

纤维素粘合废弃物载体植生建坪环境生态工程应用研究

多立安, 赵树兰

(天津师范大学化学与生命科学学院, 天津 300074)

摘要: 纤维素为粘合剂, 并以无纺布草坪植生带建植原理, 通过简化生产工艺, 选用几种生活废弃物为植生载体, 对各类废弃物载体与草种的植生组合进行了建坪生产应用研究及效益分析。结果表明, 不同草种的植生组合, 其成坪效果差异明显, 这与草种本身特性密切相关; 同草种各植生组合成坪效果在建坪当年, 尤其建坪早期差异较大, 至第 2 年, 则成坪效果差异缩小。证明在纤维素粘合条件下, 研究所采用废弃物载体与草种进行植生建坪, 除具有生产与观赏性能良好的特点外, 还具有经济效益高的特点。将为废弃物植生建坪环境生态工程实际应用及拓宽环保新产业提供科学依据。

关键词: 草坪草; 废弃物载体; 植生建坪; 环境生态工程

Ecological engineering of using cellulose bonding carrier of wasted materials for belt seeding establishment

DUO Li-An, ZHAO Shu-Lan (College of Chemistry and Biology, Tianjin Normal University, Tianjin 300074, China)

Abstract: According to the principle of belt seeding establishment of adhesiver-bonded fabric, cellulose was used as bonding agent and several kinds of waste materials as belt seeding carriers. A study on productive application of waste material carrier and grass species combination were carried out. The results showed that the effect of belt seeding establishment was obviously different in combination of different grass species, this was interrelated with turfgrass' character closely. The effect of same grass species combination had a big difference in the year of establishment, especially in early stage of establishment; to the second year, the difference of the effect became small. It was testified that under cellulose bonding condition, belt seeding establishment was feasible by using waste material and turfgrass combination. The method not only had a good function of production and ornament, but also had high economic benefit. The study would provide a scientific basis for applying ecological engineering of environment to belt seeding establishment of waste material and developing a new industry of environmental protection.

Key words: turfgrass; waste material carrier; belt seeding establishment; ecological engineering of environment

文章编号: 1000-0933(2001)01-0143-08 中图分类号: X17 文献标识码: A

实现生活废弃物充分资源化利用和大地绿化工程, 是生态城建设的基本目标^[1,2]。当今, 一方面由于人口的剧增, 城市化进程的加快, 伴随着废弃物的数量与种类不断增多, 为此废弃物最大限度资源化利用受到各国的重视^[3~5]。另一方面, 随着人们生态环境意识的增加, 渴望优美的生活与工作环境, 充分实现大地环境绿化工程, 已成为人们普遍的要求, 草坪绿化规模与水平已成为衡量现代化城市环境质量的重要客观

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(批准号: 59878033)

收稿日期: 1998-11-20; 修订日期: 2000-02-28

作者简介: 多立安(1962-), 男, 黑龙江富裕县人, 硕士, 副教授。主要从事生态研究和教学工作。

标准^[6~8]。在诸多草坪建植方法中,植生带技术是较为先进的,很多发达国家采用较多^[9,10]。目前世界上通用无纺布植生带技术生产工艺复杂,成本较高,因而在我国推广应用有一定的局限性。而建立以机械设施为依托,运用先进可行的工艺技术,实现规模化生产,无疑是现代化、专业化草坪建植的发展方向。针对这种情况,本研究依据无纺布草坪植生带生产原理,以纤维素为粘合剂,利用部分生活废弃物代替无纺布载体,通过简化技术工艺,组建废弃物资源化利用体系,目的在于环境中废弃物资源得到充分有效的利用,降低植生带生产成本,拓宽环保新产业,最终实现环境生态工程中的环境与经济效益的高效统一,促进生态城的建设与可持续发展。本研究是绿化工程与废弃物处理工程相结合的全新环境生态工程,国内外尚无文献报道,因此具有重要的理论意义与实际应用价值。

1 实验材料与方法

1.1 实验材料

废弃物及对照载体 废弃报纸,下以 N 简化表示;废弃棉布,下以 C 表示;废弃纱布,下以 G 表示;废弃面巾纸,下以 T 表示;以上选用各废弃物来源相同,强度一致,并在植生体制作前对各类废弃物在强光下曝晒 1 个星期左右,以保证草坪草种子正常萌发,起消毒作用。对照载体为无纺布,下以 A 简化表示。粘合材料的制备方法是将羧甲基纤维素加 100℃ 热水配成浆糊状即可。施入营养物质为 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 和 KH_2PO_4 , 目的为促进草坪草初期生长,以利于草坪草克服废弃物载体阻力。草坪草选用我国各地广泛应用的多年生黑麦草(*Lolium perenne* L.), 以下用 L 简化表示,其种子萌发率为 69.9%;高茅茅(*Festuca arundinacea* L.), 下以 F 表示,其萌发率为 76.92%;早熟禾(*Poa pratensis* L.), 下以 P 表示,其萌发率为 64.00%。

1.2 组建植生组合体及制作方法

草坪草与废弃物共组建 18 个植生组合体,其如下表示为:NL T, NL G, CL T, CL G, NL N, AL A; NF T, NF G, CF T, CF G, NF N, AF A; NP T, NP G, CP T, CP G, NP N, AP A。各组合体含义第 1 个字母代表下层载体材料;第 2 个字母代表组合体含有草坪草种子;最后一个字母代表上层载体材料。植生组合体的制作方法是先将各类废弃物裁制成面积为 0.1 m^2 的矩形($0.38 \text{ m} \times 0.27 \text{ m}$),为植生组合的载体材料。而后在各载体上少量涂抹上粘合材料,并将 3 种草坪草种子和营养物质均匀粘合在两层载体中间,组成植生组合体。其中含 L 草种组合播种量为 40.0 g/m^2 (相当于具有萌发力种子 1.72 万粒/m^2), $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 为 20.0 g/m^2 , KH_2PO_4 为 10.0 g/m^2 ; F 草种组合播种量为 40.0 g/m^2 (相当于具有萌发力种子 1.40 万粒/m^2), $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 为 20.0 g/m^2 , KH_2PO_4 为 10.0 g/m^2 ; P 草种组合播种量为 20.0 g/m^2 (相当于具有萌发力种子 6.81 万粒/m^2), $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 为 25.0 g/m^2 , KH_2PO_4 为 10.0 g/m^2 。此外, L、F、P 草种组合各自都有无纺布载体组合作对照,其中种子播量、粘合材料及营养物质的多少与方式与同草种组合相同。植生组合体制作完毕后,在温度为 $20 \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$, 相对湿度为 $55\% \sim 70\%$ 的自然条件下阴干,以备植生建坪。

1.3 植生组合体建坪

实验地设在天津师范大学南院,土壤肥沃,地力均匀。建植前充分整地,南北向起垅,垅台宽 40 cm, 垅沟宽 20 cm, 草坪植生体间距离 20 cm。植生建植在初夏(6 月 10 日)进行,随机排列,4 次重复。覆土厚度 L、F 草种植生组合均为 1.0 cm, P 草种植生组合为 0.5 cm。有关生产性能的比较研究,以直接播种建植为对照。建植后马上灌透水,以后一直保持土壤足够的水分,并随时进行杂草清除,至越年初夏实验结束。

1.4 测定内容与方法

从植生建植开始,测定初期出苗日期与出苗密度;从初期出苗至出苗稳定,每天测定出苗密度至出苗稳定;出苗稳定至入秋,每隔 30 d 左右测定 1 次,确定入秋时的保苗密度;越年初夏(5 月 17 日)再次测定经一个冬季草坪草的保苗密度与分蘖数。草坪草出苗与保苗密度测定样方均为 0.01 m^2 , 样方在植生建植区中的设置为随机取样。株高调查在出苗初期与出苗稳定期各测定 1 次;以后至停止生长,每 30 d 左右测定 1 次;越年初夏(5 月 17 日)再调查 1 次株高。株高的测定为每植生建植区随机选测 3 株,作为该植生区的植株高度。调查数据解与归还土壤情况;调查草坪草建植至入冬的绿期与绿度,及调查越年早春植生建植区草坪草的返青日期,并与同草种直播建植区草坪草相比较。最后,以成本核算为依据,对纤维素粘合废

废弃物载体植生建坪的效益及应用前景进行了探讨。

2 结果与分析

2.1 植生建坪草坪草初期出苗

在 L 草种的植生组合中,NLG 与 CLT 两组合出苗所用天数均为 4d,比 ALA 少用 3d,同时期出苗密度也明显高于 ALA,这表明 NLG 与 CLT 组合载体对 L 草种的阻力相对较小,初期成坪速度相对较快。NLN 与 ALA 出苗所用的时间最长,分别为 6d 和 7d,表明载体阻力相对较大,初期成坪速度相对较慢。NLT 与 CLG 出苗均用 5d,在各组合中居中。结合出苗情况(见图 1),则载体组合的协调性与初期成坪速度的次序为 CLT>NLG>CLG>NLT>ALA>NLN。F 草种各组合,NFN 与 AFA 出苗所用的时间为 7d,是组合中最长的,其它各组合均为 6d;结合出苗情况(见图 1),进一步说明 NFN 与 AFA 两组合载体阻力相对较大,初期成坪速度较慢,即表现为组合初期协调性相对较差。从出苗密度综合分析,其它 4 组合效果相对较好,其成坪速度快慢次序为 CFT>NFG>CFG>NFT>NFN=AFA。在 P 草种组合中,NPN 出苗所用时间最长,即为 8d,其它组合均为 7d,从出苗密度调查可以看出,只有 NPG 和 CPG 两组合的初期出苗密度较高,其它组合均较低。综合分析,各组合成坪速度快慢次序为 NPG>CPG>NPT=CPT>NPN>APA。从 L、F、P 各组合初期成坪效果来看,除 NLN、NFN、AFA 外,L、F 草种其它各组合载体阻力相对较小,组合有较好的协调性,初期成坪效果相对较好;P 草种各组合,除 NPG 与 CPG 表现较好外,其它各组合相对表现次之。

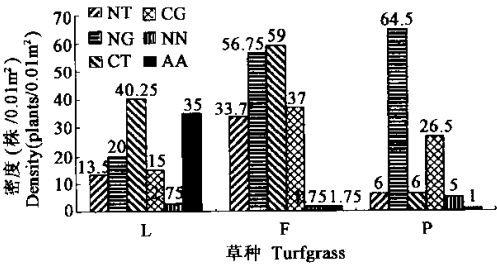


图1 初期出苗密度
Fig. 1 Density of initial emergence

表 1 最高出苗密度(株/0.01m²)
Table 1 Density of the highest emergence(plants/0.01m²)

多年生黑麦草 <i>L. perenne</i>			高羊茅 <i>F. arundinacea</i>			早熟禾 <i>P. pratensis</i>		
组合 Combination	密度 Density	%	组合 Combination	密度 Density	%	组合 Combination	密度 Density	%
NLT	170.50 ^A	110.53	NFT	135.75 ^A	131.48	NPT	42.25 ^E	28.36
NLG	169.75 ^A	110.05	NFG	135.00 ^A	130.75	NPG	159.75 ^B	107.21
CLT	171.25 ^A	111.02	CFT	138.75 ^A	134.38	CPT	98.50 ^D	66.11
CLG	170.25 ^A	110.37	CFG	128.75 ^A	124.7	CPG	190.00 ^A	127.52
NLN	96.25 ^C	62.40	NFN	71.75 ^C	69.49	NPN	43.00 ^E	28.86
ALA	154.25 ^B	100.00	AFA	103.25 ^B	100.00	APA	149.00 ^C	100.00

Test level($p<0.01$)

2.2 植生建坪草坪草稳定期出苗

出苗稳定时各组合出苗情况见表 1,在 L 草种各组合中,只有 CLG、NLT 与 ALA 达到出苗稳定时所用时间相同,均为 14d,其它各组合均为 18d,比 ALA 多 4d。方差分析表明,各组合间最高出苗密度达显著水平,进一步多重比较,各组合与 ALA 均达到显著水平($P<0.01$),除 NLN 外,余下 4 组合间未达到显著水平($P>0.01$)。这说明,在 L 草种的各组合中,NLN、ALA 两组合载体阻力较大,其初期成坪效果与其它 4 组合相比,相对次之。F 草种各组合中,NFT、CFG 与 AFA 达到出苗稳定时所用时间均为 14d,其它各组合均为 18d,比 AFA 多 4d。对最高出苗密度方差分析,各组合与 AFA 相比均达到显著水平($P<0.01$)除 NFN 外余下 4 组合间也未达到显著水平($P>0.01$)。F 草种各组合中,同样 NFN 与 AFA 2 组合的载体阻

力相对较大,因此初期成坪效果与其它 4 组合相比相对次之。在 P 草种各组合中,NPT、NPN 与 APA 达到出苗稳定时所用时间均为 14d,其它组合均为 11d,比 APA 少用 3d。对出苗密度方差分析表明,除 NPT 与 NPN 之间未达到显著水平($P>0.01$),其它各组合之间均达到显著水平($P<0.01$)。由此得出,CPG、NPG 与 APA 均具有良好的组合协调性和初期成坪效果,CPT 居中,NPT 与 NPN 则相对次之。综合以上分析,至出苗稳定时,除 NN 载体组合外,L 与 F 草种其它各组合出苗均相对整齐,并保持了较高的出苗密度,表明两草种与载体有相对较好的协调性,载体阻力相对较小。相比之下,P 草种各组合之间的差异较大,效果与 L、F 草种组合相比次之。

2.3 植生建坪草坪草入秋保苗

至入秋(11 月 8 日)时进行了保苗密度的调查(见表 2)。L 草种各组合方差分析达到显著水平,进一步比较,除 NLN 与 ALA 外,其它 4 组合与 ALA 相比均达到显著水平($P<0.01$)。F 草种组合间也达到显著水平,其中 NFT、NFG、CFT 与 AFA;NFT、NFG 与 CFG;CFT、CFG 与 NFN 均达到显著水平($P<0.01$)。对 P 草种各组合进行了方差分析也达到显著水平,除 CPG 外,各组合与 APA 均达到显著水平($P<0.01$),NPT、NPN 与 CPT 达到显著水平($P<0.01$)。综合以上分析,在 3 草种各组合中,L 草种各组合保苗密度最高,F 草种居中,P 草种相对次之;从草坪草出苗动态测定结果看,出苗稳定到入秋,由于载体效应和密度制约等因素,使各组合草坪草的密度逐渐下降,其总的趋势是,稳定期出苗最多的组合,密度下降幅度一般较大。从保苗情况分析,即使保苗密度较低的 P 草种各组合,仍具有较高保苗密度,符合植生建坪的密度标准。

表 2 入秋保苗密度(株/0.01m²)
Table 2 Density of conserved emergence in the fall (plants/0.01m²)

多年生黑麦草 <i>L. perenne</i>			高羊茅 <i>F. arundinacea</i>			早熟禾 <i>P. pratensis</i>		
组合 Combination	密度 Density	%	组合 Combination	密度 Density	%	组合 Combination	密度 Density	%
NLT	110.25 ^A	135.28	NFT	86.25 ^A	164.29	NPT	20.50 ^D	37.27
NLG	100.00 ^{AB}	122.70	NFG	88.00 ^A	167.62	NPG	30.00 ^C	54.55
CLT	100.25 ^{AB}	123.01	CFT	66.75 ^B	127.14	CPT	41.25 ^B	75.00
CLG	96.75 ^B	118.71	CFG	57.00 ^{BC}	108.57	CPG	54.25 ^A	98.64
NLN	80.00 ^C	98.16	NFN	43.50 ^D	82.86	NPN	18.75 ^D	34.09
ALA	81.50 ^C	100.00	AFA	52.50 ^{CD}	100.00	APA	55.00 ^A	100.00

Test level($p<0.01$)

2.4 植生建坪越年初夏草坪草保苗

越年初夏(5 月 17 日)对保苗密度调查结果见表 3。L 草种各组合间方差分析达到显著水平,进一步比较,除 NLN 外,其它各组合与 ALA 均未达到显著水平($P>0.01$);秋季保苗高的组合越年初夏密度下降幅度相对较大,ALA 则下降幅度相对较小,最终使各组合的保苗情况趋于一致水平。F 草种各组合方差分析达到显著水平,进一步比较,除 NFN 外,其它各组合与 AFA 也均未达到显著水平($P>0.01$);各组合最终保苗密度也是趋于一致水平,与 L 草种各组合相比,密度下降的幅度相对较小。P 草种各组合达到显著水平,其中 NPT、NPG、NPN 与 APA 达到显著水平($P<0.01$),NPT、NPN 与 CPT 也达到显著水平($P<0.01$);由此可见,P 草种各组合密度下降幅度与前两草种组合相比并不很大,就 NPN 最低保苗组合,其密度也有 1550 株/m²,仍保持了较高的密度水平。总的来看,NN 载体组合保苗密度均较低,其它各组合的保苗密度均接近 AA 载体组合。此外,同草种每株分蘖的枝条数无明显差异,即 L 草种为 3.64 个/株,F 草种为 3.12 个/株,可见,尽管 P 草种各组合的保苗密度较低,但由于草种本身特性,即有较大的分蘖潜力,这对后期成坪效果有着积极的影响。

表 3 越年初夏保苗密度(株/0.01m²)

Table 3 Density of conserved emergence in early summer of the next year (plants/0.01m²)

多年生黑麦草 <i>L. perenne</i>			高羊茅 <i>F. arundinacea</i>			早熟禾 <i>P. pratensis</i>		
组合 Combination	密度 Density	(%)	组合 Combination	密度 Density	(%)	组合 Combination	密度 Density	(%)
NLT	46.50 ^A	89.86	NFT	44.25 ^A	104.73	NPT	16.75 ^C	57.27
NLG	41.75 ^A	80.68	NFG	41.00 ^{ABC}	97.04	NPG	20.75 ^{BC}	70.94
CLT	42.00 ^A	81.16	CFT	37.75 ^{ABC}	89.35	CPT	27.50 ^{AB}	94.02
CLG	40.50 ^A	78.26	CFG	32.25 ^{BC}	76.33	CPG	30.00 ^A	102.56
NLN	38.25 ^B	73.91	NFN	30.50 ^C	72.19	NPN	15.50 ^C	52.99
ALA	51.75 ^A	100.00	AFA	42.25 ^{AB}	100.00	APA	29.25 ^A	100.00

Test level ($P<0.01$)

2.5 载体组合对植生建坪草坪草株高生长影响

与密度和盖度等数量特征指标相比,就草坪草而言,似乎高度指标相对显得意义不大;但一些研究表明,草的高度与其生长量和生长势具有正向关系^[11],因此,通过草坪草株高的测定,可以在很大程度上更深入地认识各废弃物载体组合对草坪草生长的效应。草坪草株高生长动态测定结果表明,L 组合草种株高生长主要在夏季进行,至夏末(8月4日),平均株高可达停止生长时株高的84.67%,各组间相比差异明显,即CLG、NLG、ALA、CLT、NLT与NLN各组合分别为99.32%、86.55%、85.64%、83.35%、78.02%和75.11%。至株高停止生长时(11月8日),测定结果见表4。L草种各组合株高方差分析达到显著水平,其中NLT、ALA与CLT达到显著水平($P<0.01$),其它各组间未达到显著水平($P>0.01$)。综合以上分析,L草种各组合成坪速度较快,成坪效果较好,且各废弃物载体植生组合株高均高于ALA或与之相当,表明草种与载体均有相对较好的协调性。F草种株高生长至夏末(8月4日),其平均株高仅达到停止生长时株高的50.88%,各组间差异较大;NFT、NFG、CFT、AFA、CFG与NFN分别为停止生长时的62.44%、60.67%、53.63%、43.62%、43.57%和41.36%。至停止生长时(11月8日)株高方差分析表明,各组间达到显著水平,进一步比较,CFG与AFA、NFG与NFN也均达到显著水平($P<0.01$)。由于F草种绝对株高较高,因此各组合的成坪速度也较快,反映草种与载体有相对较好的协调性。P草种各组合高度生长至夏末(8月4日),其平均株高达停止生长时株高的63.68%,组合间高度生长差异较大,其中NPG与CPT分别为47.54%和41.57%,在平均值以下;NPT、NPN、CPG与APA则分别为68.54%、68.35%、72.88%和71.18%,即在平均值以上。至株高停止生长时(11月8日),对P草种各组合方差分析表明,组合间未达到显著水平,表明高度生长比较趋于一致;但由于P草种绝对株高相对较低,因此,与L、F草种组合相比,初期成坪速度和效果相对次之,而其生产性能优势发挥的潜力较大,这主要与草种本身特性有关。至越年初夏(5月17日),对株高生长进行调查结果表明,同草种各组合株高生长均无明显差异,这说明了虽然同草种各组合初期株高生长性能、成坪效果差异较大,但随着建植时间的延长,至越年初夏(5月17日),株高生长、成坪效果则趋于一致。

2.6 废弃物载体分解归还土壤进程及再生价值实现

植生载体分解与归还土壤的情况是植生建坪生产应用中重要的性能指标之一,因此本研究对植生建坪后各类废弃物载体分解与归还土壤的情况进行了不定期的高频观测,观测结果表明,各废弃物载体分解与归还土壤进程由快到慢的次序为T>N>G>C>A。从各废弃物载体分解与归还土壤的变化过程基本相似,即随着草坪草的生长及环境条件的变化,首先是成片的各废弃物载体裂解为几部分载体片,且载体的颜色开始变黄,为数据应

为裂解变化的初始阶段;而后随着时间的进程及综合因子协同作用机制的建立,已裂解的废弃物载体片进一步碎解成更小的载体片,其颜色更加变黄、变深,这可称为裂解变化的加剧阶

段;最后随时间的进程,综合因子协同作用的加强,前阶段裂解的小载体片分解归还土壤,而且其颜色接近土壤颜色,并无法与土壤辨别,这一阶段可称为分解归还阶段;可见通过上述过程实现了废弃物载体最终归还土壤。但这里需要指出的是,各废弃物完成分解归还土壤过程的快慢差别较大,其中废弃物载体 T 完成全过程需 20~22d,N 为 40~50d,G 为 44~52d,C 为 65~85d;A 持续时间最长,至第二年草坪草返青时为止,才完成这一全过程,耗时约 280~320d。不同草种同载体组合比较而言,草种对分解归还进程的正向效应的大小次序为 L>F>P。由此不难发现,各废弃物载体分解与归还土壤进程的快慢,主要与废弃物载体自身特性(如强度)、采用粘合剂类型、草坪草分泌物、土壤生物及生态环境因子协同效应密切相关。可以认为,同类废弃物强度不一样,则分解归还进程快慢必有差异;粘合材料的种类不同,则对萌发和土壤微生物产生影响也会有差异,这样受到扰动的土壤生物群落作用于废弃物载体效应,也必反映在载体分解与归还进程上;同样草坪草根系分泌物除对载体有直接作用外,还会间接地影响土壤生物而对载体产生效应;另外,以上所论各因素所起作用,也毕竟是在环境因子协同作用下完成的,研究还发现各类废弃物载体分解与归还进程快慢与季节水热条件成正相关,即温度与多雨同步会加快载体分解与归还土壤的进程。人类的社会生产活动在实现其价值的过程中也产生各类废弃物,这些废弃物往往则被阻断于自然生态循环系统之外,无法参与自然生态循环,不能最大限度地实现其再生价值。由此可见,本研究通过组建废弃物资源再生利用体系,即在具有绿化环境功能的草坪草的参与下,在废弃物归还土壤的过程中,实现其再次参与自然生态系统循环和最大限度的资源化利用,而达到增值和创造经济与环境效益的目的(图 2)。

表 4 停止生长时株高(cm)

Table 4 Plant height when stopping growth

多年生黑麦草 <i>L. perenne</i>			高羊茅 <i>F. arundinacea</i>			早熟禾 <i>P. pratensis</i>		
组合 Combin- ation	株高 Plant height	(%)	组合 Combin- ation	株高 Plant height	(%)	组合 Combin- ation	株高 Plant height	(%)
NLT	23. 88 ^B	100. 55	NFT	53. 92 ^{ABC}	102. 24	NPT	18. 88 ^A	103. 00
NLG	28. 02 ^{AB}	117. 98	NFG	59. 90 ^{AB}	113. 58	NPG	19. 10 ^A	104. 20
CLT	30. 75 ^A	129. 47	CFT	60. 75 ^{AB}	115. 19	CPT	18. 08 ^A	98. 64
CLG	28. 04 ^{AB}	118. 06	CFG	62. 75 ^A	118. 98	CPG	15. 67 ^A	85. 49
NLN	24. 75 ^{AB}	104. 21	NFN	48. 16 ^C	91. 32	NPN	16. 59 ^A	90. 51
ALA	23. 75 ^B	100. 00	AFA	52. 74 ^{BC}	100. 00	APA	18. 33 ^A	100. 00

Test level($P<0.01$)

2.7 载体组合植生建坪草坪草色泽效应

草坪的色泽主要包括草坪的绿期和绿度指标,其中绿期包括草坪保持鲜绿至秋冬的时间和草坪早春返青的早晚时间;而绿度就是指草坪的鲜绿程度。绿期与绿度不仅是草坪最为重要的观赏特性,也是草坪建植质量与水平的衡量指标。草坪的绿期与绿度除与所选草坪草种相关外,也与草坪的建植方法与管理水平密切相关。本研究通过对各类废弃物植生组合草坪草绿期与绿度的观察结果表明,当年 L 草种各组合至秋冬绿期可持续至 12 月 22 日前后;F 草种各组合绿期至 12 月 15 日前后;P 为 12 月 18 日前后。就同草种而言,各废弃物载体组合之间,及其与对照 AA 载体组合之间,草坪草至秋冬绿期无明显差异,但均比同草种播种建坪的绿期长 8~10d。为了便于更好地研究各废弃物载体对草坪草生长的影响,实验期间未实施刈割处理,由此可以推断,如果对所有废弃物植生草坪实施刈割,则至秋冬的绿期会更长。对各类废弃物载体组合植生建坪草坪草越冬春天的返青情况观测表明,各草种组合返青早晚的次序为 F 草种组合>L 草种组合>P 草种组合,即 F 草种、L 草种及 P 草种各组合返青日期分别为 2 月 15 日~2 月 16 日、2 月 18 日~2 月 20 日和 2 月 25 日~2 月 26 日,同草种各废弃物载体组合返青日期无明显差异,但均具有比同草种直接播种建坪返青早 10d、8d 和 4d。对各植生组合草坪绿度观察比较发现,不同草种载体组合间差异明显,其具体表现为,不同

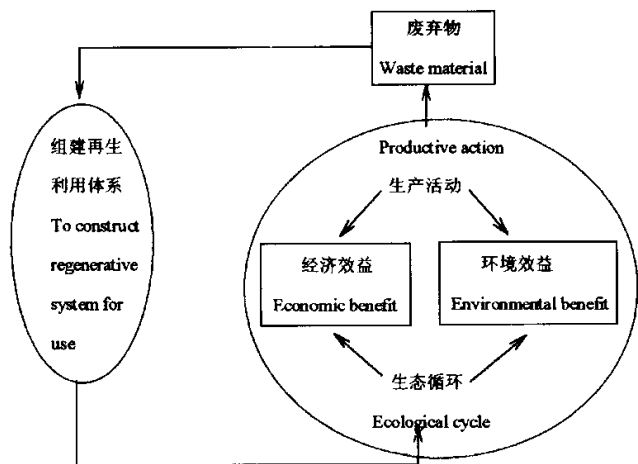


图 2 废弃物资源利用体系组建及再生价值实现模式

Fig. 2 To construct system for using waste material resources and realize format for regenerative value

草种植生组合的绿色有季节性变化特征,即在水热条件较好的夏季,L 草种组合绿色度表现比 P 草种组合好,P 草种组合绿色度特征表现居中,而 F 草种则相对次之,进入秋季,则各草种组合的绿色度特征又发生了较为明显的变化,即绿色度特征表现次序为 F 组合>P 组合>L 组合;这自然很大程度上取决于草种本身的特性,而通过对各草种废弃物载体组合与同草种直接播种建坪的绿色度比较发现,废弃物载体组合的绿色度要明显地优于直接播种的绿色度。这表明可能是废弃物载体植生建坪具有较好的保水和控制杂草的途径而实现的。综上分析不难得出,废弃物载体植生建坪具有绿期与绿色度均佳的观赏特征表现。

3 结论与讨论

3.1 在纤维素粘合条件下,选用不同草种,以各类废弃物为植生载体,对植生建坪生产应用主要指标进行了研究。结果表明,同草种各废弃物组合间,植生建坪效果在建坪当年各生产应用性能则表现出较大的差异,尤其是初期建坪效果差异更加明显,反映了草种与废弃物载体植生组合间的协调性是有差异的,这一点在 NN 载体同草种植生组合成坪效果上表现尤为突出。由此可以推断,这一表现效应主要与载体类型及粘合剂种类密切相关。首先,废弃物载体类型不同,强度差异较大,则其对草坪草初期的阻力差别也较大^[12];另外,废弃物类型不同,分解与归还土壤的进程快慢、分解产物也均有差异,这种差异在草坪生长的生长效应上,主要通过载体覆盖效应与载体分解产物的效应,如改变小环境及土壤生物的间接方式而发生作用。其次,有关研究也表明植生建坪粘合剂种类不同,对植生建坪草坪草生长有较大差异^[13];如果再考虑载体与粘合剂的协同效应,则不难发现,各类废弃物在不同粘合剂下的植生建坪在生产应用上是一个复杂而有待于广泛深入研究的课题。同草种各废弃物植生组合随着建坪时间的延长,植生建坪生产应用性能主要指标差异性相对缩小,至越年初夏建坪效果趋于一致,大多数废弃物载体植生组合超过或接近 A 载体的植生建坪效果。这与载体及粘合剂自身效应,协同效应由大到小的趋势是一致的。

3.2 从本研究进一步分析看,在废弃物为载体植生建坪生产应用中,废弃物类型、强度、粘合剂种类的选择固然重要,那么不同草种的选择也会使废弃物载体植生建坪的效果产生较大差异;表明草种与废弃物载体植生组合间的协调性是有区别的,这一点在各草种废弃物载体植生组合成坪效果上有突出表现。不同草种各组合植生建坪效果比较,L 和 F 草种植生建坪效果相对较好,尤其是 L 草种各组合初期成坪效果相对较好;F 草种入秋后成坪效果相对较好;P 草种植生组合建坪效果与前两者相比,相对次之。就草坪草种本身而言,L、F 草种均具有种子粒大,内含营养物质丰富的特点,这样均对载体有较强的穿透力,载体阻力效应则相对减弱,从而表现出与载体有较强的协调性,因此两草种植生组合成坪效果,尤其是初期成坪效果均好于 P 草种植生组合。此外,从成坪效果来看,尽管 P 草种各废弃物植生组合初期成坪效果相对较差,但

后期生产性能优势有很大发挥的潜力。因此 P 草种在加大播量的条件下,废弃物植生建坪仍具有较大的应用价值。

3.3 纤维素粘合剂 本研究所采用的废弃物载体进行植生体生产的成本,以 1999 年物价及币值为标准可做如下计算:①本研究所采用的废弃物载体(WC)多为回收价值不大的材料,若以这些废弃物中价格最高的材料 N(1kg 约 0.6 元)为准,则 1m^2 载体成本(上下两层)仅为 0.0506 元;②粘合材料(AM)则 1m^2 成本仅为 0.0486 元(羧甲基纤维素 1kg 约 4 元);③营养物质(NM)最多为 1m^2 需 0.06 元;④草坪草种子(TS),根据实验结果调查密度及调整后的密度,以最高草种种子价格计算 1m^2 则为 0.24 元;⑤以手工操作为准,1 个劳动力约日产该植生体 150m^2 ,若劳动力日工资为 20 元,则 1m^2 需 0.1333 元。通过以上核算,该类植生体 1m^2 的最高生产成本 = $\text{WC} + \text{AM} + \text{NM} + \text{TS} + \text{PC} = 0.5325$ 元。在目前草皮建植材料中,草皮在各地的市场价尽管有所不同,但 1m^2 为 20 元上下,至少是废弃物植生体的 37 倍;此外,在选用草皮作为草坪建植材料时,如果所采用的草皮基质选择不当,如基质含有较多的杂草繁殖体,那么建植的草坪杂草繁多,给管理带来很多不便,因此就提高了草坪的养护管理成本;而以废弃物植生体为草坪建植材料,由于载体对杂草繁殖体的阻断与覆盖作用,则建植的草坪很少受到杂草的侵扰,这样就大大降低了管理成本,这也应该是废弃物植生体建植的一个优势。无纺布植生体的价格也在 10 元左右,约为废弃物植生体的 18 倍。通过以上的定量分析,说明在纤维素粘合剂条件下,本研究所采用的废弃物载体植生体的生产成本极其低廉,如果有效地制定好植生体的生产规格,实现了载体连接的机械化,并扩大生产,走产业化道路,则成本还会大大降低,其经济效益将十分可观。此外,这种植生体建植符合我国目前经济发展水平及国情,因此具有广阔的市场应用前景。

3.4 在社会、经济、自然复合生态系统^[2]中,人类活动对生态系统的效应十分巨大,人类在生产活动中创造价值的同时,也生产了大量的废弃物,有些废弃物因无法参与自然系统的循环而被阻断在自然生态循环系统之外,这样的状态依据生态系统物质循环原理,则是人类参与自然活动过程中出现的不符合自然规律的现象。因此,本研究的目的是为了使阻断在自然生态循环系统之外的废弃物重新参与自然生态循环,组建废弃物资源化利用体系,在废弃物参与自然生态循环的过程中充分最大化实现废弃物资源的再生价值,拓宽环保新产业,增加经济效益,并通过改善人类生存环境(通过草坪的绿化功能实现),实现社会效益的高效性。这实质也就实现了环境生态工程中环境与经济效益高效统一的目标。

参考文献

- [1] Yanitskiy O Ed. *The city and ecology*. Nauka, Moscow, 1987, (1~2): 174
- [2] 马世骏,王如松. 社会-经济-自然复合生态系统. 生态学报, 1984, 4(1): 1~7.
- [3] 王伟,袁光钰. 我国的固体废物处理现状与发展. 环境科学, 1997, 18(2): 87~90.
- [4] 李满林. 利用城市型综合废弃物制造生态水泥的技术. 国外环境科学技术, 1997, (2): 1~13.
- [5] 郑 践,鲁长发. 城市生产废物堆肥处理技术. 环境卫生工程, 1991, (3): 1~10.
- [6] 孙吉雄. 国外草坪业. 草原与牧草, 1989, (4): 1~4.
- [7] 胡叔良. 现代草坪科学的研究内容和发展方向. 草原与牧草, 1991, (1): 1~5.
- [8] Malcolm C S. *Controlling turfgrass press*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. T., 1987, 88~120.
- [9] 张殿京,孙克泰. 现代化草坪草卷生产农艺技术. 天津农学院学报, 1997, (1): 17~21.
- [10] 付焕成. 草坪植生带生产标准的探讨. 中国草地, 1989, (3): 78~79.
- [11] 多立安. 牧草产量的非破坏性预测. 草与畜杂志, 1994, (4): 24~26.
- [12] 多立安,赵树兰. 无覆盖废弃物载体组合植生建坪效果的研究. 中国草地, 1999, (2): 41~45.
- [13] 多立安,赵树兰. 植生带建坪中几种粘合剂应用效果的研究. 天津师范大学学报, 1999, 19(3): 30~33.