

不同扦插条件对奇岗芒插条生根的影响

李慧^{1,2}, 范希峰², 滕珂², 岳跃森², 武菊英²

(1. 北京农学院 园林学院, 北京 102206; 2. 北京市农林科学院 北京草业与研究发展中心, 北京 100097)

摘要:以奇岗芒为材料,探究不同扦插部位、扦插时间、外源激素对奇岗芒茎段扦插的成活率及生根的影响。结果表明:下部茎段扦插的幼苗生根与成活状况优于中部茎段扦插的幼苗;不同扦插时间处理8月下旬至9月初扦插幼苗成活率为87.5%,株高为44.05 cm,生根数为7.05条/株,最长根长为26.03 cm,地上部鲜干重为1.673,0.561 g/株,地下部的鲜干重为0.372,0.135 g/株,均达到最大值,且扦插幼苗生长状况最佳。在0、25、50、75、100 mg/L 5个浓度GA₃处理下,随着浓度的增加,茎段扦插幼苗的株高、最长根长、生根数及地上下部鲜干重均呈现先降低后升高再降低的变化趋势,且均在75 mg/L GA₃处理时达到最大值;而IBA、NAA处理对茎段扦插的生根与成活有抑制作用,且NAA处理的抑制作用最强。

关键词:奇岗芒;扦插繁殖;扦插部位;扦插时间;外源激素

中图分类号:S561 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2020)04-0107-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cyyep.2020.04.017

奇岗芒 (*Miscanthus × giganteus*) 为芒属 (*Miscanthus*) 异源三倍体植物,是二倍体芒 (*M. sacchariflorus*) 和四倍体荻 (*M. sinensis*) 的天然杂交种^[1-2]。奇岗芒在自然环境下,以根状茎繁殖,成熟时高达3~4 m,节状茎有12~13个;叶子在整个生长期细长,亮绿色,呈剑状;花序白色,呈圆锥型伞状,具有很高的观赏价值,以陆生生活为主,生长速度较五节芒慢,耐性强^[3]。其原产于日本,后被作为园林观赏植物引入欧洲,适生范围广,种植于各大洲^[4]。奇岗芒属于异源三倍体,种子败育,常通过无性繁殖来繁殖种苗^[5]。欧美国家通过大量使用奇岗芒腋芽生枝产生的无毒苗进行商业推广。对奇岗芒体细胞胚发生途径组培苗也有报道,但组培对选材和培养环境的硬件设施要求高,技术操作性强,且易被污染^[4]。扦插繁殖和组

培快繁相比,具有繁殖简单,生产快,成本低,可维持植株性状高度的稳定性与一致性等优势。

扦插研究表明植物插条内营养状况及相关氧化酶与插穗生根关系密切^[6]。插穗不同部位成熟程度不同,致使插穗生根效果各异,亚美马褂木 (*Liriodendron sino-americanum*) 带顶芽插穗^[7]、沙地柏 (*Sabina vulgaris*) 上部插穗^[8] 扦插效果均高于其他部位插穗扦插效果;扦插效果也受扦插时间影响,在不同采条时期,插条本身及插后环境条件相应发生变化,蝟实 (*Kolkwitzia amabilis*) 以6月中旬至7月中旬扦插的插条生根效果最好^[9],濒危物种永瓣藤 (*Monimopetalum chinense*) 在6月扦插插条成活率最佳^[10];此外,外源植物生长调节剂可调节插条细胞新陈代谢,诱导根源基的发生,有利于植物扦插繁殖形成不定根,但不同种类、不同浓度外源植物调节剂对植物插条可产生不同的生根效果^[11-12],用不同浓度的GGR-6、IBA、ABT-1溶液处理米槁 (*Cinnamomum migao*) 插穗,以30 mg/L的GGR-6溶液浸泡米槁插穗4 h,可使其达到最佳生根效果^[13]。以往的研究多调查了奇岗芒扦插之后的成活率,为进一步研究扦插条件对扦插苗生长的影响,通过研究扦插部位、扦插时间、外源激素处理对奇岗芒茎段扦插生根的成活率、内部生理指标、生

收稿日期:2020-04-28; 修回日期:2020-05-21

基金项目:北京市科技计划项目(D171100007217001); 院科技创新能力建设专项(KJCX201807006)

作者简介:李慧(1996-),女,山西祁县人,在读硕士。

E-mail:15235438206@163.com

武菊英为通讯作者。

E-mail:wujuying@grass-env.com

物量及根系指数的影响,筛选促进其生根成活的最佳条件,以期优化奇岗芒扦插繁殖技术提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试材料奇岗芒来源于北京草业与环境研究发展中心小汤山试验基地,试验在该基地日光温室进行。生长条件为光周期 12~14 h,温度 15~25℃,湿度 60%~80%。材料扦插于装有基质土(草炭:松针=4:1,1 m³基质添加 4 kg 缓释肥)的 50 孔穴盘中,一个穴孔内扦插 1 个茎段,每个穴盘共扦插 40 个茎段。空出第 1 排与第 10 排,且在穴盘长方向摆放装有一行基质的穴盘,保证茎段扦插周围环境的一致性,排除边界效应。

1.2 试验方法

在 5×10 孔穴盘内装满基质,置于日光温室;选取无病虫害、芽饱满且长势一致的茎段,自基部向顶端方向取带 6 个单芽苞的茎段,自下而上 2 个芽苞茎段为一组分别为下部茎段、中部茎段、上部茎段;茎段修剪时芽苞上部茎段剪成平口,切口距芽 4~5 cm,以防过短对芽苞造成伤害,芽苞下部茎段剪成 45°斜切口,有助于愈伤生根。扦插时茎段基部速蘸激素溶液(2 s)后,垂直插于基质中,芽苞向上覆土深度为芽苞以上 1 cm;扦插后浇透水,每 2~3 d 浇水 1 次,确保基质湿润。

1.3 试验设计

1.3.1 扦插部位对奇岗芒茎段扦插生根的影响 试验于 2019 年 8 月 21 日进行,上部、中部、下部芽苞部位为 3 个处理,每个处理 10 个茎段,重复 4 次,10 周后,统计幼苗生根情况。

1.3.2 扦插时间对奇岗芒茎段扦插生根的影响 扦插试验在秋季进行,自 8 月 21 日起,每隔 2 周取奇岗芒下部、中部茎段进行扦插,共 7 批。每批每个处理 10 个茎段,重复 4 次,10 周后,测量扦插后幼苗营养物质含量,统计其生根情况。

1.3.3 外源激素对奇岗芒茎段扦插生根的影响 2019 年 8 月 22 日进行激素处理试验,采用吲哚丁酸(IBA)、萘乙酸(NAA)、赤霉素(GA₃) 3 种外源激素,其浓度梯度分别为:IBA 0、10、20、50、100 mg/L; NAA 0、10、20、40、100 mg/L; GA₃ 0、25、50、75、100 mg/L。扦插过程中,取中部芽苞茎段,使其基部分别速蘸(2 s)以上不同种类不同浓度的激素后进行扦插,每个处理 10 个茎段,重复 4 次,10 周后,统计幼苗生

根情况。各处理中 0 mg/L 溶液为对照(CK)。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 营养物质含量 分别测定扦插后幼苗内可溶性糖及淀粉含量。可溶性糖含量采用蒽酮法^[14]测定;淀粉含量采用酸水解法^[15]测定。

1.4.2 成活率、株高、根系指数与鲜干重 成活率为每个处理中幼苗成活数占扦插总数之比;株高为扦插 10 周后用直尺测定幼苗的高度。根系指数为分别测定植株的最长根长和生根数,均为每个处理的平均值。

分别测定植株地上部、地下部鲜干重。从穴盘中取出完整植株,将地上部茎叶与地下部根系分开,洗净擦干根系,分别测定鲜重且装入信封后,于 105℃烘箱中杀青 30 min,80℃烘干至恒重后测干重。

1.5 数据分析

数据采用 SPSS 17.0 进行单因素方差分析和 *t* 检验($P<0.05$ 表示差异显著),用 Excel 2019 作图。

2 结果与分析

2.1 扦插部位对奇岗芒茎段扦插生根的影响

下部茎段扦插幼苗的成活率为 87.5%,比中部茎段高 60%;下部茎段扦插幼苗的株高、最长根长及生根数分别为 44.05、10.64 cm 和 7.50 条/株,比中部茎段扦插幼苗的株高、最长根长及生根数分别高 16.07 cm、0.5 cm 及 2.33 条/株;下部茎段扦插幼苗的地上鲜重、地上干重、地下鲜重和地下干重分别为 1.599、0.561、0.372 及 0.135 g/株,比中部茎段分别高 0.648、0.293、0.039 及 0.055 g/株,下部茎段扦插幼

表 1 不同茎段部扦插对幼苗的生根状况

Table 1 Effects of different position of stem on the rooting of seedlings

指标	下部茎段	中部茎段	独立样本 <i>t</i> 检验 Sig(双侧)
成活率/%	87.50±0.33	27.50±0.45	.000*
株高/cm	44.05±10.36	27.98±7.45	.000*
最长根长/cm	10.64±1.26	8.94±1.47	.085
生根数/(条·株 ⁻¹)	7.50±1.64	5.17±0.75	.010*
地上部鲜重/(g·株 ⁻¹)	1.56±0.64	0.95±0.33	.016*
地下部鲜重/(g·株 ⁻¹)	0.37±0.07	0.33±0.15	.605
地上部干重/(g·株 ⁻¹)	0.56±0.20	0.27±0.09	.000*
地下部干重/(g·株 ⁻¹)	0.14±0.05	0.08±0.02	.092

注:每组数据均为平均值±标准误(SE)。*表示 0.05 水平下差异显著

苗的成活率、株高、生根数及地上部鲜干重与中部茎段相比差异显著,其余指标无显著性差异(表 1)。结果表明,下部茎段扦插幼苗的成活与生长状况优于其他部位,说明下部茎段有利于扦插后芽苞的萌发和不定根的产生。

2.2 扦插时间对奇岗芒茎段扦插生根的影响

8 月下旬~10 月下旬,奇岗芒扦插幼苗的成活率及苗高呈现“下降再升高而后持续下降”的趋势。8 月下旬幼苗的成活率及株高达到最大值,分别为 87.5%、44.05 cm,9 月初出现“低谷”,这可能与 9 月初地下部生长良好有关,扦插茎段中所含有的养分供给根部生长高于地上部,同时基质中所含的养分不足以根部吸收,导致地上部所需营养物质短缺而出现低成活率及株高较矮的现象;扦插幼苗的生根数呈下降趋势,8 月上旬达到最大值,为 7.05 条/株;最长根长先升高后下降,于 9 月初达到最大值,为 26.03 cm(图 1);幼苗可溶性糖含量先降低再升高,后又降低再升高,在 10 月底达到最高值,为 9.026 mg/g,9 月初可溶性糖含量最低,可能由于幼苗生长所需的能量较多,之后幼苗生长状况渐差,对能量的需求减弱,从而使得幼苗体内可溶性糖含量总体呈上升趋势;可溶性糖含量的累积抑制了淀粉的水解,使得此期间淀粉含量持续升高,最大值为 1.436 mg/g。扦插日期对扦插幼苗地上部鲜干重的影响与株高、成活率的变化趋势一致,在 8 月下旬达最大值,分别为 1.673、0.561 g/株,而地下部的鲜干重则同最长根长趋势一致,在 9 月中旬达到最大值,分别为 0.372、0.135 g/株(图 3)。因此,综合比较奇岗芒 8 月下旬至 9 月初扦插幼苗成活与生长状况较佳。

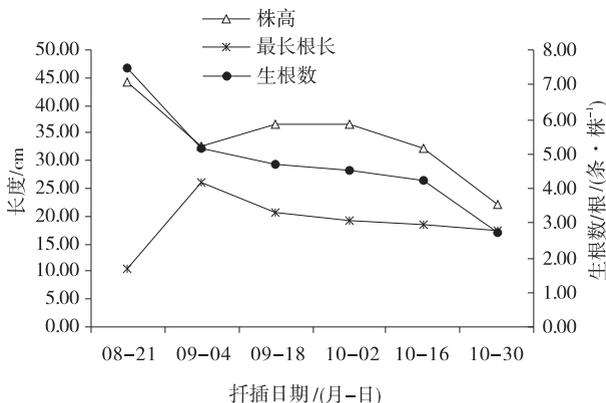


图 1 不同扦插日期下幼苗的株高及生根数

Fig. 1 Effects of different cutting date on the height and the rooting number of seedlings

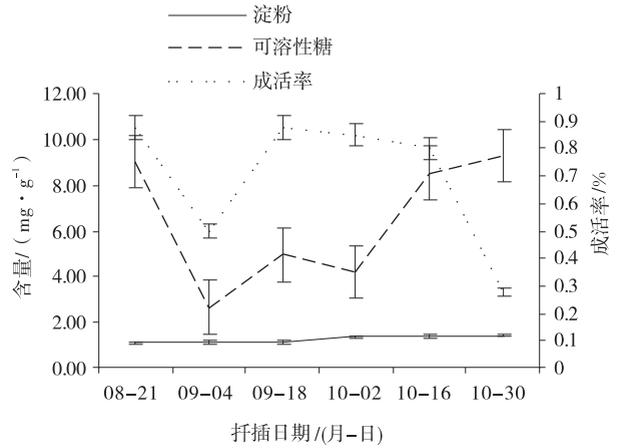


图 2 不同扦插日期下幼苗的成活率、可溶性糖及淀粉含量

Fig. 2 Effects of different cutting date on the survival rates, soluble sugar and starch contents of seedlings

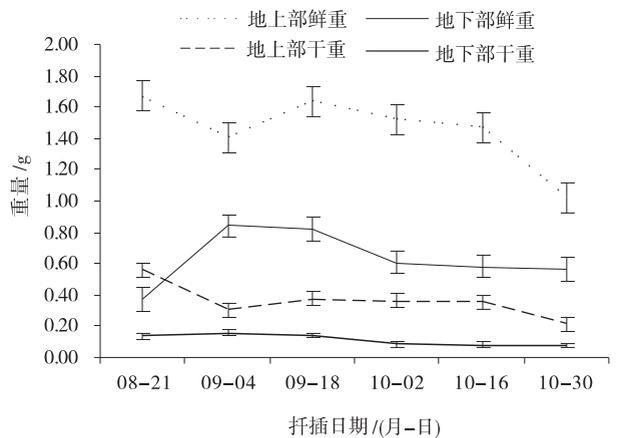


图 3 不同扦插日期下幼苗的鲜干重

Fig. 3 Effects of different cutting date on the fresh and dry weight of seedlings

2.3 外源激素对奇岗芒茎段扦插生根的影响

2.3.1 外源激素对茎段扦插成活率的影响 在 5 种 GA₃ 浓度处理下,随着 GA₃ 浓度的增加,奇岗芒茎段扦插幼苗的成活率呈现“先降低后升高再降低”的变化趋势,表明适当浓度的 GA₃ 溶液能够促进幼苗的成活; IBA 浓度处理对茎段扦插幼苗的成活具有抑制作用,随着浓度的增加,其抑制作用先增大后减小;但同种激素不同浓度处理对奇岗芒茎段扦插成活率的影响差异不显著。在 10、20、40、100 mg/L NAA 浓度处理下扦插幼苗的成活率均为 0(表 2)。

2.3.2 GA₃ 浓度处理对茎段扦插生根的影响 适当浓度的 GA₃ 可促进奇岗芒扦插幼苗的生根与成活,在

表 2 不同外源激素处理对幼苗成活率的影响

Table 2 Effect of different exogenous hormone treatment on survival rate of seedlings

激素种类	浓度/(mg·L ⁻¹)	成活率/%
GA ₃	CK	27.5±0.45 ^a
	25	25±0.44 ^a
	50	40±0.50 ^a
	75	40±0.50 ^a
	100	25±0.44 ^a
IBA	CK	27.5±0.45 ^a
	10	17.5±0.38 ^a
	20	12.5±0.33 ^a
	50	10±0.30 ^a
	100	15±0.36 ^a
NAA	CK	27.5±0.45 ^a
	10	0
	20	0
	40	0
	100	0

注:每组数据均为平均值±标准误(SE)。同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

75 mg/L GA₃处理时,幼苗的株高为 31.97 cm、最长根长为 11.7 cm、生根数为 6.25 条/株,地上下部鲜重均达最大值,为 1.26,0.61 g/株,地上下部干重为 0.34,0.11 g/株,均达到最大值,且该处理下幼苗株高及地下部鲜重与对照差异显著($P<0.05$)(表 3)。结果表明,25 mg/L GA₃处理对扦插幼苗的生根与成活有抑制作用,其余处理均有促进作用,用 75 mg/L GA₃处理奇岗芒茎段可使扦插后幼苗达到最佳生根与成活状况(表 3)。

2.3.3 IBA 浓度处理对茎段扦插生根的影响 随着浓度的增加,奇岗芒茎段扦插幼苗的株高、最长根长、生根数及地上下部鲜干重呈现先降低后升高的变化趋势,且均低于对照处理,除最长根长与生根数外,同一指标不同浓度处理对其影响差异不显著(表 4)。结果表明,IBA 浓度处理对茎段扦插幼苗的生根及成活具有抑制作用,随着浓度增加抑制作用先增大后减小。

表 3 GA₃不同浓度处理下幼苗的株高、生根及鲜干重Table 3 Effects of GA₃ different concentration on the height, the rooting and the fresh and dry weight of seedlings

GA ₃ 浓度/ (mg·L ⁻¹)	株高/cm	最长根长 /cm	生根数 /(条·株 ⁻¹)	地上部鲜重 /(g·株 ⁻¹)	地上部干重 /(g·株 ⁻¹)	地下部鲜重 /(g·株 ⁻¹)	地下部干重 /(g·株 ⁻¹)
0	27.98±7.45 ^b	9.84±1.23 ^a	5.17±0.75 ^a	0.95±0.33 ^{ab}	0.27±0.09 ^{ab}	0.33±0.15 ^{bc}	0.08±0.02 ^{ab}
25	21.65±8.03 ^{ab}	10.45±1.41 ^a	5.09±1.04 ^a	0.71±0.22 ^b	0.20±0.05 ^b	0.17±0.06 ^c	0.05±0.02 ^b
50	28.73±7.42 ^{ab}	11.34±1.65 ^a	5.38±1.41 ^a	1.07±0.36 ^a	0.31±0.10 ^{ab}	0.41±0.11 ^{abc}	0.08±0.02 ^{ab}
75	31.97±9.50 ^a	11.70±1.31 ^a	6.25±1.50 ^a	1.26±0.40 ^a	0.34±0.09 ^a	0.61±0.41 ^a	0.11±0.03 ^a
100	30.66±7.06 ^a	11.32±2.86 ^a	5.83±1.60 ^a	1.15±0.21 ^a	0.33±0.10 ^a	0.50±0.25 ^{ab}	0.10±0.05 ^a

表 4 IBA 不同浓度处理下幼苗的株高、生根及鲜干重

Table 4 Effects of IBA different concentration on the height, the rooting and the fresh and dry weight of seedlings

IBA 浓度/ (mg·L ⁻¹)	株高/cm	最长根长 /cm	生根数 /(条·株 ⁻¹)	地上部鲜重 /(g·株 ⁻¹)	地上部干重 /(g·株 ⁻¹)	地下部鲜重 /(g·株 ⁻¹)	地下部干重 /(g·株 ⁻¹)
0	27.98±7.45 ^a	11.12±1.23 ^a	5.17±0.75 ^a	0.95±0.33 ^a	0.27±0.09 ^a	0.33±0.15 ^a	0.08±0.02 ^a
10	26.47±6.28 ^a	11.07±1.65 ^a	5.00±1.00 ^{ab}	0.89±0.18 ^a	0.24±0.06 ^a	0.28±0.23 ^a	0.05±0.04 ^a
20	26.04±1.65 ^a	7.30±0.95 ^b	4.00±1.00 ^{ab}	0.84±0.13 ^a	0.21±0.02 ^a	0.17±0.08 ^a	0.03±0.02 ^a
50	21.28±8.20 ^a	7.00±1.27 ^b	3.50±0.71 ^b	0.61±0.21 ^a	0.18±0.01 ^a	0.25±0.05 ^a	0.07±0.03 ^a
100	26.26±7.62 ^a	7.60±0.81 ^b	4.80±0.84 ^{ab}	0.88±0.06 ^a	0.23±0.03 ^a	0.18±0.03 ^a	0.04±0.01 ^a

注:每组数据均为平均值±标准误(SE)。不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

3 讨论

张志鹏等^[8]研究发现,不同部位插条对扦插后幼苗的成活与生长有一定影响。本研究通过对奇岗芒不

同部位进行茎段扦插,扦插后幼苗生长状况为:下部茎段优于中部茎段,这与密花芒(*M. sinensis*)^[16]以及紫光狼尾草(*Pennisetum alopecuroides* cv. Ziguang)^[17]茎秆扦插后结果一致。本研究在 8 月下旬至 9 月下旬

以及10月底,上部芽苞茎段扦插幼苗的成活率为0,但在10月中上旬上部芽苞茎段扦插成活率较低。茎段下部芽苞最为饱满,发育较为成熟,所含的营养物质较多,为扦插后幼苗的成活及生长提供营养基础,而中部的芽苞发育成熟度与内含营养物质较低,从而使扦插后幼苗的生长状况次于下部茎段,上部芽苞茎段扦插所出现的情况,除与奇岗芒体内营养物质变化有关,环境因素也造成一定的影响,因此仍需要进一步研究揭示其中机制。

8月下旬至10月下旬,幼苗中可溶性糖含量没有稳定的变化趋势,而淀粉含量则持续增加。扦插生根是消耗营养物质的过程^[18],淀粉是插穗不定根形成过程中重要的能量物质,为植物生长发育提供必需的能量^[19];可溶性糖是插条体内碳水化合物相互利用的主要形式,为插条的能量储存和新陈代谢提供物质基础^[20],且与插穗生根状况密切相关,在插穗不定根形成过程中起着重要作用^[21]。植物组织内可溶性糖和淀粉含量随季节的变化而变化,变化规律不一,根系伸长期可溶性糖含量需求大,本研究中9月初扦插成活的幼苗根系生长良好,因而可溶性糖含量急剧降低。随着时间变化,扦插幼苗根系生长状况渐差,对可溶性糖的需求逐渐减弱而使幼苗中可溶性糖含量增加,可溶性糖的累积减缓了植株内淀粉的水解,进而使其累积增加。10月初,可溶性糖含量的急剧降低可能与幼苗对其的需求量以及淀粉的水解有关,幼苗中可溶性糖和淀粉含量的变化趋势不同可能与不同物种、植株不同部位以及不同外界环境条件有关。

GA₃、IBA、NAA是植物体中促进植物生长发育的激素,可影响插条内部养分分配,刺激形成层细胞分裂,促进细胞增值、伸长与分化^[22-23]。它们通过诱导插穗形成愈伤组织,进而促进不定根发生^[24],但浓度不同可导致正负效应^[25]。本研究中,适宜的GA₃浓度可以促进茎段扦插幼苗的成活与生长,除25 mg/L GA₃处理外,其余浓度均可促进扦插幼苗的成活与生长,并在75 mg/L GA₃处理效果达到最佳。这与张继强等^[26]研究50、200、400 mg/L GA₃处理对桦叶四蕊槭扦插条生根影响的结果一致。本研究发现IBA和NAA处理对扦插幼苗的成活及生长有抑制作用,这与前人在大花月季(*Rosa chinensis*)^[27]、细叶云南松(*Pinus yunnanensis* var.)^[28]和月季^[29]等植物中IBA、NAA抑制扦插幼苗成活和生长的研究结果类似,适当

的IBA、NAA浓度可促进茎段扦插幼苗的成活与生长,但其浓度高可诱导大量乙烯合成,从而抑制茎段芽苞的生长发育以及根系生长^[28]。本研究发现IBA和NAA对扦插幼苗成活起负作用,可能与奇岗芒的特性有关,其作用机制仍有待进一步探索。

4 结论

(1)不同部位扦插,下部茎段扦插的幼苗成活与生长状况最佳;(2)不同时间处理中,在8月下旬至9月初进行扦插,可达到最佳的成活及生长状况;(3)不同外源激素处理中,适当的GA₃浓度处理促进生根,且在75 mg/L GA₃处理时扦插效果最佳,IBA、NAA处理对茎段扦插幼苗的生根与成活有抑制作用。

参考文献:

- [1] Greef J M, Deuter M, Jung C, et al. Genetic diversity of European *Miscanthus* species revealed by AFLP fingerprinting[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 1997, 44(2):185-195.
- [2] Hodkinson Trevor R, Chase Mark W, Renvoize Stephen A. Characterization of a genetic resource collection for *Miscanthus* (Saccharinae, Andropogoneae, Poaceae) using AFLP and ISSR PCR. [J]. Annals of botany, 2002, 89(5):627-636.
- [3] 郭孟齐,杨塞,易自力,等.我国芒属植物规模化种植的生态风险评估[J].中国农业大学学报,2019,24(6):49-56.
- [4] 潘志军.奇岗自然杂交后代遗传变异研究[D].长沙:湖南农业大学,2017.
- [5] 陈慧萍.奇岗(*Miscanthus giganteus*)无性繁殖技术研究[D].北京:中国农业大学,2005.
- [6] 杨思佳,于晓跃,史宝胜.紫叶李嫩枝扦插生根过程中生理生化指标分析[J].新疆农业大学学报,2018,41(1):18-24.
- [7] 陈文军,屈林丰,韩吉思,等.基质、插穗部位和生根剂对亚美马褂木扦插生根的影响[J/OL].内蒙古农业大学学报(自然科学版):1-9[2020-03-22].http://kns.cnki.net/kcms/detail/15.1209.S.20191014.1705.026.html.
- [8] 张志鹏,翟双喜.不同扦插部位及促根剂对沙地柏扦插生根的影响[J].黑龙江农业科学,2018(2):63-66.
- [9] 刘立成,余刚,张莹,等.扦插时间对蜡实插穗生根率和相关指标的影响及生根效应综合评价[J].植物资源与环境学报,2016,25(2):48-54.
- [10] 朱弦,田奔,李文倩,等.外源激素和扦插时间对濒危植

- 物永瓣藤插穗成活率的影响[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(5):189.
- [11] 张杰,李健康,段安安,等. 不同质量浓度 NAA、IBA 对栓皮栎、蒙古栎黄化嫩枝扦插生根的影响[J]. 北京林业大学学报, 2019, 41(7):128-138.
- [12] Anna Pick Kiong LING, Kinn Poay TAN, Sobri HUSSEIN. Comparative effects of plant growth regulators on leaf and stem explants of *Labisia pumila* var. *alata*[J]. Journal of Zhejiang University-Science B (Biomedicine & Biotechnology), 2013, 14(7):621-631.
- [13] 骆畅,刘济明,黄小龙,等. 不同基质、生长调节剂及部位对米蒿扦插生根的影响[J]. 四川大学学报(自然科学版), 2018, 55(4):843-847.
- [14] 董胜豪,张钢,郗书鹏,等. 抗寒锻炼期间白皮松电阻抗图谱参数对可溶性糖与淀粉含量变化的响应[J]. 河北农业大学学报, 2009, 32(3):53-58.
- [15] 崔国文. 低温胁迫对紫花苜蓿种子萌发期可溶性糖和淀粉的影响[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(1):72-76.
- [16] 胡耀芳,范希峰,滕珂,等. 扦插部位、时间和 IBA 浓度对密花芒茎段扦插苗生长的影响[J]. 草原与草坪, 2018, 38(4):88-93.
- [17] 胡耀芳,范希峰,滕珂,等. 扦插部位、时间和 IBA 浓度对‘紫光’狼尾草(*Pennisetum alopecuroides* ‘Ziguang’)茎段扦插成活的影响[J]. 草地学报, 2018, 26(4):928-934.
- [18] 凡莉莉,薛磊,赖金莉,等. 大头典竹扦插过程中营养物质和氧化酶活性变化研究[J]. 竹子学报, 2018, 37(1):54-59.
- [19] 魏黔春,江泽平,刘建锋,等. 侧柏古树扦插试验及插穗营养物质变化[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2020, 44(1):63-71.
- [20] 宋达成,王有科,何芳兰,等. 基质与地膜覆盖对枸杞扦插苗生长及内源营养物质含量的影响[J]. 西北林学院学报, 2018, 33(6):72-77.
- [21] 王宏霞,蔡子平,王国祥,等. 甘草扦插生根期内营养物质的变化特征[J]. 甘肃农业科技, 2019(11):46-49.
- [22] 韦晓娟,梁晓静,廖健明,等. 7 种越南金花茶生物学特性及繁殖技术[J]. 广西林业科学, 2017, 46(3):248-252.
- [23] Takatsuka Hiroto, Umeda Masaaki. Hormonal control of cell division and elongation along differentiation trajectories in roots [J]. Journal of experimental botany, 2014, 65(10):2633-2643.
- [24] Li Shi-Weng, Shi Rui-Fang, Leng Yan, et al. Transcriptomic analysis reveals the gene expression profile that specifically responds to IBA during adventitious rooting in mung bean seedlings. [J]. BMC genomics, 2016, 17(1):1-23.
- [25] 周亮. NAA 和 IBA 生根剂对柳叶马鞭草插条生根的影响[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(5):161-164.
- [26] 张继强,张洋东,刘东皓,等. 不同外源激素处理对桦叶四蕊槭扦插生根的影响[J]. 水土保持通报, 2017, 37(4):207-210.
- [27] 杨永花,王金秋,孙朝华,等. IBA 对大花月季嫩枝扦插生根的影响[J]. 甘肃农业科技, 2018(11):61-65.
- [28] 卢志锋,马松亚,唐鑫,等. 不同浓度 NAA、IBA 和 GA3 对细叶云南松幼苗生长的影响[J]. 广东农业科学, 2016, 43(9):56-61.
- [29] 闫海霞,卢家仕,黄昌艳,等. 萘乙酸和吲哚丁酸对月季扦插成活效果的影响[J]. 南方农业学报, 2013, 44(11):1870-1873.

Effects of different cutting conditions on rooting of *Miscanthus* × *giganteus* cutting

LI Hui^{1,2}, FAN Xi-feng², TENG Ke², YUE Yue-sen², WU Ju-ying²

(1. School of Landscape Architecture, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China;
2. Beijing Research and Development Center for Grass and Environment, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract: In this study, *Miscanthus* × *giganteus* was used as cutting material to explore the effects of different cutting position, cutting time and exogenous hormones on the survival rate and root growth of *Miscanthus* ×

giganteus stem cutting. The results showed that the rooting and survival status of seedling from lower stem position cutting is better than that from middle stem position cutting. From the end of August to the beginning of September, the survival rate, seedling height, rooting number, longest root length, and fresh and dry weight aboveground and underground of cutting seedlings reached the maximum value, which were 87.5%, 44.05 cm, 7.05, 26.03 cm, 1.673 g, 0.561 g, 0.372 g, and 0.135 g, respectively, and the growth condition was the best. Under the treatment with exogenous hormones at concentrations of 0, 25, 50, 75 and 100 mg/L, with the increase of concentration, the survival rate, seedling height, longest root length, number of roots, and the fresh dry weight aboveground and underground of the stem cutting seedlings decreased first, then increased and decreased again, and reached the maximum at 75 mg/L GA₃ treatment. In addition, the results showed that IBA and NAA treatment inhibited the rooting and survival of stem cutting seedlings, and NAA treatment had the strongest inhibiting effect. This study demonstrated the effects of cutting position, cutting time and exogenous hormones on the cutting efficiency of *Miscanthus* × *giganteus*, and provided a basis for the stem cutting propagation of *Miscanthus* × *giganteus*.

Key words: *Miscanthus* × *giganteus*; cuttage propagation; cutting position; cutting time; exogenous hormones

(上接 106 页)

Effects of GA₃ on the seeds germination of five oat varieties in the alpine region

LIU Xiao-xin¹, CHEN Shi-yong¹, LI Shi-dan¹, BAI Xiao-ling¹, ZHOU Qingping²

(1. College of Life Science and Technology, Southwest Minzu University, Chengdu 610041; 2. Institute of Qinghai-Tibet Plateau, Southwest Minzu University, Chengdu 610041)

Abstract: In order to reveal the effects of gibberellin acid GA₃ on the oats seed germination and vigor, the five oat varieties soaked with GA₃ at different at different concentrations (0, 50, 150, 200 mg/L), and the germination rate, germination potential, vigor index, radicle length and seedling height were compared and analyzed. The results showed that the seed germination index showed a trend of first increasing and then decreasing with the increase of the GA₃ concentration. The medium concentration (150 mg/L) and low concentration (50 mg/L) of GA₃ could promote the germination, and the high concentration (200 mg/L) had some inhibit function on the germination. 50 mg/L GA₃ was the optimal concentration for the oat seed germination. The promoting effects of GA₃ on the seedling height were more significant than that on the root length. Except for Linna varieties, different concentrations of GA₃ treatment could significantly improve the height of the seedlings. In addition, the germination of different oat varieties also showed significant differences under GA₃ treatment. The promoting effects of GA₃ on the seed germination decreased as the following order: Qinghai444 > Qingyan NO. 1 > Qingyin NO. 3 and Qinghai sweet oat > Linna.

Key words: oat; seed germination; gibberellin acid; seeds vigor index