

环境因子和播种深度对南荻种子萌发及幼苗生长的影响

向明龙, 易自力, 郑铖, 项伟, 肖亮*

(湖南农业大学生物科学技术学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: 采用室内发芽试验, 设置温度、光照、土壤含水量、激素浸泡和播种深度等处理, 通过分析发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、胚芽长和胚根长等指标, 研究环境因子和播种深度对南荻种子萌发及幼苗生长的影响。结果表明: 南荻种子在 10 °C 下不萌发, 在 35 °C 时的发芽率最大, 达 92.00%; 对发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数进行综合比较后, 认为南荻种子萌发的最适温度为 30 ~ 35 °C, 属于喜高温型种子; 南荻种子对光照敏感, 光照 24 h 条件下南荻种子的萌发率最高, 达 95.33%, 且幼苗生长良好; 5% 土壤含水量即能维持种子发芽所需的水分, 表明南荻种子具有一定的耐干旱能力, 15% 的土壤含水量更适合南荻种子萌发; 50 mg/L 6-BA 浸种可显著提高南荻的发芽率, 当 6-BA 质量浓度提高到 200 mg/L 时, 南荻种子发芽和幼苗生长的综合表现较好; 南荻种子适合表层浅播, 完全不覆土时的发芽率可达 98%。合理调控环境因子可提高南荻种子的繁殖效率。

关键词: 南荻; 发芽; 温度; 光照; 土壤含水量; 激素; 播种深度

中图分类号: Q949.9

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2018)01-0045-06

Effect of environmental factors and sowing depth on seed germination and seedling growth of *Miscanthus lutarioriparius*

XIANG Minglong, YI Zili, ZHENG Cheng, XIANG Wei, XIAO Liang*

(College of Bioscience and Biotechnology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

Abstract: Effects of environmental factors and sowing depth on the germination and seedling growth of *Miscanthus lutarioriparius*, an endemic species in central China and a promising potential energy crop, were researched based on set up different treatments including temperatures, illuminations, soil moistures, growth hormones and sowing depths by means of adopting germination rate, germination potential, germination index, vigor index, length of plumule and radicle as indicators. The result indicated that the *M. lutarioriparius* seed belongs to high temperature type, and the optimal temperature for its germination was range from 30 °C to 35 °C. With temperature increasing, the growth of plumule tended to rising at first, and then dropping, while the growth of radicle was always rising. Illumination time had significant effect on germination and seedling growth, 24 h of illumination was the most appropriate for seed germination and seedling growth. The optimal soil moisture for seed germination was 15%, while, the growth of plumule was insignificantly influenced by soil water content. The seed germination rate and germination potential was in their greatest in soaking 200 mg/L 6-BA solution. With sowing depth increasing, the germination rate, germination potential, germination index and vigor index were significantly decreased. The seedling height and root length were significantly restrained by soil cover depth, swallow seedling was beneficial to seed germination and seedling growth. Briefly, environmental factors have significant effects on seed germination and seedling growth, soil fertility should also be enhanced through implementing corresponding management strategies.

Keywords: *Miscanthus lutarioriparius*; seed germination; temperature; illumination time; soil water; hormone; sowing depth

南荻(*Miscanthus lutarioriparius*)为禾本科芒属多年生草本植物,主要分布在中国长江中下游地区,是中国特有种^[1]。近年来,随化石燃料的日益消耗和生态环境危机的凸显,纤维素类生物质以其储量大、可再生、易运输、易储藏、环境友好而成为了可再生能源的研究热点^[2]。南荻生物量大,纤维素含量高,灰分含量低,抗逆性强,生产管理成本低,已成为国内外高度关注的能源作物新秀^[3-5]。

种苗繁殖是制约南荻作为能源植物推广与应用的关键问题。目前,生产上多采用无性繁殖方法繁殖南荻种苗,较常用的途径是取其地下茎或地上茎等部位进行培埋、扦插和压条繁殖,也有的取其幼穗进行快繁^[4],也可采用细胞工程方法进行繁殖,如易自力等^[3]成功利用南荻幼穗培养出组培苗,郭夏宇等^[6]研究了南荻幼穗的快繁殖技术,并探寻了后期不同基质对幼苗的影响。以上繁殖方法均存在缺陷。

通过组织培养获得种苗受到操作技术、设备等的限制,也存在繁殖周期较长等问题。薛帅等^[7]通过比较几种不同繁殖方式对芒属植物奇岗种植成本的影响,得出了种子繁殖成本最低的结论,因此,就南荻而言,种子繁殖是生产成本最低廉、最有望实现产业化的繁殖途径。笔者筛选了4种与南荻种子发芽及幼苗生长密切相关的外界因子,并设置不同的播种深度,通过评价与种子发芽及幼苗生长相关的指标来优化南荻种子的发芽条件,以期在南荻种苗繁殖技术的建立和优化提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

南荻种子于2014年12月采集于湖南省洞庭湖地区(E112°19.910', N28°59.287', 海拔高度45 m),属自然群体的种子。

1.2 方法

将供试种子于实验室自然风干后脱粒,选取籽粒饱满的种子,备用。将南荻种子去颖,并筛选出籽粒饱满、成熟度和大小一致的种子若干。温度、光照时间和激素处理等3项试验以滤纸为支撑材

料,在直径50 mm培养皿中进行。土壤含水量和播种深度试验在颗粒直径0.05~0.80 mm的细沙中进行。细沙用蒸馏水洗净,于160℃高温灭菌2 h。每个处理设置3次重复。每个重复精选50粒籽粒饱满的种子。萌发过程中每天统计萌发数。统计胚芽长、胚根长、幼苗高和根长,并计算萌发率、出苗率、萌发指数、发芽势、出苗指数和活力指数。以上所有种子发芽试验均在人工气候箱(PYX-300G-B)中进行。

据观察,南荻种子于播种后的第2天开始萌发,第7天达萌发高峰,第12天完全萌发,所以,确定南荻种子的初次记录时间为第2天,末次记录日期为第12天。

1.2.1 温度设置

设置10、15、20、25、30、35℃等6个温度梯度,每天向培养皿内补充水分,以保持滤纸湿润。进行12 h/12 h明暗处理,光照度为8 000 lx。

1.2.2 光照处理

设置0 h/24 h、6 h/18 h、12 h/12 h、18 h/6 h、24 h/0 h等5个明/暗光照处理,处理温度为25℃,其他处理与温度处理一致。

1.2.3 湿度处理

采集河沙过筛,灭菌,加入蒸馏水,分别配制成含水量5%、10%、15%、20%、25%的湿沙,将南荻种子放于直径约50 mm的培养皿底部。每个培养皿放置50粒种子,用所配制的不同含水量沙子覆盖(约5 mm)。将培养皿置于透明支架上,以保证培养皿底部的种子暴露在光下。试验温度为25℃,每天称量培养皿,并补充因蒸发而丧失的水分,使其能够保持恒重。

1.2.4 激素处理

随机选取成熟饱满、大小均匀南荻种子,去外颖,用0.1%氯化汞溶液消毒10 min,用无菌水清洗3~5遍,用6-BA(设0、50、100、200、400 mg/L等5个浓度梯度)浸泡24 h,然后用无菌水冲洗干净,置于铺有2层无菌滤纸的培养皿中。每个培养皿放置种子50粒,于25℃培养箱中发芽。

1.2.5 播种深度

在塑料营养钵内装入过筛消毒的细沙,用灭菌后的蒸馏水使其保持湿润。将南荻种子分别以 0、3、5、10、15、20 mm 等 5 个沙层深度进行点播,并使各培养皿内的细沙含水量始终保持一致。用塑料薄膜将营养钵封口,以防止水分蒸发。萌发试验于温度 25 ℃、光照度 8 000 lx 的人工气候箱中进行。

1.3 数据分析

种子发芽以胚根生长至种子长度的 1/2 为标准,逐日统计种子发芽数,计算发芽率、发芽指数和活力指数。参考陆嘉惠等^[8]的方法测定温度、光照度、湿度和播种深度处理的指标。发芽率= n/N ;发芽势=发芽达到高峰期的种子发芽数/供试种子数;发芽指数(GI)= $\sum Gt / Dt$;活力指数(VI)= $GI \times S$ 。其中: n 为种子发芽的数量; N 为供试种子数量; Gt 为时间 t 的发芽数; Dt 为相应的发芽时间; S 为胚根的平均长度。胚芽、胚根生长量测定:待试验结束后,于每个重复随机抽取 3 株幼苗,用游标卡尺测量胚芽和胚根的长度,精确到 0.01 mm。

播种深度参考黄亚萍等^[9]的方法进行测量:出苗率= m/M ;出苗指数(EI)= $\sum Et / Dt$;出苗活力指数(VI)= $EI \times H$ 。其中: m 为种子出苗的数量; M 为供试种子数量; Et 为在时间 t 的出苗数; Dt 为相应的出苗时间; H 为幼苗高。幼苗高和幼根长的测量

方法与胚芽和胚根测量方法相同。

用 Excel 2007 进行数据处理;用单因子方差分析法分析各处理不同测量指标间的差异;用 Duncan 法进行多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 温度对南荻种子发芽及幼苗生长的影响

由表 1 可知,随着温度的增加,南荻种子的发芽率呈增加趋势,35 ℃处理的发芽率最高,达 92.00%,10 ℃处理的最低,仅 1.33%;30 ℃处理的发芽势最高,达 68.50;10 ℃处理的最低,仅为 1.00。发芽指数随温度的增加而增加,35 ℃处理的发芽指数最高,达 97.24;15 ℃的最低,为 0.96。活力指数随温度升高呈增加的趋势,35 ℃处理的活力指数最高,达 1 295.28,萌发温度为 15 ℃时,活力指数最低,仅 49.37。25 ℃处理的胚芽最长,为 25.96 mm;15 ℃处理的胚芽最短,仅 15.98 mm。胚根长随温度的升高而增加,35 ℃处理的胚根最长,达 13.31 mm;15 ℃处理的最短,仅 4.48 mm。

分析结果表明,10 ℃处理下,南荻种子基本不发芽,而除胚芽长度外,35 ℃处理的 5 项指标均达最大,因此,就本试验设置的温度而言,南荻种子发芽最佳的温度为 25 ~ 35 ℃。

表 1 各温度处理南荻种子的发芽指标

Table 1 Seed germination of *Miscanthus lutarioriparius* under different temperatures

温度/℃	发芽率/%	发芽势	发芽指数	活力指数	胚芽长/mm	胚根长/mm
10	(1.33±1.15)d	(1.00±0.58)d	(0.00±0.00)d	(0.00±0.00)e	(0.00±0.00)e	(0.00±0.00)d
15	(26.00±8.71)c	(18.00±3.92)c	(0.96±0.84)d	(49.37±17.23)de	(15.98±4.48)d	(4.48±2.32)c
20	(66.00±3.46)b	(30.00±8.08)b	(11.02±3.84)c	(145.05±19.71)d	(22.00±4.85)bc	(4.85±1.81)c
25	(81.33±4.62)ab	(59.50±0.96)a	(29.91±4.06)b	(481.39±15.84)c	(25.96±7.15)a	(7.15±2.33)b
30	(82.67±7.57)ab	(68.50±2.99)a	(67.33±2.22)a	(773.19±68.80)b	(25.26±8.76)ab	(8.67±3.06)b
35	(92.00±2.00)a	(66.50±2.22)a	(97.24±4.42)a	(1 295.28±58.91)a	(20.00±13.32)c	(13.31±3.07)a

同列小写字母不同示差异显著($P < 0.05$)。

2.2 光照对南荻种子发芽的影响

由表 2 可知,发芽率、活力指数随光照时间的延长而增加。当光照时间和黑暗时间比为 24 h/0 h 时,发芽率、活力指数最大值分别为 95.33%、

574.64。发芽势、发芽指数随黑暗时间的延长而增大,当光照时间和黑暗时间比为 0 h/24 h 时,发芽势、发芽指数的最大值分别为 55.33%和 66.83%。

表2 不同光照条件下南荻种子的发芽指标

Table 2 Seed germination of *Miscanthus lutarioriparius* under different illumination conditions

光照时间/黑暗时间	发芽率/%	发芽势	发芽指数	活力指数	胚芽长/mm	胚根长/mm
0 h/24 h	(86.00±2.00)b	(55.33±3.71)a	(66.83±1.87)a	(336.17±9.38)c	(28.60±5.09)a	(5.03±1.32)c
6 h/18 h	(23.33±2.31)d	(14.67±1.76)c	(23.54±1.54)e	(223.63±14.49)e	(8.78±2.06)c	(5.03±1.32)b
12 h/12 h	(92.00±2.00)ab	(19.33±2.91)b	(56.08±1.12)b	(476.68±9.51)b	(14.93±2.12)b	(9.50±2.05)ab
18 h/6 h	(40.67±7.02)c	(26.67±1.76)bc	(27.49±3.44)d	(282.01±35.28)d	(10.21±1.22)c	(10.26±2.51)ab
24 h/0 h	(95.33±1.16)a	(20.67±0.67)bc	(51.96±1.57)c	(574.64±17.40)a	(14.21±2.84)b	(11.06±2.48)a

同列小写字母不同示差异显著($P<0.05$)。

光照对种子胚发育的影响明显,具体表现为光照时间越长,胚根生长量越大。当光照时间和黑暗时间比为24 h/0 h时,胚根生长量最大,达到11.06 cm,且显著高于其他黑暗条件。当光照时间和黑暗时间比为0 h/24 h时,胚芽生长量最大,为28.60 cm,且显著高于其他光照条件,但黑暗条件下生长的胚芽未发育成完全幼叶,而光照条件下的可发育成完全幼叶。分析结果表明,光照时间和黑暗时间比为24 h/0 h为南荻种子的适宜发芽条件。

2.3 土壤含水量对种子发芽及幼苗生长的影响

由表3可见,5%土壤含水量条件下南荻种子能

正常发芽,且发芽率达93%,说明南荻种子具有一定的耐干旱能力。在不同土壤含水量情况下,南荻种子的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数都随土壤含水量的增加呈先升后降的趋势。土壤含水量15%是南荻种子的适宜发芽条件,其发芽率可达95%,且胚根生长量最大,与其他处理相比均有显著差异($P<0.05$)。土壤含水量为25%时,南荻种子不发芽,且胚芽和胚根均无法生长,说明土壤水分含量过高对南荻种子发芽有抑制作用。综合分析结果表明,15%土壤含水量条件下南荻种子发芽较好。

表3 不同土壤含水量条件下南荻种子的发芽指标

Table 3 Seed germination of *Miscanthus lutarioriparius* under different soil water contents

土壤含水量/%	发芽率/%	发芽势	发芽指数	活力指数	胚芽长/mm	胚根长/mm
5	(93.00±3.00)a	(71.33±2.40)c	(60.90±3.60)b	(748.70±43.70)c	(16.67±2.34)a	(12.30±1.91)ab
10	(93.00±3.00)a	(80.67±0.67)bc	(69.60±2.80)a	(866.30±32.00)b	(16.65±2.27)a	(12.30±2.49)ab
15	(95.00±0.03)a	(86.67±1.76)a	(70.40±2.60)a	(962.20±38.00)a	(15.96±1.15)a	(13.83±2.34)a
20	(90.00±10.00)a	(77.33±3.53)ab	(62.90±6.40)ab	(692.20±69.90)c	(17.17±2.00)a	(11.01±3.20)b
25	(0.00±0.00)b					

同列小写字母不同示差异显著($P<0.05$)。

2.4 6-BA 对南荻种子发芽及幼苗生长的影响

由表4可见,各质量浓度南荻种子的发芽率、发芽势和发芽指数都随6-BA浓度的升高而表现出先升后降的趋势,与0 mg/L 6-BA相比,其他各质

量浓度的6-BA处理能显著提高发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数,其中,200 mg/L 6-BA处理的发芽率和发芽势最高,分别达95.33%和86.67%,100 mg/L 6-BA处理的发芽指数最高,50 mg/L处

表4 不同6-BA处理南荻种子的发芽指标

Table 4 Seed germination of *Miscanthus lutarioriparius* under different 6-BA treatment

6-BA 质量浓度/ (mg·L ⁻¹)	发芽率/%	发芽势	发芽指数	活力指数	胚芽长/mm	胚根长/mm
0	(81.33±3.06)c	(65.33±4.16)c	(27.21±1.33)b	(282.53±27.21)c	(0.98±0.09)b	(0.65±0.07)a
50	(89.33±1.15)b	(76.67±3.06)b	(35.44±1.81)a	(474.86±34.59)b	(1.47±0.21)a	(0.31±0.02)b
100	(90.67±2.31)b	(82.00±8.00)ab	(38.25±1.94)a	(521.69±23.14)a	(1.22±0.25)ab	(0.28±0.02)b
200	(95.33±1.15)a	(86.67±5.03)a	(38.23±2.00)a	(506.47±35.56)ab	(1.16±0.08)b	(0.26±0.02)b
400	(88.67±2.31)b	(85.33±1.15)ab	(36.97±2.07)a	(495.60±30.17)ab	(1.03±0.15)b	(0.18±0.02)c

同列小写字母不同示差异显著($P<0.05$)。

理的胚芽最长,用 6-BA 处理过的南荻种子,其根的生长明显受到激素抑制,且激素浓度越高,抑制作用越明显。综合比较,200 mg/L 6-BA 为南荻种子激素预处理较适宜的条件。

2.5 播种深度对南荻种子出苗及幼苗生长的影响

由表 5 可见,南荻种子的出苗率随播种深度的增加而下降,表面直播出苗率最高,达 98%,显著高于其他播种深度。在播种深度为 20 mm 时,南荻出苗率仅为 6%。苗高和幼根长均随播种深度的增加而降低,且当播种深度为 0 mm 时,幼苗的苗高值最大,幼根最长,分别为 17.42、9.63 mm。当播种深度为 20 mm 时,苗高和根长分别为 6.53、4.74 mm。以上结果表明南荻种子适合土层浅播。

表 5 不同播种深度南荻种子的萌发及幼苗生长情况
Table 5 Seed germination and seedling growth of *Miscanthus lutarioriparius* under different sowing depths

土壤深度/mm	出苗率/%	苗高/mm	根长/mm
0	(98.00±1.15)a	(17.42±2.16)a	(9.63±2.90)a
3	(35.33±4.37)b	(12.66±2.21)b	(4.80±1.67)b
5	(32.67±4.37)b	(13.68±2.88)b	(5.83±2.29)b
10	(21.33±4.67)c	(7.43±1.21)c	(4.50±1.29)b
15	(17.33±2.40)c	(8.28±2.21)c	(4.53±0.96)b
20	(6.00±3.06)d	(6.53±2.40)c	(4.74±2.91)b

同列小写字母不同示差异显著($P<0.05$)。

3 结论与讨论

本试验结果表明,南荻种子发芽需要适宜的温度,当温度为 10 °C 时,南荻种子几乎不能发芽(发芽率仅为 1.33%);当温度提高到 15 °C 时,发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数都处于较低水平,这可能是低温使种子的膜透性和酶活性等受到影响或抑制。随温度的升高,种子各萌发指标呈上升趋势,当温度为 30~35 °C 时,种子达到最佳萌发状态,这可能是温度的升高促进了种子内部的生理代谢活动。该结果与王传旗等的研究结果^[10]相似。依据种子对温度的适应性可将南荻种子分为广泛型、喜高温型和喜低温型等。本试验中,南荻种子的适宜发芽温度为 30~35 °C,据此可以判断南荻种子属于喜高温型种子。

南荻种子在 0 h/24 h 的胚芽生长量虽然显著高于其他处理条件的,但其胚芽的颜色嫩黄,且无法继续形成幼叶,说明光照通过调节植物生长物质在不同组织里的分配^[11]来影响幼苗的生长。本研究中延长光照时间可促进幼根生长可能是由上述原因所致。

本试验中,当土壤含水量为 5%~20% 时,南荻种子的发芽率为 90%~95%,表明该土壤含水量对南荻种子的发芽率影响不大;当土壤含水量达 25% 时,南荻种子不能发芽,说明外部环境水分过多在很大程度上会抑制种子的呼吸作用。当土壤含水量为 5%~20% 时,南荻种子的发芽势、发芽指数和活力指数随土壤含水量增加呈先增加后减弱的趋势。当土壤含水量为 15%,种子的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数均达到最大值。

植物生长调节剂浸种可以打破种子休眠,促进种子吸水萌发。本研究结果表明,与南荻种子发芽率和与发芽相关的指标随 6-BA 浓度的增加呈先升后降的变化,当 6-BA 质量浓度为 50 mg/L 时,南荻种子的萌发和幼苗生长指标值均显著高于对照的,而当 6-BA 质量浓度由 50 mg/L 增加至 400 mg/L 时,发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数也随之增加。该结果与植物生长物质对藨草打破种子休眠的研究结果^[12]一致。

播种深度主要通过调节土壤温度、光照和土壤湿度而影响种子出苗^[13]。本研究中,当南荻种子处于不同播种深度时,播于细沙表面种子的出苗率、出苗势、活力指数均最高,幼苗初期生长状况良好;播于细沙表面以下 3~20 mm 种子的出苗率和种子生长指标值均显著降低($P<0.05$),表明种子出苗率和胚根、胚芽生长量随沙层深度降低。该结果与沙埋对樟子松种子发芽影响的研究结果^[15]一致。就本研究结果而言,播于土壤表面种子的萌发力显著高于土壤中间层种子的萌发力,因此,建议生产上采用透明喷播液混合喷播的方式进行大田直播。

参考文献:

- [1] CHEN S L, RENVOIZE S A. *Miscanthus Andersson*[M]. Beijing: Science Press, 2006: 581-583.
- [2] 彭良才. 论中国生物能源发展的根本出路[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2011(2): 1-6. DOI:10.3969/j.

- issn.1008-3456.2011.02.001.
- [3] 易自力. 芒属能源植物资源的开发与利用[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2012, 38(5): 455-463.
- [4] 高捍东, 蔡伟建, 朱典想, 等. 荻草的栽培与利用[J]. 中国野生植物资源, 2009, 28(3): 65-67. DOI:10.3969/j.issn.1006-9690.2009.03.018.
- [5] 周朴华, 储成才, 李祥, 等. 南荻遗传转化系统的建立及转基因植株的获得[J]. 高技术通讯, 2001, 11(4): 20-24. DOI:10.3321/j.issn:1002-0470.2001.04.005.
- [6] 郭夏宇, 李合松, 彭克勤, 等. 南荻的组织培养与快速繁殖技术[J]. 植物生理学报, 2011, 47(10): 987-990.
- [7] 薛帅, 刘吉利, 任兰天. 不同繁殖技术芒草的种植成本估算与应用潜力评价[J]. 中国农业大学学报, 2013, 18(6): 27-34. DOI:10.11841/j.issn.1007-4333.2013.06.04.
- [8] 陆嘉惠, 吕新, 吴玲, 等. 三种药用甘草种子对盐渍环境的萌发响应及其适宜生态种植区[J]. 草业学报, 2013, 22(2): 195-202.
- [9] 黄亚萍, 陈垣, 郭凤霞, 等. 氮磷钾配施对甘草育苗质量的影响[J]. 草业学报, 2012, 21(2): 233-240.
- [10] 王传旗, 徐亚梅, 梁莎, 等. 西藏野生老芒麦种子萌发对温度和水分响应[J]. 作物杂志, 2017(6): 165-169.
- [11] 付婷婷, 程红焱, 宋松泉. 种子休眠的研究进展[J]. 植物学报, 2009, 44(5): 629-641. DOI:10.3969/j.issn.1674-3466.2009.05.014.
- [12] 张浩, 张永亮, 高凯. 藜草种子休眠机理与休眠破除方法初探[J]. 中国草地学报, 2012, 34(6): 7-12. DOI:10.3969/j.issn.1673-5021.2012.06.002.
- [13] 黄振英, GUTTERMAN Yitzchak, 胡正海, 等. 白沙蒿种子萌发特性的研究 II. 环境因素的影响[J]. 植物生态学报, 2001, 25(2): 240-246.
- [14] 郭米山, 王谦, 高广磊, 等. 沙埋和种子处理对樟子松贮藏种子萌发出苗的影响[J]. 中国水土保持科学, 2016, 14(6): 86-93. DOI:10.16843/j.sswc.2016.06.011.

责任编辑: 王赛群
英文编辑: 王 库