

# 新麦草幼穗愈伤组织诱导影响因素研究

云岚, 云锦凤, 李俊琴 (内蒙古农业大学生态环境学院, 内蒙古呼和浩特 010019)

**摘要** [目的]探讨愈伤组织诱导取材时间、培养基筛选、激素调节及幼穗成熟度对新麦草幼穗愈伤组织诱导的影响。[方法]以新麦草2个品种幼穗为外植体接种于附加不同激素的MS和N6培养基上进行愈伤组织诱导培养。[结果]2种培养基诱导的愈伤组织质地无明显差异。山丹新麦草幼穗最佳诱导培养基为N6添加2,4-D 2 mg/L, P8401为MS添加2,4-D 6 mg/L。ABA添加于MS培养基可显著促进愈伤组织生长。山丹新麦草幼穗愈伤组织培养添加ABA适宜浓度为1.5 mg/L, P8401为0.3 mg/L。CH仅具有加速愈伤生长的效果,但对新麦草愈伤组织诱导促进作用不大。P8401新麦草1~2 cm新生幼穗材料作为愈伤诱导外植体最为理想,山丹新麦草5~6 cm较成熟幼穗在MS上愈伤诱导率高于幼嫩小穗。[结论]2种培养基均可用于新麦草幼穗愈伤组织诱导。外植体的取材时间在组织培养中是关键因素。

**关键词** 幼穗;愈伤组织;脱落酸;水解酪蛋白;成熟度

中图分类号 Q943.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)02-00514-04

Effects of Hormone and Maturity on Callus Induction of Young Spike in *Psathyrostachys juncea*

YUN Lan et al (College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019)

**Abstract** [Objective] The research aimed to discuss the effects of the sampling time of callus induction, medium screening, hormone regulation and the maturity of young spike on the callus induction of young spikes in *Psathyrostachys juncea*. [Method] Young spikes in 2 varieties of *P. juncea* were taken as explants to inoculate on MS and N6 medium with appending different hormones and culture for callus induction. [Result] The callus quality induced by 2 kinds of medium had no obvious difference. The optimum induction medium for young spike of Shandan *P. juncea* was N6 with adding 2 mg/L 2, 4-D and that for P8401 was MS with adding 6 mg/L 2, 4-D. Adding ABA to MS medium could significantly promote the growth of callus. The suitable concentration of adding ABA for callus culture of young spikes in Shandan *P. juncea* was 1.5 mg/L and that for P8401 was 0.3 mg/L. Casein hydrolysate (CH) only had the effect of accelerating the growth of callus, but its promotion effect on the callus induction of *P. juncea* was little. Taking neonatal young spike materials with the length of 1~2 cm as explants for callus induction was most ideal for *P. juncea* P8401 and the callus induction rate of more mature young spikes on MS medium with the length of 5~6 cm was higher than young spikelets for Shandan *P. juncea*. [Conclusion] Both of 2 media could be used for the callus induction of young spikes in *P. juncea*. The sampling time of explants was key factors in the process of tissue culture.

**Key words** Young spike; Callus; Abscisic acid; Casein hydrolysate; Maturity

新麦草 (*Psathyrostachys juncea*) 是一种抗性较强的冷季型禾草,在北美地区种植广泛,育成品种较多,但我国育成品种较少且均为驯化栽培品种,难以满足生产需要。其中山丹新麦草 (*Psathyrostachys juncea*.cv.Shandan) 是中国农业大学草地研究所于1994年登记的驯化栽培品种,适应性强,营养价值高<sup>[1]</sup>。为了选育优良新麦草品种,内蒙古农业大学1984年从美国农业部农业研究局牧草饲料作物研究所(USDA-ARS.FRRL)引入新麦草进行试验比较,选择表现最优的材料于1994年建立品系,即新麦草品系P8401<sup>[2]</sup>。新麦草虽具有许多优点,但种子产量不稳定、苗期生长慢等因素限制了这一优良草种的大面积推广种植。组织培养研究不仅可为新麦草利用增加新的无性繁殖途径,更可为原生质体培养、组培再生体系的建立和进一步的遗传转化奠定基础。以幼穗为外植体进行组织培养在许多禾本科植物中已取得成功<sup>[3-10]</sup>,包括新麦草也有成功报道<sup>[11]</sup>,但尚未见关于新麦草幼穗不同基因型的愈伤组织诱导取材时间、培养基筛选、激素调节等方面的研究。笔者探讨了幼穗成熟度及不同培养基(MS和N6)、生长调节物质2,4-二氯苯氧乙酸(2,4-D)、脱落酸(ABA)、水解酪蛋白(CH)及激素浓度对2品种新麦草愈伤组织诱导的影响作用,提出适于山丹新麦草和P8401新麦草的胚性愈伤组织诱导方法。

## 1 材料与方法

**1.1 供试材料** 山丹新麦草、新麦草品系P8401均来源于内蒙古农业大学牧草试验站品种资源圃,为种植第5年,2品种(系)新麦草在呼和浩特生长生育期基本一致,均于3月下旬返青,5月上旬生长至孕穗期。

**1.2 培养基** 基本培养基为MS和N6培养基,愈伤组织诱导培养基在MS和N6的基础上添加2,4-D、ABA和CH。分别为:MS+0、2、4、6 mg/L 2,4-D;N6+0、2、4、6 mg/L 2,4-D;添加2 mg/L 2,4-D的MS+0、0.3、0.5、1.0、1.5 mg/L ABA;添加2 mg/L 2,4-D的MS+0、500 mg/L CH。

**1.3 方法** 新麦草生长至孕穗期时,将包含未成熟幼穗的生殖枝剪下,保鲜膜包裹运回实验室,置于4℃冰箱冷藏3 d,取出后用镊子及解剖刀剥去外层苞叶,保留包裹着未成熟幼穗的最内层叶片,用蒸馏水冲洗干净,置于超净工作台上。先用浓度70%乙醇表面消毒3 min,再用浓度0.1% HgCl<sub>2</sub>浸泡消毒7 min,无菌水洗涤4次。用镊子和解剖刀小心剥去幼穗外层苞叶,直尺测量幼穗长度后,取1~6 cm长的幼穗作为接种材料,幼穗长度分为5个等级,分别为等级I(幼穗长1~2 cm)、II(幼穗长2~3 cm)、III(幼穗长3~4 cm)、IV(幼穗长4~5 cm)、V(幼穗长5~6 cm)。将幼穗用解剖刀横切成2~3 mm小段,按照不同长度等级分别接种于三角瓶中的培养基上,每瓶接入10~16个幼穗切段。于25℃下暗培养,每日观察愈伤组织生长情况。当愈伤生长15 d后统计各瓶中生长愈伤组织数、花器官分化数、愈伤组织大小等级,计算各瓶中愈伤组织发生率和花器官分化率,SAS统计软件进行方差分析。

愈伤组织发生率(%) = 发生愈伤的组织块数/幼穗切段

**基金项目** 内蒙古科技厅草业虚拟院攻关项目20040601和内蒙自然科学基金200711020416共同资助。

**作者简介** 云岚(1970-),女,内蒙古呼和浩特人,副教授,从事牧草育种研究。

**收稿日期** 2007-09-11

接入块数 $\times 100$ ;

花器官分化率 (%) = 发生花器官的组织块数 / 幼穗切段  
接入块数 $\times 100$ 。

按 Armstrong (1985) 等提出的鉴别标准<sup>[2]</sup>, 愈伤组织分为: I 型 (白色, 致密, 坚硬, 干燥, 表面皱起, 生长慢, 可发生胚状体, 但易发生器官分化)、II 型 (黄绿色, 颗粒状, 较致密, 较湿润, 生长快, 易发生胚状体) 和 III 型 (灰棕色, 疏松, 表面湿润, 生长缓慢, 不发生胚状体)。I 型和 II 型为胚性愈伤组织, 但 I 型在继代过程中易发生器官分化而丧失胚性; III 型为非胚性愈伤组织, 难以分化再生植株。笔者所统计的

愈伤组织皆为 I 型和 II 型, III 型未计入。

## 2 结果与分析

### 2.1 MS 和 N6 培养基及 2,4-D 浓度对幼穗愈伤组织诱导的影响

在暗培养条件下, 接种于 MS 和 N6 2 种培养基上的未成熟幼穗切段于第 4~5 天观察到有愈伤组织的生长, 且多为黄绿色、颗粒状的 II 型愈伤组织; 同时有些幼穗切段上出现花器官分化生长, 也有部分幼穗切段上同时出现花器官分化和愈伤组织; 另有少数幼穗切段死亡, 表现为未出现生长现象且颜色变白 (表 1)。

表 1 表明, 2 种培养基在不添加 2,4-D 时愈伤组织诱

表 1 添加不同浓度 2,4-D 的 MS 和 N6 培养基上幼穗愈伤组织发生和花器官分化情况

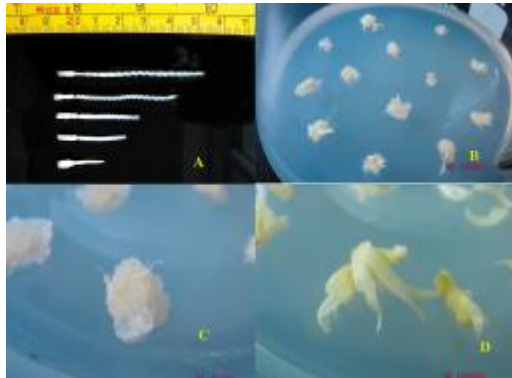
Table 1 Flower organ differentiation and callus formation of spikelet on MS and N6 medium with different 2,4-D concentrations

培养基 Culture medium	2,4-D 浓度 mg/L 2,4-D concentrations	山丹 Shandan			P8401		
		接入数 Number of inoculation	愈伤组织发生 率//% Callus incidence	花器官分化率//% Flower organ differentiation rate	接入数 Number of inoculation	愈伤组织发生 率//% Callus incidence	花器官分化率//% Flower organ differentiation rate
MS	0	75	22.55 c	89.71 a	85	45.14 b	68.57 a
	2	77	58.44 b	35.43 b	82	73.57 a	60.86 a
	4	78	78.13 a	32.14 b	85	79.71 a	43.86 ab
	6	82	54.32 b	35.00 b	82	85.00 a	26.00 b
	平均	78	53.36	48.07	84	70.86	49.82
N6	0	61	38.40 c	32.80 a	63	20.40 b	89.00 a
	2	58	94.20 a	25.40 a	57	60.60 a	57.40 a
	4	67	87.80 bc	18.00 a	62	60.40 a	58.00 a
	6	67	63.80 bc	17.20 a	62	81.80 a	55.60 a
	平均	63	71.05	23.35	61	55.80	65.00

注: 不同小写字母表示在 0.05 水平有差异, 下表同。

Note: Different lowercases stand for differences at 0.05 level. The same as follows.

导率都很低, 只有少数幼穗脱分化生长愈伤组织, 多数幼穗继续进行花器官的分化发育, 主要是从穗轴和颖的基部分化形成颖片和稃片, 可明显看到小穗轴和小花内外稃的伸长。在添加 2,4-D 后器官生长受到明显抑制, 接种后第 4 天开始观察到愈伤组织生长 (图 1)。



注: A 为不同长度幼穗材料; B 为接种后第 5 天的幼穗切段; C 为生长 15d 的愈伤组织; D 为分化生长花器官的幼穗切段。

Note: A: Spikelet materials with different concentrations; B: Spikelet segments 5 d after inoculation; C: Callus growing for 15 d; D: Spikelet segments of flower organ differentiation

图 1 新麦草幼穗的愈伤组织生长和花器官分化情况

Fig. 1 Callus formation and flower organ differentiation of spikelet of *Psathyrostachys juncea*

2 个新麦草品种的幼穗在 MS 培养基和 N6 培养基上均能生长并获得愈伤组织, MS 和 N6 添加 2,4-D 后, 随着 2,4-D 浓度增加均有愈伤组织发生数量增多的趋势, 比较 2 种培养基诱导效果, 山丹新麦草幼穗在 N6 培养基上生长效果更好, 特别是当 N6 添加 2 mg/L 2,4-D 时愈伤组织诱导率高达 94.20%, 方差分析显著高于其他浓度处理, 而 2,4-D 浓度继续增加则愈率反而显著降低。P8401 幼穗则更适于

在 MS 培养基上生长, MS 添加 2~6 mg/L 2,4-D 时愈伤组织诱导率都显著高于对照, 但 2,4,6 mg/L 之间无显著差异。同时, 幼穗切段花器官分化在添加 2,4-D 后显著减少, 特别是在 MS 培养基上与对照差异显著。2,4-D 为 2~6 mg/L 时, 山丹新麦草花器官分化率都显著低于对照; 当 2,4-D 浓度增加到 6 mg/L 时 P8401 花器官分化率与对照差异显著, 这表明 2 个品种在组织发生时, 因遗传差异性, 所需要的生理条件有一定差别, 因此对培养基和激素浓度有不同的选择性, 且 P8401 新麦草在愈伤组织诱导时适宜的生长激素浓度高于山丹新麦草。MS 和 N6 培养基上生长的愈伤组织在质地上无明显差异。添加 2,4-D 的培养基上愈伤组织质地致密, 颜色淡黄, 颗粒状明显; 而不添加 2,4-D 的培养基上愈伤组织质地较疏松, 颜色发白。但随着愈伤生长时间的延长, 至 20 d 左右时, 在添加高浓度 2,4-D 的培养基上观察到部分愈伤组织出现褐化现象。

### 2.2 ABA 和 CH 对幼穗愈伤组织诱导的影响

表 2 表明, 在 MS 培养基添加 2 mg/L 2,4-D 的基础上, 分别添加 0.3~1.5 mg/L ABA, 观察 2 个新麦草品种幼穗的愈伤组织生长情况。随培养基内 ABA 浓度增加, 接入幼穗愈伤组织发生率增加, 同时花器官分化率下降, 试验结果表明, MS 培养基添加 ABA 具有显著的抑制花器官分化, 促进愈伤组织生长的作用。但 2 品种间存在明显差别, 在含低浓度 ABA 的培养基上山丹新麦草幼穗愈伤组织发生率与对照无显著差异, 当 ABA 浓度增至 1.5 mg/L 时出现显著差异, 愈伤组织诱导效果最好, 花器官分化率也最低; 而品系 P8401 幼穗在含较低浓度 ABA 培养基上愈伤组织发生率就显著增加, 0.3~1.5 mg/L 浓度间无显著差异, 且只有 ABA 为 0.3 mg/L 时花器官分化率显著低于对照。可见适宜的 ABA 添加浓度因材料而

异,试验中山丹新麦草幼穗愈伤组织培养添加 ABA 最佳浓度为 1.5 mg/L, 而当 ABA 浓度为 0.3 mg/L 时品系 P8401 就能获得理想的愈伤组织。

表 2 添加不同浓度 ABA 的 MS 培养基上幼穗的愈伤组织发生和花器官分化情况

ABA 浓度 mg/L ABA concentrations	山丹 Shandan		P8401	
	愈伤组织 发生率 Callus incidence	花器官分化率 Shandan flower organ differentiation rate	愈伤组织 发生率 Callus incidence	花器官分化率 Shandan flower organ differentiation rate
0	61.75 b	42.25 a	55.25 b	66.00 a
0.3	73.75 b	38.25 a	86.50 a	28.75 b
0.5	77.75 b	25.25 ab	83.75 a	57.25 a
1.0	77.78 b	35.00 a	89.00 a	42.50 ab
1.5	94.50 a	10.00 b	79.25 a	44.00 ab

注:培养基为 MS+2,4-D 2 mg/L。下表同。

Note: The culture medium is MS +2,4-D 2mg / L. The same as follows.

表 3 添加 CH 的 MS 培养基上幼穗的愈伤组织发生和花器官分化情况

CH mg/L	山丹 Shandan		P8401	
	愈伤组织发 生率 Callus incidence	花器官分化率 Shandan flower organ differentiation rate	愈伤组织发 生率 Callus incidence	花器官分化率 Shandan flower organ differentiation rate
0	78.00 b	36.00 a	69.70 a	60.61 b
500	88.89 a	33.33 a	28.57 b	95.24 a

表 3 表明,试验在 MS 培养基添加 2 mg/L 2,4-D 的基础上比较了添加 500 mg/L CH 对幼穗愈伤组织的诱导效果。添加了 CH 的培养基上愈伤组织生长迅速,第 10 天时观察幼穗形成的愈伤组织体积显著大于同期生长的未添加 CH 的对照,幼穗分化的花器官也表现出旺盛生长,分化出的器官体积大于对照。而对愈伤组织的诱导作用则不能确定,山丹新麦草幼穗愈伤组织发生率在添加 CH 后有所增加,而品系 P8401 幼穗在添加 CH 的培养基上愈伤组织发生率却急剧下降。试验结果初步表明,CH 主要是作为一种营养型添加物,其作用是为细胞生长提供营养物质,试验中,其促进生长效果显著,但对细胞的分化方向并无决定作用。

### 2.3 幼穗外植体发育阶段对愈伤组织诱导的影响

2.3.1 山丹新麦草不同长度幼穗诱导愈伤组织结果。山丹新麦草不同长度幼穗诱导产生愈伤组织的能力,在 N6 和 MS 2 种培养基上表现不尽相同。在添加和未添加 2,4-D 的 N6 培养基上,随着幼穗的发育,愈伤组织发生率都呈下降

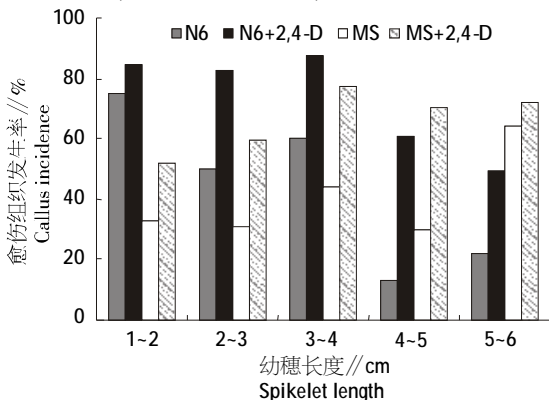


图 2 山丹新麦草不同长度幼穗愈伤组织诱导率

Fig. 2 Callus induction rate of different length spikelets of Shandan Psathyrostachys juncea

趋势(图 2),未添加 2,4-D 时,1~2 cm 的发育初期幼穗愈伤组织发生率最高;添加 2,4-D 后不同长度幼穗愈伤组织发生率都有明显增加,其中 1~4 cm 幼穗愈伤组织诱导率均达 80% 以上;而在 MS 培养基上则 1~6 cm 幼穗随发育进程愈伤组织发生率有所增加,在未添加 2,4-D 的 MS 培养基上诱导愈伤组织时,长度为 5~6 cm 幼穗的愈伤组织发生率最高;添加 2,4-D 后,愈伤组织发生率也都有增加,但出愈率仍是 3~6 cm 幼穗显著高于 1~3 cm 幼穗。

2.3.2 品系 P8401 新麦草不同长度幼穗诱导愈伤组织结果。品系 P8401 新麦草幼穗在 N6、MS 培养基和添加了 2,4-D 的 N6、MS 培养基上愈伤组织生长趋势比较一致(图 3),均表现为随着幼穗的发育成熟,诱导发生愈伤组织的能力降低。在 4 种培养基上生长时,P8401 新麦草 1~2 cm 的新生幼穗切段愈伤组织发生率最高,特别是在添加 2,4-D 的 MS 培养基上愈伤组织发生率高达 97.5%,幼穗生长发育至 5~6 cm 时,愈伤组织发生率显著下降,在 N6 培养基上甚至为 0。因此,P8401 新麦草以幼穗作为诱导愈伤组织的外植体材料时,应尽量选择发育程度低的新生幼穗。

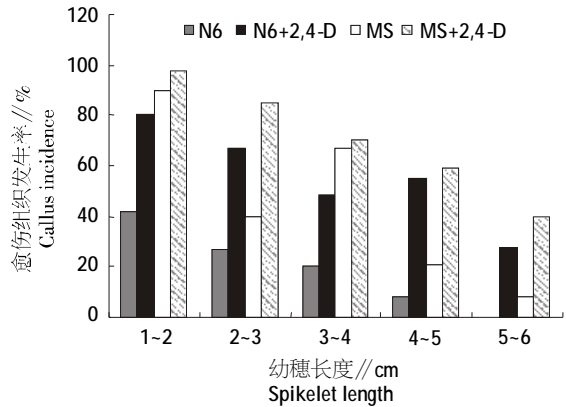


图 3 P8401 不同长度幼穗愈伤组织诱导率

Fig. 3 Callus induction rate of different length spikelets of P8401

2.3.3 山丹新麦草不同长度幼穗花器官分化情况。山丹新麦草幼穗发育花器官的趋势在 N6 和 MS 2 种培养基上也有差异(图 4)。无论是否添加 2,4-D,在 N6 培养基上培养的山丹新麦草幼穗随着成熟度增加,发生花器官的数量也增加,特别是在未添加 2,4-D 的 N6 培养基上,花器官分化率随幼穗长度增加呈直线上升趋势,由 2% 增加至 78%。在 MS 培养基上则没有出现以上趋势,2~3 cm 幼穗分化花器官最多,5~6 cm 最少;添加 2,4-D 后各发育阶段幼穗花器官分化都

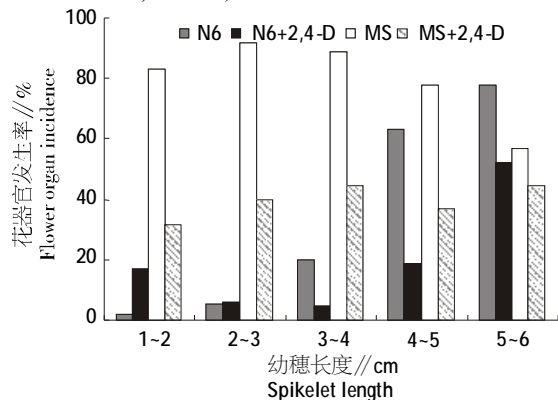


图 4 山丹新麦草不同长度幼穗花器官分化率

Fig. 4 Flower organ differentiation rates of different length spikelets of Shandan Psathyrostachys juncea



明显受到抑制,不同长度幼穗分化率差距不明显。总体来看,随成熟度增加呈微弱上升趋势。

**2.3.4 品系 P8401 新麦草不同长度幼穗花器官分化情况。**品系 P8401 新麦草各发育阶段幼穗的花器官分化趋势与愈伤组织形成相反,即随着幼穗成熟和长度的增加,培养幼穗切段的愈伤组织诱导率下降,而花器官分化率逐渐增加,且在 4 种培养基上均表现出以上规律(图 5)。

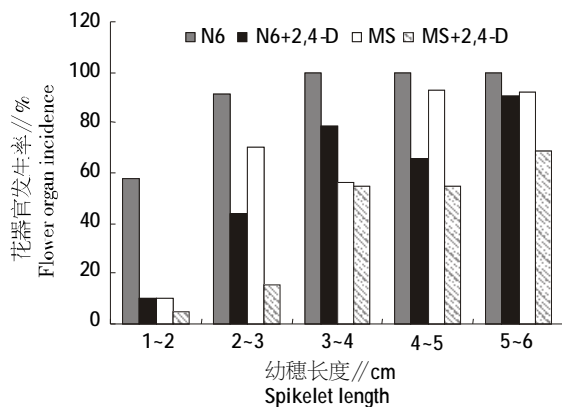


图 5 P8401 不同长度幼穗花器官分化率

Fig. 5 Flower organ differentiation rates of different length spikelets of P8401

### 3 结论与讨论

(1) 2 个新麦草品种的幼穗在 MS 培养基和 N6 培养基上均能生长并获得愈伤组织,MS 和 N6 添加 2,4-D 后,随着 2,4-D 浓度增加均有愈伤组织发生数量增多的趋势,2 品种(系)对 MS 和 N6 培养基的反应不同。山丹新麦草幼穗在 N6 培养基上生长效果更好,在添加 2,4-D 的 N6 培养基上平均愈伤组织发生率最高,花器官分化率最小;而品系 P8401 幼穗则更适于在 MS 培养基上生长,比在 N6 培养基上愈伤组织诱导率更高,平均花器官分化率也更低。

(2) 在培养基中添加 2,4-D 后,器官生长受到明显抑制,接种后第 4 天开始观察到愈伤组织生长,且愈伤组织诱导率显著提高。当 MS 培养基添加 4 mg/L 2,4-D、N6 培养基添加 2 mg/L 2,4-D 时,山丹新麦草幼穗愈伤组织发生率最高;而 2~6 mg/L 2,4-D 添加于 MS 培养基和 N6 培养基时,P8401 新麦草幼穗愈伤组织发生率差异不显著。这与王淑强(1997)MS 添加 3 mg/L 2,4-D 时新麦草愈伤组织诱导率最高的试验结果不同<sup>[11]</sup>,可能与试验材料不同有关。

(3) ABA 是一种生长抑制性植物激素,其主要是在植物生长发育和抵抗外界环境胁迫时发挥作用,试验证明在植物种子萌发、胚胎发育、果实成熟过程中,ABA 含量会发生变化<sup>[13]</sup>。在植物组织培养中发现对离体组织花芽分化也有影响<sup>[14]</sup>。谢继红发现在冰草成熟胚愈伤组织诱导中,ABA 对抑制幼胚早熟萌发有一定作用<sup>[15]</sup>。梅传生等(1994)在水稻种子愈伤组织诱导培养时发现,ABA 对愈伤组织诱导率无影响,但添加 ABA 诱导的愈伤组织再生率下降<sup>[9]</sup>。试验中 ABA 在新麦草幼穗愈伤组织诱导阶段,具有显著的抑制器官分化和促进愈伤组织生长的作用。适宜的 ABA 添加浓度则因材料而异:山丹新麦草幼穗愈伤组织培养添加 ABA 最佳浓度为 1.5 mg/L,而当 ABA 在 0.3 mg/L 时 P8401 就能获得理想的愈伤组织诱导率。但 ABA 对愈伤组织再生的影响有待进一步研究。

(4) 有机氮源是多数植物组织培养中的必要物质,MS

培养基中只有甘氨酸作为有机氮源,有报道 MS 培养基中添加 CH,可有效提高愈伤组织诱导率及提高愈伤组织质量<sup>[16]</sup>,水解酪蛋白是氨基酸、多肽、蛋白质等的混合物,可作为愈伤组织生长的有机氮素来源<sup>[17]</sup>。该试验结果初步表明,CH 主要是作为一种营养型添加物,其作用是细胞生长提供营养物质,促进生长效果显著,但对细胞的分化方向并无决定作用。付凤铃在玉米幼穗愈伤组织培养中添加了 CH,认为适量的 CH 具有提高胚性愈伤组织诱导率的作用<sup>[4]</sup>。试验中 CH 并未表现出对新麦草愈伤组织确定的诱导作用,仅具有促进愈伤组织生长的效果,其在幼穗培养中的作用还需进一步探讨。

(5) 试验证明,植物外植体的种类及发育状态对愈伤组织诱导也有重要影响<sup>[18]</sup>。该试验比较了 2 品种从 1~2 cm 到 5~6 cm 幼穗的愈伤组织诱导结果,品系 P8401 新麦草幼穗随着成熟和长度增加,其幼穗切段的愈伤组织诱导率下降,花器官分化率逐渐增加,且在不同培养基上均表现出以上规律。幼穗愈伤组织诱导率为 1~2 cm>2~3 cm>3~4 cm>4~5 cm>5~6 cm,因此,以 1~2 cm 新生幼穗材料作为愈伤组织诱导外植体最为理想,这与王淑强(1997)试验越幼嫩的幼穗越容易形成愈伤组织的结果一致<sup>[11]</sup>。山丹新麦草幼穗愈伤组织诱导和发育花器官的趋势在 N6 和 MS 2 种培养基上有差异,在 N6 上与 P8401 新麦草具有相同趋势,即选择 1~2 cm 幼穗诱导愈伤组织最有效;在 MS 上则愈伤组织诱导率与 1~6 cm 幼穗的发育进程无明显相关性,甚至 5~6 cm 的较成熟幼穗可获得更为理想的愈伤组织诱导率。这与前面的研究结果有一定差异,可能由于新麦草不同基因型对培养基的选择性较强导致,表明合适的幼穗外植体取材时间需因品种材料和培养基的不同而异。

### 参考文献

- [1] 孙彦,史德宽,杨青川.优良牧草品种山丹新麦草[J].中国种业,2000(4):46-47.
- [2] 云锦凤,王勇,徐春波,等.新麦草新品系生物学特性及生产性能研究[J].中国草地学报,2006(9):1-7.
- [3] 梅传生,汤日圣,张金渝,等.脱落酸对水稻离体培养植株再生率的调控[J].农业生物技术学报,1994(1):96-99.
- [4] 付凤铃,李晚忱,刘玉贞.玉米幼穗培养及植株再生[J].四川农业大学学报,1999(3):278-281.
- [5] 舒理惠.小麦不同发育时期的幼穗对离体培养的反应[J].科学通报,1982(1):882-884.
- [6] 王节之,张海风,郑向阳,等.常用激素对谷子幼穗组培的影响[J].山西农业科学,1998,26(3):40-43.
- [7] 霍秀文,魏建华,张辉,等.冰草属植物组织培养再生体系的建立[J].华北农学报,2004(01):17-20.
- [8] 杨爱芳,何春梅,王贤丽,等.黑麦草幼穗离体培养及植株再生[J].草业学报,2004,13(05):84-90.
- [9] 刘公社,汪恩华,刘杰,等.羊草幼穗离体培养诱导植株再生的研究[J].草地学报,2002,10(3):198-202.
- [10] 李瑞芬,孙振元,魏建华,等.野牛草幼穗愈伤组织的诱导及植株再生[J].武汉植物学研究,2004,22(5):449-454.
- [11] 王淑强,王善敏,刘玉红.新麦草幼穗组织培养及再生植株的研究[J].草地学报,1997(3):201-204.
- [12] ARMSTRONG C L, GREEN C E. Establishment and maintenance of friable, embryonic maize callus and involvement of L-proline [J]. J. Planta, 1985, 164: 207-214.
- [13] CHERNYSJ T, ZEEVAARTJ A D. Characterization of the 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase gene family and the regulation of abscisic acid biosynthesis in avocado [J]. Plant Physiol, 2000, 124: 343-353.
- [14] WWANG G Y, LIU P XU Z H. Effect of ABA on the invitro

碳酸氢铵 466 元/t, 过磷酸钙 436 元/t, 氯化钾 1783 元/t。纯 N、P、K 折合成化肥的比例分别是 79/14、506/62、75.5/39.0。由以上数据可以算出林地土壤中所含养分的价值为 90.856 元/t, 流失水土所含养分的价值为 90.493 亿元。河南省森林水土保持效益总价值为 99.098 亿元。

**2.3 净化环境效益** 河南省地处由温带落叶阔叶林气候向亚热带常绿阔叶林气候过渡地区, 省内绝大多数为阔叶林。阔叶林的滞尘能力为 10.11 t/hm<sup>2</sup>, 消减粉尘工程成本为 170 元/t<sup>[9]</sup>, 森林滞尘价值为 1 718.7 元/hm<sup>2</sup>。森林吸收二氧化硫为 0.152 13 t/hm<sup>2</sup>, 而二氧化硫消减成本为 600 元/hm<sup>2</sup>, 所以森林的吸收二氧化硫价值为 91 元/hm<sup>2</sup><sup>[9]</sup>。森林的杀菌价值为 5 300 元/hm<sup>2</sup><sup>[9]</sup>, 因此森林净化环境的价值为 7 109.7 元/hm<sup>2</sup>, 河南省森林净化环境的总价值为 192.175 亿元。

**2.4 吸收二氧化碳与释放氧气效益** 河南省林木蓄积量为 1.31 亿 m<sup>3</sup>。森林蓄积量吸收二氧化碳的量为 0.11 t/(m<sup>3</sup>·a), 二氧化碳转化为纯碳率为 12/44, 纯碳的价格为 1 583 元/hm<sup>2</sup>; 森林蓄积量放出的氧气量为 0.082 t/(m<sup>3</sup>·a), 生产氧气的工业成本为 100 元/t<sup>[6]</sup>。由以上数据可以得出, 河南省森林吸收二氧化碳的价值为 62.212 亿元, 释放氧气价值为 10.742 亿元, 总价值为 72.954 亿元。

**2.5 改善小气候和减轻水旱灾害效益** 改善小气候和减轻水旱灾害效益主要体现在防护林促进农作物增产的价值上。由于防护林对林内水分提高以及减弱风沙和旱涝灾害等作用, 平均 1.0 hm<sup>2</sup> 防护林能保护农田 10.8 hm<sup>2</sup>, 增加粮食产量为 9 360 kg<sup>[9]</sup>。由于粮食作物价格各不相同, 根据河南省实际情况, 平均价格按照 1 500 元/t 计算。河南省农田林网面积为 82.260 万 hm<sup>2</sup>, 有效保护农田 888.408 万 hm<sup>2</sup>, 增加粮食产量为 769.953 6 万 t。河南省森林改善小气候和减轻水旱灾害总价值为 115.493 亿元。

**2.6 其他生态效益** 国内外文献对森林生态效益的评估价值中, 以上 5 种生态效益占了绝大多数, 其他方面如抑制风沙效益、游憩资源效益、野生生物保护效益等占比例相对较小, 这里不再赘述。根据李长胜等对中国森林生态效益计量研究的结论, 除以上 5 种主要森林生态效益外, 其他效益所占比例为 3.65 %<sup>[9]</sup>。按照比例换算得出, 河南省森林其他生态效益价值为 27.677 亿元。

通过以上计算得出每年河南省森林生态效益总价值为 708.298 亿元(表 1)。河南省 2006 年林业总产值为 345 亿元, 占全省 GDP 的 2.78 %。而笔者以近期各项工程成本和物价水平计算出的河南省林业生态效益价值是 2006 年林业总产值的 2 倍多, 这与国内外对林业生态效益价值评估所得的结论是一致的。国内相关报道中, 广东省和辽宁省都曾对全省林业生态效益作了评估, 结论是林业生态效益明显大于经济效益<sup>[9-10]</sup>; 李长胜等在对全国的森林生态效益进行计量研究时也得出同样的结论, 即林业的生态价值远远

大于经济价值<sup>[9]</sup>。

表 1 河南省森林生态效益价值估算

Table 1 Estimation on ecological benefit of forestry in Henan Province

生态效益 Ecological benefit	价值/亿元 Value	所占比例/% Proportion
涵养水源 Self-resiraint fountain	202.725	28.62
水土保持 Water and soil conservation	99.098	13.99
净化环境 Purifying environment	192.175	27.13
吸收二氧化碳与释放氧气 Absorption of CO <sub>2</sub> and release of O <sub>2</sub>	72.954	10.30
改善小气候和减轻水旱灾害 Melioration of micro climate and lightening of disaster	115.493	16.31
其他 Others	25.853	3.65
总计 Total	708.298	100.00

### 3 讨论

在生态效益价值计算中, 国内外研究者提出了许多方法, 这里为了更符合河南省实际情况, 对部分效益重新组合后有针对性地选取了估算方法。比如, 在净化环境效益中, 忽略了城市林业生态效益很重视的降低噪音价值的计算, 这是因为河南省森林主要分布在广大山区农村, 林区噪音污染很小, 森林对噪音的降低效益也非常有限。由于河南省省内相关研究较少, 数据缺乏, 在进行价值计算时, 对部分生态效益只能根据经验数据估算, 误差在所难免。但是, 从整体来说, 大部分效益的计算方法和所用数据力求科学准确, 比较真实地反映了河南省林业生态效益的价值。

河南省地处淮河上游, 也是海河和长江部分支流的上游, 水源涵养意义重大。河南省内水源涵养林的状况直接影响到了下游的水质和旱涝灾害的发生程度。另外, 由于大气环流, 森林吸收二氧化碳、释放氧气等对空气的净化效益不一定只惠及本地区。因此, 只考虑局部区域而评估出的森林生态效益价值肯定偏低。林业不能当作一个简单的产业那样, 只考虑投入和产出, 林业在维护自然生态平衡方面的贡献决定了它公益性的特点。笔者仅对林业的一般生态效益作了保守的估算, 其价值已经远远超出经济产值了。所以, 国家对林业的投资应该更多地考虑其生态效益价值。

### 参考文献

- [1] 日本林野厅. 森林公益效能计量调查——绿色效益调查[M]. 杨惠民, 译. 北京: 中国林业出版社, 1982.
- [2] 李长胜, 王殿文, 吴艳辉. 中国森林生态效益计量研究[J]. 防护林科技, 2005(2): 1-3.
- [3] 刘康, 刘钰华. 防护林体系生态效益货币计量转换的探讨[J]. 新疆环境保护, 1998, 20(2): 29-31.
- [4] 丁建民, 徐延弼. 中国的森林[M]. 北京: 商务印书馆, 1996.
- [5] 浙江省水利厅. 关于东阳市向义乌市转让横锦水库部分用水权的调查报告[J]. 水利规划设计, 2001(2): 8-11.
- [6] 龚传洋. 林业生态效益和社会效益估算[D]. 福州: 福州大学, 2005.
- [7] 国家环境保护局. 中国生物多样性国情研究报告[R]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- [8] 张敬增, 王照平. 河南林业生态效益评价[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2006.
- [9] 王树森. 辽宁省森林生态效益的测评初探[J]. 林业经济, 1999(1): 47-51.
- [10] 薛春泉, 叶金盛, 林俊钦, 等. 广东省森林生态效益价值评估[J]. 广东林业科技, 2005, 21(3): 67-70.
- [11] 李忠光, 龚明. 水解酪蛋白对烟草愈伤组织和悬浮培养细胞生长的促进作用[J]. 云南师范大学学报, 2006(4): 60-61.
- [12] 谢志兵. 水解酪蛋白和不同碳源在猕猴桃组织培养中的作用[J]. 农业与技术, 2003, 23(4): 56-59.
- [13] 王培, 裴翠娟, 陈玉蓉. 冬小麦幼穗不同发育期不同穗段离体培养的效应[J]. 华北农学报, 1990, 15(1): 28-32.

(上接第 517 页)

induction of floral buds of *Dendrobium candidum* [J]. Acta Bot Sin, 1995, 37: 374-378.

[15] 解继红. 冰草组织培养再生体系的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006.