地表水。 $S_1 \sim S_6$ 6个水分处理均设3个重复,以随机区组方法摆于棚内。6个处理的模拟桶高分别为45、45、45、50、70和90 cm,直径45 cm。桶身基部卧于地表下25~30 cm处。

### 1.4 观测项目

2005年4月下旬~10月初,对漂筏苔草无性株地上茎的生长进行观测。生长季初(5月初),在每个模拟桶内选取有代表性的漂筏苔草无性株30株,分别挂上统一编号的标牌以便定时、定株观测。分别于05-11、05-29、06-10、06-28、07-24、08-21和09-10测量无性株地上茎的节间长度(用米尺)和茎粗(用游标卡尺),同时记录茎节数等形态指标。

## 2 结果与分析

### 2.1 漂筏苔草地上茎粗的变化

2.1.1 不同水分状态下茎粗的变化 图1表明,水分状态对茎粗的影响较大,在生长季内,随着土壤含水量的增加和水位的加深,漂筏苔草地上茎粗呈增加趋势。干旱状态下( $S_1$ 和 $S_2$ )的漂筏苔草茎粗明显低于淹水状态下;浅水状态下( $S_3$ 、 $S_4$ 和 $S_5$ )的漂筏苔草茎粗低于深水( $S_6$ )状态下。其中, $S_1$ 与 $S_2$ 状态下的漂筏苔草茎粗接近; $S_3$ 与 $S_4$ 、 $S_5$ 状态下的漂筏苔草茎粗接近,变化幅度很小;而 $S_6$ 状态下的漂筏苔草茎粗明显高于其他淹水状态下。

由图1还可知,不同生长时期漂筏苔草地上茎粗的增加幅度不同。地上茎最粗节的茎粗(一般为倒4节或5节)在漂筏苔草生长期(5~9月),随着生育期的推进茎粗不断增加。不同水分状态下( $S_1 \sim S_6$ ),茎粗的增加幅度不同,在5~9月,水分状态 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_4$ 、 $S_5$ 和 $S_6$ 的茎粗增加幅度分别为 $0.010$ 、 $0.017$ 、 $0.030$ 、 $0.034$ 、 $0.038$ 和 $0.064 \text{ cm}$ ,即 $S_1 < S_2 < S_3 < S_4 < S_5 < S_6$ 。显然, $S_1$ 状态下茎粗的增加幅度最小,且 $S_1$ 与 $S_2$ 的茎粗增幅接近;其次是 $S_3$ 、 $S_4$ 和 $S_5$ ,其茎粗增幅也较接近; $S_6$ 状态下茎粗的增加幅度最大( $0.064 \text{ cm}$ )。即茎粗变化幅度可分为差异较明显的3组:干旱状态( $S_1$ 、 $S_2$ )<浅水状态( $S_3$ 、 $S_4$ 和 $S_5$ )<深水状态( $S_6$ )。

在漂筏苔草的生长期内,地上茎粗的增加过程并非贯穿于生长季的始终。不同水分状态下茎粗停止增长的时期不同: $S_1$ 和 $S_2$ 状态下,漂筏苔草地上茎的茎粗在06-28以前较缓慢增加,06-28后不再增加(其中 $S_1$ 状态下的植株在8月末死亡,所以9月茎粗无值);在 $S_3$ 、 $S_4$ 和 $S_5$ 状态下,植株地上茎粗在07-24以前增加明显,在07-24以后茎粗不再增加; $S_6$ 状态下,植株地上茎粗在08-21之前增加较迅速,08-21之后茎粗不再增加。

2.1.2 不同节位茎粗的变化 07-24对漂筏苔草不同节位茎粗的测量结果见图2。由图2可知,不同水分状态下,漂筏苔草地上茎各节间茎粗具有相同的变化规律,即随着水分的增加和水位的加深,漂筏苔草同一节间茎粗均呈增加趋势( $S_6 > S_5 > S_4 > S_3 > S_2 > S_1$ ),只是增加幅度差异较大。干旱状态下( $S_1$ 和 $S_2$ )的茎粗均较小且接近;浅水状态下( $S_3$ 、 $S_4$ 和 $S_5$ )的茎粗均较大且差别很小;深水状态下( $S_6$ )的茎粗最大,明显大于其他水分状态,其中 $S_1$ 与 $S_6$ 在第7节位茎粗的差值最大(达 $0.099 \text{ cm}$ )。茎尖1~3节(图2中的10~8节)的茎粗明显小于地上茎基部和中部的茎粗。此外,不同水分状态下的漂筏苔草地上茎节数也不同, $S_1$ 和 $S_2$ 状态下为7个节, $S_3$ 和 $S_4$ 状态下为9个节, $S_5$ 和 $S_6$ 状态下均已经形成10个节,说明水分状态对植株地上茎节数的影响也较大。

由图2还可知,在不同水分状态下,漂筏苔草无性株地上茎从基部至生长点各节茎粗的变化规律有一定的差异:在 $S_5$ 和 $S_6$ 状态下,基部第1~3节茎粗逐渐增大,中部(第4~7节)茎粗最大且稳定一致,靠近生长点的1~2节(即第9~10节)茎粗又逐渐减小;在 $S_2$ 和 $S_4$ 状态下,基部和中部茎粗相等,一直保持平稳,直到靠近生长点的1~3节( $S_2$ 状态下指第5

~ 7 节;  $S_4$  状态下指 8~ 9 节) 又逐渐变小; 在  $S_1$  和  $S_3$  状态下, 基部第 1~ 3 节的茎粗逐渐变小, 中部第 3~ 5 节稳定在较小的值上(但  $S_1$  状态下第 4 节的茎粗小于第 3 节和第 5 节), 靠近生长点的 1~ 2 节(即第 6~ 7 节)最小(第 6 节 > 第 7 节)。从总体趋势来看, 不同水分状态下, 茎秆中部茎粗均稳定不变, 靠近生长点的 1~ 3 节均逐渐变小, 这是其共同规律, 差别较大的是茎秆基部的 1~ 3 节。因此, 不同水分状态下

各节位茎粗变化的共同规律为: 从茎秆基部第 3 节开始, 中间部位各节的茎粗基本稳定在某一值上( $S_1$  除外); 近茎顶端生长点的 1~ 3 节的茎粗逐渐下降, 其中倒数第 1 节茎粗最小, 其次是倒数第 2 节, 再次是倒数第 3 节。此外, 地上茎中间部位相邻各节间茎粗偶尔也有减细( $S_1$  状态下的第 4 节茎粗较第 3 节减小)的现象, 原因可能与节间形成时的环境条件有关, 相关原因和机理还有待于进一步研究。

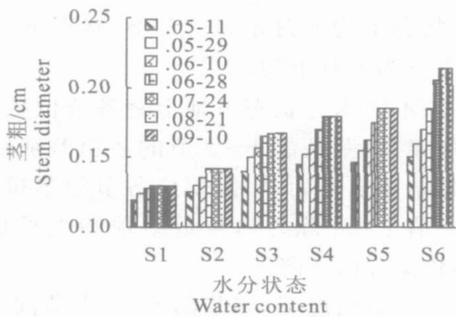


图1 不同水分状态下茎粗的季节动态  
Fig 1 Seasonal variation of stem diameter under different water content

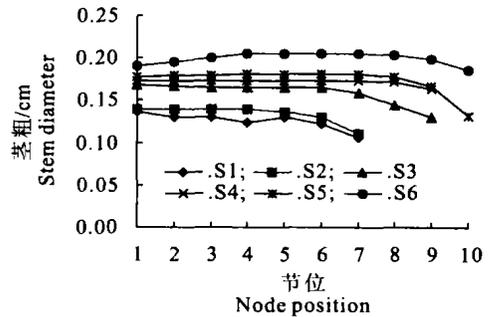


图2 不同水分状态下各节位茎粗的比较  
Fig 2 Comparison of stem diameter under different water content

2.2 漂筏苔草地上茎节长的变化

本研究对漂筏苔草在全生长季内的生长情况进行观测发现, 不同水分状态下漂筏苔草无性株地上茎在一个生长季内能形成 34 个以上的节, 常见为 6~ 13 个节; 节间长度 0.5~ 11 cm, 多数为 4~ 7 cm, 节数、节间长度因水环境影响而差别较大。

07-24 对漂筏苔草地上茎节长的测定结果见图 3。由图 3 可知, 不同水分状态下, 漂筏苔草无性株地上茎各节间长度不同, 相同水分状态不同节间的长度也不同。多数情况下, 地上茎基部 1~ 2 个节间和靠近顶端生长点 1~ 2 个节间的长度较小, 从第 3 节开始的中部各节间长度均较大, 在干旱( $S_1$  和  $S_2$ ) 或浅水( $S_3, S_4$  和  $S_5$ ) 环境下, 这种特点表现明显, 但在淹水较深的状态( $S_6$ ) 下, 则不符合此规律。其原因有待于进一步研究。

各水分状态下, 漂筏苔草无性株地上茎基部第 1 节间长度的变化特点为  $S_1 = S_2 < S_3 < S_5 < S_4 = S_6$ ; 基部第 2 节间长度的变化特点为  $S_1 < S_2 < S_3 < S_5 < S_4 < S_6$ ; 基部第 3 节间长度的变化特点为  $S_2 < S_1 < S_4 < S_3 < S_5 < S_6$ ; 第 4 节的节间长度变化特点为  $S_1 < S_2 < S_4 < S_5 < S_3 < S_6$ ; 第 5 节的节间长度变化特点为  $S_1 < S_4 < S_5 < S_2 = S_3 < S_6$ ; 第 6~ 9 节的节间长度均符合  $S_1 < S_2 < S_3 < S_4 < S_5 < S_6$  的变化规律; 第 10 节的节间

长度为  $S_6 < S_5$ 。

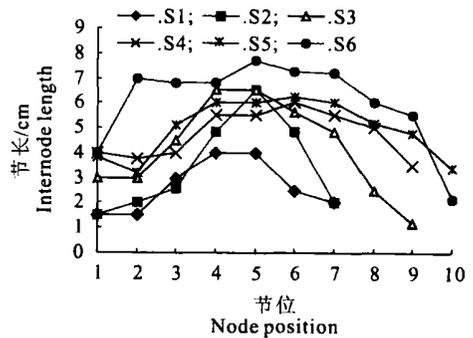


图3 不同水分状态下各节位节间长度的比较  
Fig 3 Comparison of internode length of different node deposition under different water content

多数情况下, 随着含水量的增加和水位的加深, 漂筏苔草无性株地上茎(第 3~ 9 节)节间长度呈不断增加的趋势, 基本符合  $S_1 < S_2 < S_3 < S_4 < S_5 < S_6$  的规律。但是在  $S_2$  和  $S_3$  状态下, 不是所有茎节长度都符合这一规律, 其中在第 5 节处,  $S_2$  状态下的节间长度大于  $S_4$  和  $S_5$ , 与  $S_3$  相同; 在第 3 节处,  $S_2$  状态下的节间长度小于  $S_1$ ; 在第 4 节和第 5 节处,  $S_3$  状态下的节间长度大于  $S_4$  和  $S_5$ 。

由图 3 还可知, 除  $S_6$  状态以外, 漂筏苔草地上茎

节间长度的曲线变化趋势基本相同,即基部第1,2节的节间长度较小,从第3节以后逐渐增大或波动性增大,达最高点之后再逐渐下降,近生长点的1节或2节又减小。 $S_1$ 和 $S_3$ 状态下漂筏苔草的节长变化趋势均呈倒U字型,即先平走(第1节长=第2节长),然后上升,达最大值(平稳在第4节,第5节)后,又逐渐下降; $S_4$ 和 $S_5$ 状态下漂筏苔草的节长变化趋势也基本相近,即先下降(第1节长>第2节长),然后逐渐上升,达最大值后,再逐渐下降(倒第1节长<倒第2节长); $S_2$ 状态下漂筏苔草的节长变化趋势呈倒V字型,即从第1节开始节长逐渐升高,达最大值(第5节)后又逐渐下降; $S_6$ 状态下漂筏苔草的节长为一波动曲线,即先升高,后平稳,再升高之后又逐渐下降。可见,不同水分状态下,在节间长度变化曲线中,地上茎基部1,2节长的变化较大;从第3节以后节长曲线走势基本一致,即先逐渐增大,至高点后持续一段较平稳状态,然后逐渐降低;近顶端生长点的节间长度变化规律为:倒3节>倒2节>倒1节。

### 3 结论与讨论

本试验结果表明,三江平原漂筏苔草无性株对水分因子的生态适应性较强,从干旱状态(200和500 g/kg)、浅水状态到深水状态(淹水深度50 cm)

均可生长,只是其生长状况和形态会因水环境的不同而不同,50 cm 淹水条件最有利于漂筏苔草的茎粗和节长生长。

(1)在生长季内各时期,随着土壤含水量的增加和水位的加深,漂筏苔草地上茎粗呈增加趋势。不同生长时期茎粗的增加幅度不同;不同水分状态下茎粗的增加幅度也不同,可分为差异较大的3组:干旱状态( $S_1, S_2$ )<浅水状态( $S_3, S_4$ 和 $S_5$ )<深水状态( $S_6$ )。

(2)不同水分状态下茎粗停止生长的时间不同: $S_1, S_2$ 状态下为6月末; $S_3, S_4, S_5$ 状态下为7月末; $S_6$ 状态下为8月下旬。

(3)不同水分状态下地上茎各节位茎粗变化的共同规律为:茎基部1~3节的茎粗差别较大;从茎秆基部第3节开始,中间部位各节的茎粗基本稳定在某一值上( $S_1$ 除外);至近茎顶端生长点的1~3节,茎粗又开始下降。

(4)多数情况下,茎基部1~2个节间(除 $S_6$ 外)和靠近顶端生长点1~2个节间较短,从第3节后中部茎秆的节间长度均较长,且随着土壤含水量的增加和水位的加深而加长,其规律为: $S_1 < S_4 < S_5 < S_6$ ( $S_6$ 倒1节除外),但 $S_2$ 和 $S_3$ 状态下的第3,4,5节不符合此规律。

### [参考文献]

- [1] 刘振乾, 王建武. 基于水生态因子的沼泽安全阈值研究——以三江平原沼泽为例[J]. 应用生态学报, 2002, 13(12): 1610-1614
- [2] 何池全, 赵魁义. 毛果苔草种群地上生物量与株长或鞘高分形特征[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4): 640-642
- [3] 王海洋, 陈家宽. 水位梯度对湿地植物生长、繁殖和生物量分配的影响[J]. 植物生态学报, 1999, 23(3): 269-274
- [4] 汲玉河, 吕宪国. 三江平原湿地毛果苔草群落的演替特征[J]. 湿地科学, 2004(2): 139-144
- [5] 陈兆平, 杨丹菁. 香根草对淹水的反应和适应初探[J]. 华南师范大学学报: 自然科学版, 2001(4): 40-43
- [6] 靖元孝, 程惠青. 水翁(*Cleistocalyx operculatus*)幼苗对淹水的反应初探[J]. 生态学报, 2001(5): 810-813
- [7] 金研铭, 徐惠风. 不同水分处理下乌拉苔草生长性状和某些生理指标的研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005(4): 272-275
- [8] Reddy A P, Chaitanyaa K V, Vivekanandan M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants[J]. Journal of Plant Physiology, 2004, 161: 1189-1202
- [9] Casanova M T, Brock M A. How to depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities[J]. Plant Ecology, 2000, 147: 237-250
- [10] Li S, Pezeshki R, Goodwin S. Effects of soil moisture regimes on photosynthesis and growth in cattail (*Typha latifolia*) [J]. Acta Oecologica, 2004, 25: 17-22
- [11] Kennedy M P, Judith M M, Kevin J M. Experimental growth responses to groundwater level variation and competition in five British wetland plant species[J]. Wetlands Ecology and Management, 2003, 11: 383-396
- [12] Vretare V, Weisner S E, Strand J A. Phenotypic plasticity in *Phragmites australis* as a functional response to water depth[J]. Aquatic Botany, 2001, 69: 127-145
- [13] 何池全. 湿地植物生态过程理论及其应用——三江平原典型湿地研究[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003: 232
- [14] 傅沛云. 东北植物检索表[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 1995

(下转第115页)

molecular connectivity index  ${}^mZ^h$  ( $m = 0, 1$ ) is constructed. Studies on the quantitative structure-property relationships (QSPR) or the quantitative structure-activity relationships (QSAR) are performed with  ${}^mZ^h$  ( $m = 0, 1$ ), and relations between  ${}^mZ^h$  and 8 kinds of physical-chemical properties of chlorobenzenes, n-octanol/water partition coefficient and water solubility of halogeno-benzene compounds, the acute toxicities of substituted aromatic compounds to aquatic organisms and biodegradability of substituted benzoic acids are researched. The results show that  ${}^mZ^h$  ( $m = 0, 1$ ) has good correlativity for substituted aromatics. Use of the  ${}^mZ^h$  ( $m = 0, 1$ ) and  $MW$  (relative molecular weight) can predict physical-chemical properties and activities (biodegradability) of substituted aromatics.

**Key words:** molecular connectivity index; substituted aromatic; correlativity; QSPR; QSAR

(上接第108页)

**Abstract ID:** 1671-9387(2006)08-0105-EA

## Variation law of stem diameter and internode length aboveground of *Carex pseudocuraica* ramets under different water content

LUAN Jin-hua<sup>1,2,3</sup>, ZOU Yuan-chun<sup>1,3</sup>, LU Xian-Guo<sup>1</sup>, SUI Guang-song<sup>4</sup>, ZHANG Yu-wei<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130012, China;

<sup>2</sup> College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China;

<sup>3</sup> Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

<sup>4</sup> Normal college of Science & Technology, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China)

**Abstract:** The variation of stem diameter and internode length of *Carex pseudocuraica* ramets in Sanjiang Plain under different water condition (Drought:  $S_1$  &  $S_2$ ; Shallow Water:  $S_3, S_4$  &  $S_5$ ; Deep Water:  $S_6$ ) were studied with the method of artificial simulation in natural wetland. The results showed that the increment amplitude of stem diameter behaved as  $S_1$  &  $S_2 < S_3, S_4$  &  $S_5 < S_6$ . Of the same ramet, the stem diameter varied in the stem base, kept uniform in the central section, and became thin in the 1st-3rd node near the growing point. The internode length of central section after the 3rd node from the base, which increased with soil water content and water depth ( $S_1 < S_4 < S_5 < S_6$ , except the last node of  $S_6$ ), was longer than 1st-2nd internodes of both stem base (except  $S_6$ ) and top.

**Key words:** *Carex pseudocuraica*; stem aboveground; stem diameter; internode length; water content; Sanjiang Plain