

秸秆育苗容器土埋条件下养分释放动态规律^①

王暝琰¹, 黄红英^{2*}, 吴洪生¹, 常志州², 孙恩惠², 王佳佳², 张 荣²

(1 南京信息工程大学农业资源与环境系, 南京 210044; 2 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所, 南京 210014)

摘要: 为了解秸秆育苗容器在土壤中养分释放情况, 以不含样品土壤作对照, 进行了以改性淀粉胶和改性豆胶为胶黏剂、稻壳粉为填充料制作而成的秸秆育苗器土埋试验。结果显示: 在土埋过程, 两种育苗容器均发生了不同程度降解并伴随有碳氮磷钾养分释放。起初 5 天各养分释放较快, 主要为水溶性养分的释放; 中后期释放平稳, 主要是微生物降解引起的养分释放。土埋 65 天, 淀粉胶容器碳、氮、磷、钾释放量分别为 67.1%、68.0%、80.2%、85.9%, 豆胶容器为 45.9%、55.5%、73.8%、81.3%, 两种容器养分释放速率均表现为钾>磷>氮>碳。秸秆容器碳氮钾释放量与土壤总凯氏氮、速效钾增长速率呈极显著相关关系($P<0.01$), 磷素和碳素释放量与土壤速效磷和土壤有机碳增长无确定相关性($P>0.05$), 研究结果为秸秆容器的田间应用提供了理论依据。

关键词: 秸秆容器; 土埋试验; 生物降解; 养分释放

中图分类号: S152.7; S512.1

我国是世界农业大国, 每年各类农作物秸秆产生量近 8.0 亿 t^[1-2]。目前, 相当一部分农作物秸秆尚未得到有效利用, 被就地焚烧或随意遗弃, 造成严重的环境污染和资源浪费^[3]。大量研究表明, 农作物秸秆富含植物纤维及一定量的氮磷钾等养分元素, 秸秆腐解物能显著改善土壤理化性质^[4-5]。秸秆育苗器是以秸秆粉为主要原料, 通过添加一定种类、数量的胶黏剂及助剂, 以一定模塑工艺制作而成的容器产品。该类容器产品, 一般可以随苗移栽入土, 容器器壁在土壤微生物作用下可发生崩解和降解。利用农作物秸秆制作植物育苗容器, 为秸秆还田再利用探索出了一条新的技术途径。王君玲等^[6]以水+淀粉+氢氧化钠+磷酸为配制胶黏剂, 研究表明: 水稻等 5 种秸秆原料都可制成育苗钵, 均能满足育苗过程中的机械强度要求, 以玉米和水稻秸秆原料最优。张金根等^[7]利用不同类型秸秆育苗钵育苗发现: 秸秆育苗钵在保持钵体湿润的情况下, 15~25 天的时间内可以被辣椒根系穿透, 而且在埋土 30 天时已经开始被降解。章建等^[8]研究了秸秆育苗容器在厌氧条件下的生物可降解性, 发现稻秸育苗器片状材料厌氧条件下降解率达到 23%。杨晓桦等^[9]研究发现秸秆育苗器具有较强的透水性, 容器内育苗基质水分低时可以起到保

水作用, 水分高时与塑料容器相比会增加水分散失。有关秸秆育苗器对作物生长与产量的影响, 国内已有较多报道^[10-12]。贾春峰^[13]将秸秆育苗容器应用于大棚育苗, 进一步应用到公路绿化种植, 取得良好效果。孙玉东等^[14]以稻草钵作为培育西瓜和黄瓜幼苗, 并将幼苗连同草钵一起定植于土壤, 结果表明草钵能显著促进植物根系生长, 与对照(塑料容器)相比西瓜、黄瓜可分别增产 24.7%~34.6%、1.7%~10.5%。迄今, 关于秸秆育苗容器制作方法、生物降解规律及应用效果等方面研究较多, 有关秸秆容器生物降解过程中氮磷钾等养分释放规律及对土壤理化性质的影响, 鲜见报道。

本文以稻糠为增强材料的热压秸秆育苗容器作为试验材料, 研究了该容器在土埋条件下碳氮磷钾元素释放规律, 以及土壤碳氮磷钾养分元素变化情况, 为秸秆容器田间应用提供基础理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试容器 秸秆育苗容器, 稻糠和胶黏剂按干物质质量比 3:1 的比例配制, 于高速混炼机混合脱水, 经液压机在 120℃ 于 25 Mpa 下压塑而成; 胶

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(12)1002)资助。

* 通讯作者(sfmicrolab@aliyun.com)

作者简介: 王暝琰(1990—), 女, 江苏常熟人, 硕士研究生, 主要从事土壤微生物生态学方面研究。E-mail: twinklily@163.com

黏剂为江苏省农业科学院资环所研制的改性豆粕粉胶和改性淀粉胶,使用时改性淀粉胶加入 1% 磷酸二氢铵做固化剂,改性豆胶不加固化剂。秸秆育苗容器倒方台状,上口直径 67 mm,底部直径 45 mm,高 76 mm,壁厚 1.3 mm,容积 110 ml,器壁密度均值 1.3 g/cm³。

1.1.2 供试土壤 供试土壤来自江苏省农业科学院本部试验菜园土,土壤类型为马肝土。试验土壤采集后,经风干、碾碎和过筛备用,筛孔直径 1 mm。土壤基本理化性状为:有机碳 10.44 g/kg、全氮 0.78 g/kg、硝态氮 16.32 mg/kg、铵态氮 20.40 mg/kg,速效磷 43.35 mg/kg、速效钾 91.03 mg/kg, pH 7.5。

1.1.3 装土容器 聚丙烯塑料杯。体积为 600 ml,尺寸 95 mm(上口径)×60 mm(下底直径)×140 mm(高),作为本试验中的装土容器,供试秸秆育苗容器与土壤均置于其中。

1.2 试验设计

本文采用土埋法,将秸秆育苗器埋入填装了土壤的塑料杯中进行试验。共设置 3 个处理:不含容器土壤(),淀粉胶秸秆育苗容器()和豆胶秸秆育苗容器(),每个处理设置 30 个重复。

处理 、 土埋方法:首先在容积 600 ml 的塑料杯中加入约 1 cm 厚的供试土壤,将 1 只秸秆育苗容器直立于土层上,对中放置,容器口朝上。轻轻压住秸秆容器,缓慢加入供试土壤将秸秆容器外

壁与塑料杯内壁之间缝隙(7.5~15.0 mm)填满。缝隙填满后,再在秸秆容器内倒入土壤,直至整个秸秆容器埋入土中。秸秆容器埋深控制在上沿口离土表约 1 cm,被试土用量 320 g,埋土过程中,不时轻轻抖动塑料杯,确保土壤颗粒与秸秆容器壁、塑料杯内壁充分接触。处理 I 塑料杯中只装供试土壤 320 g,作为空白对照(CK)。土壤及试样装填好后,向土壤中加水使之达到土壤饱和含水量的 70%^[15]。将所有处理放置于温度为 25℃、相对湿度为 60% 的人工气候箱中进行培养,试验周期 65 天。每隔 5 天补水一次,使土壤水分保持在饱和含水率 70% 左右。

试验开始后,第 1, 3, 5, 11, 17, 23, 35 和 65 天进行取样分析测定,每次每个处理取 3 个重复。

1.3 取样方法

空白对照取样时将杯中土壤倒在干净的塑料托盘中,用玻璃棒将土壤混匀,取出约 100 g 新鲜土壤测定硝态氮和铵态氮,再取土壤约 100 g 风干后测定有机碳、全氮、速效磷和速效钾;处理 、 取样时,先将表层土壤倒出,然后倒扣塑料杯将剩余的土壤(含育苗容器)倒在干净的塑料托盘上,小心将容器与土壤分离并用塑料片将容器中土壤清除干净,然后将土壤充分混匀,土壤鲜样和风干样取样方法同 CK。取出的育苗容器残体,用纯水清洗 3 遍,洗去附着土后自然晾干。晾干后的容器残体样品粉碎过 0.154 mm,用于测定全氮、全磷、全钾和有机碳。

表 1 供试育苗容器基本性状
Table 1 Basic properties of test seedling containers

育苗容器	pH	有机碳 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	电导率 (μ S/cm)	碳氮比
改性淀粉胶容器	7.28 ± 0.02	447.4 ± 13.6	17.20 ± 2.48	2.56 ± 0.18	1.60 ± 0.15	1 876.54 ± 46.19	26.01
改性豆胶容器	6.88 ± 0.02	390.8 ± 35.7	52.20 ± 6.30	1.67 ± 0.27	3.29 ± 0.01	2 513.33 ± 55.08	7.49

1.4 测定项目与方法

土样测定有机碳、全氮、硝态氮、铵态氮、速效磷和速效钾,秸秆容器残体测定全氮、全磷、全钾和有机碳。

土壤与秸秆容器有机碳采用重铬酸钾稀释热法测定,土壤和秸秆容器的全氮、全磷和全钾先用 H₂SO₄-H₂O₂ 消化,土样加过硫酸钾做催化剂,消化后样品全氮采用凯氏定氮、全磷采用钒钼黄比色法、全钾采用火焰光度计法测定;土壤硝态氮采用紫外分光光度法测定,铵态氮采用靛酚蓝比色法测定,速效磷采用 0.05 mol/L NaHCO₃ 浸提-钒钼黄比色法测定,速效钾采用 2 mol/L KCl 浸提-火焰光度计法测定^[16]。

1.5 数据处理

采用 Origin 8.0 软件进行制图,采用 SPSS Statistics

19.0 软件进行数据分析。

2 结果与讨论

2.1 育苗容器养分含量变化

2.1.1 有机碳含量变化 被试秸秆容器是以稻壳粉为填充料,淀粉胶或大豆胶为胶黏剂,经高温压制而成,容器材料富含天然生物高分子。天然高分子多易被土壤微生物降解,即发生有机碳被矿化作用,生成 CO₂ 和 H₂O。从表 2 可以看出,采用改性淀粉胶和改性豆胶的育苗器土埋 65 天后,有机碳含量分别下降了 44.3% 和 26.9%,表明土埋过程两种容器中有机高分子已发生了降解作用。按 65 天平均值计算,处理 与 容器碳释放量分别为 10.3 mg/(g·d) 和 7.1 mg/(g·d),淀粉胶容器碳释放速率显著大于豆

胶容器($P<0.01$)。有机高分子降解或分子链断裂,会导致器壁内结合力即被削弱,器壁产生裂缝直至崩解。比较两种材料初始碳氮比(C/N,表1)发现,淀粉胶育苗器(C/N 26.01:1)比豆胶育苗器(C/N 7.49:1)具

有更接近微生物生长所需最佳碳氮比 25:1^[17-18],因此降解速率更快。器壁材料可生物降解性,正是该类容器可以随苗移栽入土不影响作物根系生长的原因。

表 2 供试育苗容器有机碳含量变化(g/kg)
Table 2 Organic carbon content of test seedling containers

处理	1d	3d	5d	11d	17d	23d	35d	65d
II	40.94 ± 2.96 a	36.43 ± 2.54 b	33.14 ± 1.48 b	31.94 ± 0.81 b	30.43 ± 6.93 b	28.19 ± 1.64 b	26.90 ± 1.48 b	22.81 ± 5.06 b
III	39.61 ± 1.75 a	39.95 ± 0.54 a	36.96 ± 1.77 a	35.86 ± 1.86 a	33.66 ± 1.27 a	32.65 ± 1.77 a	31.39 ± 0.75 a	28.97 ± 2.00 a

注:表中同列数据小写字母不同表示处理间差异达到 $P<0.05$ 显著水平,下表同。

2.1.2 氮磷钾含量变化 育苗器胶的制备过程中,豆胶以豆粕粉为主要原料制成,富含氮磷钾含量尤其是氮素,而改性淀粉胶中添加了少量脲醛树脂预聚物作为交联剂并加入 1% 磷酸二氢铵作为固化剂。从图 1 看出,用改性豆胶和淀粉胶制作的育苗器,在氮磷钾含量上存在显著差异性,豆胶容器氮钾含量显著高于淀粉胶容器,淀粉胶容器磷含量显著高于豆胶容器。土埋 65 天,两种容器残体中氮磷钾元素显著下降,表明 3 种元素均发生了迁移现象且均表现前快后慢的特征。对于氮素而言,迁移

特征两种胶黏剂容器极为相似,快速释放期为前 5 天,以后平稳缓慢释放。磷素和钾素快速释放期长于氮素,分别达到 10 天和 15 天,但淀粉胶容器的磷素前 10 天释放速率显著大于同期豆胶容器,钾素前 15 天释放速率则显著低于豆胶容器,后期两种元素在两种容器中的释放速率大致相当。土埋 65 天,淀粉胶容器由初始全氮、全磷、全钾质量分数比值 11:1.6:1 变为 19:1.8:1,豆胶容器则由 16:0.5:1 变为 33:0.6:1,可见两种容器中氮磷钾三者相对释放速率氮<磷<钾。

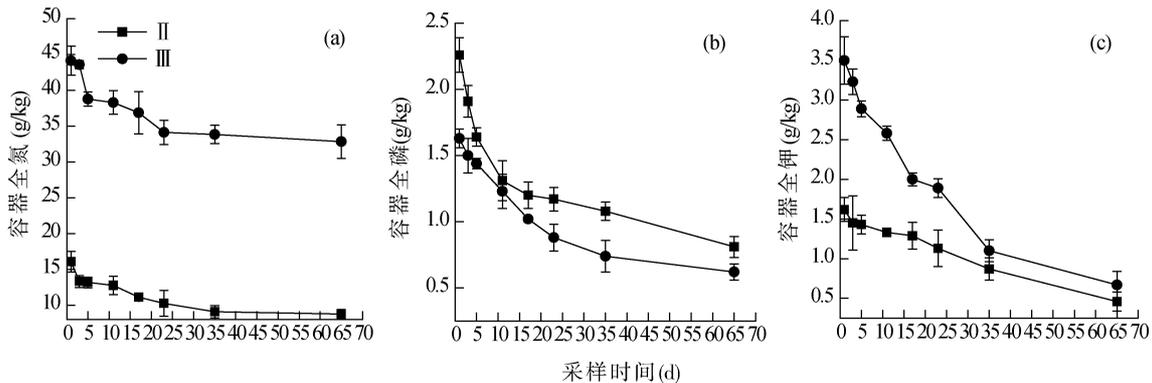


图 1 育苗容器试验过程中全氮、全磷、全钾元素含量变化

Fig. 1 Changes of total nitrogen, total phosphorus and total potassium contents in the seeding container during the experimental process

2.2 土埋过程中土壤养分含量的变化

2.2.1 土壤有机碳含量变化 土壤有机碳净含量是生物残体等有机物质的输入与以土壤微生物对有机物质分解损失的动态平衡结果^[19]。从表 3 可以看出,土埋容器的两个处理第 1 天土壤有机碳含量即显著上升,分别比对照增加 46.7%()和 58.4%(),这可能是水溶性有机碳释放所致。土埋 65 天,处理土壤有机碳波动区间为 14.32 ~ 16.03 g/kg,处理土壤有机碳波动区间为 15.82 ~ 17.19 g/kg,至试验结束土壤总有机碳分别比对照增加 49.7%()和 62.1%()。试验中,两个处理被试土壤有机碳增幅均较大,这与试验土壤总量较少有关,同时也表明植入秸秆容

器后土壤有机碳呈现正增长。通过被试容器与土壤的碳平衡计算,两个处理土壤有机碳净增长量相当于淀粉胶容器初始碳量的 12.5%、豆粉胶碳量的 17.3%。
2.2.2 土壤氮含量变化 秸秆容器土埋过程中,土壤总凯氏氮持续增长,历时 65 天土埋处理和的土壤总凯氏氮含量比对照分别高 0.76 和 0.94 g/kg,增幅达到 26.7% 和 56.7%(图 2a)。在两个土埋容器处理中,土壤铵态氮和硝态氮则明显经历下降、上升再下降 3 个阶段,尤其是在中期铵态氮和硝态氮含量呈现极显著增长。处理和土壤最高铵态氮含量比土壤初始值分别增长 0.6 倍和 1.8 倍,硝态氮含量比初始值分别增长了 5.7 和 5.6 倍,显示土壤发生了强烈

表 3 土壤有机碳含量变化(g/kg)
Table 3 Organic carbon content of test soil

处理	1d	3d	5d	11d	17d	23d	35d	65d
I	10.44 ± 0.10 c	10.43 ± 1.00 b	10.41 ± 1.21 c	10.45 ± 0.81 c	10.42 ± 0.63 c	10.44 ± 0.30 c	10.45 ± 0.10 c	10.44 ± 0.14 c
II	15.32 ± 1.20 b	15.71 ± 0.64 a	14.65 ± 2.31 b	14.32 ± 0.54 b	16.03 ± 0.62 b	15.83 ± 0.64 b	15.04 ± 0.15 b	15.63 ± 0.14 b
III	16.54 ± 1.50 a	15.82 ± 0.54 a	16.71 ± 0.63 a	16.86 ± 0.89 a	17.19 ± 0.12 a	16.83 ± 0.91 a	17.02 ± 0.16 a	16.92 ± 0.22 a

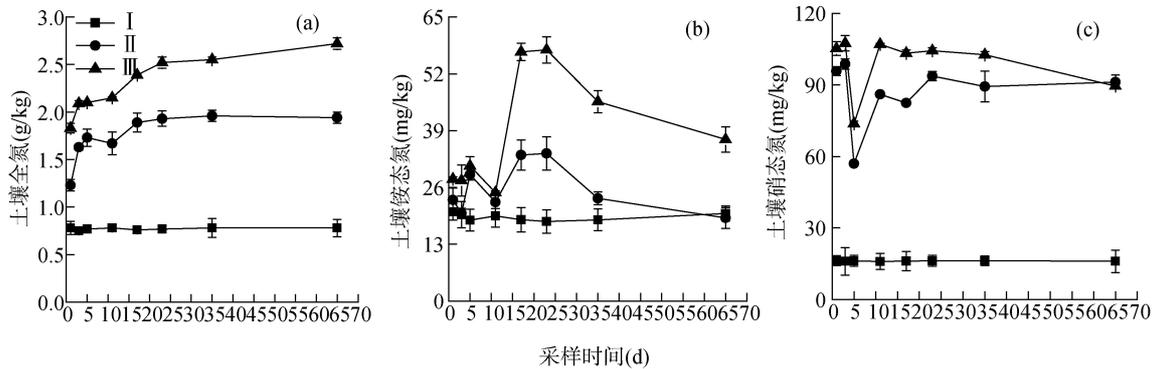


图 2 土壤全氮、铵态氮和硝态氮含量变化

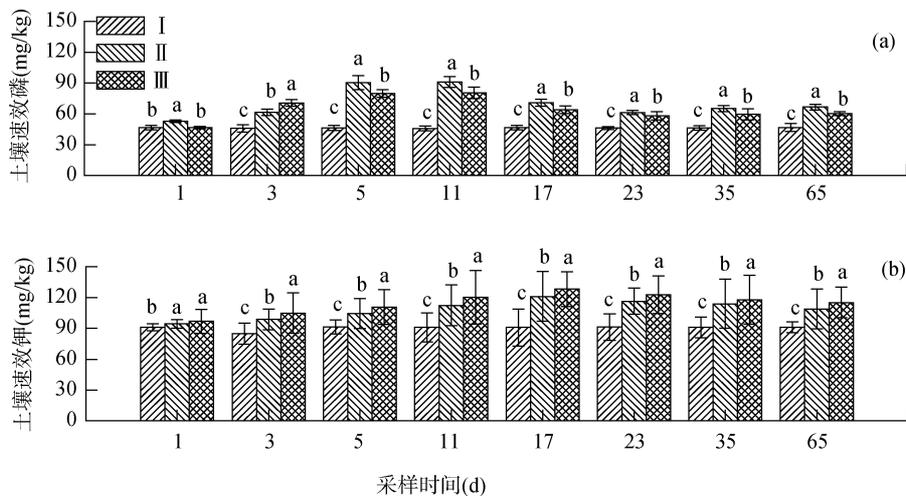
Fig. 2 Changes of Soil total nitrogen, total phosphorus and total potassium contents during the experimental proces

的有机氮矿化作用和硝化作用。由此可见,作为可降解含氮有机材料,被试秸秆容器的降解可以增加环境土壤氮养分含量,并通过土壤本身氮矿化和硝化作用,进一步影响土壤无机氮数量和组成^[20-24]。

2.2.3 土壤速效磷与速效钾的变化 土壤速效磷即有效磷是土壤磷素养分供应水平高低的指标,反映被当季作物可利用吸收磷量^[25]。从图 3a 可以看出,埋置了秸秆容器的两个处理土壤速效磷前 5 天显著升高,5~11 天保持平稳,随后逐渐下降,表明移植秸秆容器可增加土壤速效磷含量,增强土壤磷营养供应能力。比较两种秸秆容器,淀粉胶容器磷素释放量略高于豆胶容器,原因是淀粉胶容器制作过程中加入了磷

酸二铵盐作为固化剂,提高了容器磷素含量水平,同时磷酸二铵为速效正磷酸盐,释放速度也快。埋有容器处理的土壤速效磷含量增加,一方面来自秸秆容器降解产生磷的释放,另一方面也可能源自容器腐解产生的有机酸对土壤自身磷的活化作用,二者各自贡献大小有待进一步研究。埋有容器两个处理后期土壤速效磷含量均呈现下降趋势,表明部分被活化磷素被转变成闭蓄态、吸附态或有机磷被吸持或固定^[26]。

从图 3b 看出,处理 I、II 的土壤速效钾含量均呈显著上升趋势,且其增幅显著高于土壤速效磷增幅(图 3a)。处理 III 土壤速效钾含量增幅大,持续时间长,试验结束时处理 III 中速效钾含量是处理



(图中小写字母不同表示同一采样时间不同处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平)

图 3 土壤速效磷和速效钾的变化

Fig. 3 Changes of Soil available phosphorus and potassium in the test

的 1.06 倍。本文豆胶黏剂主要以豆粕粉为原料,其钾元素含量达 1.8%,而薯糠填充料钾含量仅约 0.3%,因此豆胶容器钾含量高于淀粉胶容器 1.69 g/kg,超过后者含量 1 倍。已有研究表明,钾素在植物组织中,主要以离子态 K^+ 存在,极少被固定,其在土壤中迁移能力远大于磷素^[27]。因此,在容器土埋过程中因容器钾素持续释放,土壤中速效钾出现了累积现象。至试验结束时,处理 III 的速效钾含量较处理 II 高出 5.7%。

2.3 育苗容器养分释放与土壤养分含量相关性分析

本试验监测了土埋容器的质量及其碳氮磷钾含量随时间的变化情况,通过计算获得了容器土埋过程中碳氮磷钾 4 种养分元素的释放速率(图 4),容器残体在清洗时可能会有小部分残体被水流冲洗掉,此部分被视为释放量被计算入养分释放总量中。从图 4

可以看出,在两种容器中淀粉胶容器养分速率显著快于豆胶容器,碳素释放速度在碳氮磷钾 4 种元素均最慢,4 种元素释放峰值均出现在土埋 5 天(豆胶容器氮除外)。试验结束时,淀粉胶容器的碳氮磷钾元素分别释放了 67.1%、68.0%、80.2%、85.9%,豆胶容器释放了 45.9%、55.5%、73.8%、81.3%,其中淀粉胶容器碳氮磷钾释放量比率较豆胶容器高 21.2%、12.5%、6.4%、4.6%。容器降解过程中,游离的碳氮磷钾元素归宿因转化方式不同存在很大差异,碳素主要通过生物氧化作用以 CO_2 气体形式被释放,少部分以可溶性有机物存在于土壤中,氮素多数将以可溶性有机态氮、铵态氮和硝态氮存在于土壤中,部分将通过反硝化作用以 N_xO 、 N_2 形态损失^[28],磷素和钾素则无挥发性,被容器释放后全部存留在土壤中,但部分会被土壤固持成为无效态,尤其是磷^[29-30]。

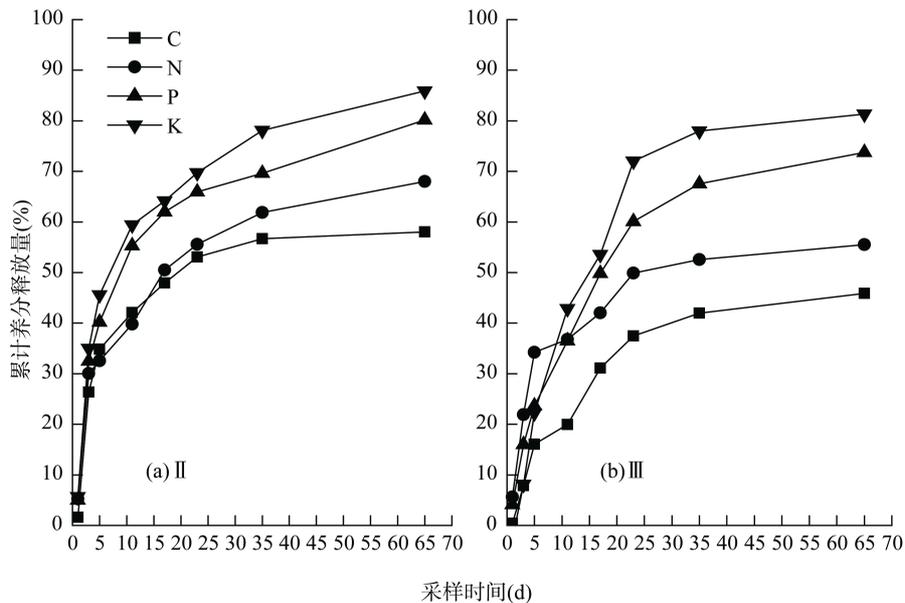


图 4 育苗容器试验过程中累计养分释放量

Fig. 4 Changes of cumulative nutrient release amount in the seeding container during the experimental process

将试验过程中容器有机碳、全氮、全磷、全钾释放量和土壤有机碳、全氮、速效磷、速效钾含量进行相关分析(表 4),结果显示:土壤全氮和速效钾与淀粉胶育苗容器有机碳、全氮、全磷和全钾的释放量极显著相关,与豆胶育苗器全氮、全磷和全钾的释放量呈极显著相关性($P < 0.01$),土壤有机碳含量与两种容器有机碳释放量无显著相关($P > 0.05$),土壤速效磷与两种容器全磷释放量无显著相关关系($P > 0.05$)。容器养分释放存在两种情形:一是容器材料中可溶性养分(如 NH_4^+-N 、 PO_4^{3-} 、 K^+ 等)遇水后通过扩散作用迁移至土壤;二是固定在容器材料不溶性有机组分中养分通过微生物降解作用,

转变成可溶性物质后,发生迁移作用。微生物对容器有机物降解作用,不仅引起了不溶性有机物降解导致养分释放,还会引起容器物理结构崩解与松散,加速养分释放。前 5 天养分释放最快(图 4),这主要是容器可溶性养分释放引起的,中后期释放相对较慢是由生物降解作用引起的。有机物中碳素一部分以气态 CO_2 形式释放,气体形态释放比例取决于有机材料本身有机组分构成与环境条件,因此容器碳释放速率与土壤有机碳增加不一定呈显著相关性;因土壤对磷素存在吸附、固持作用,土壤速效磷的增长量与容器磷素释放量间也未呈现显著相关性(表 4)。

表 4 两种秸秆育苗容器氮磷钾元素释放与土壤全氮、速效磷和速效钾的相关性

Table 4 Correlation coefficients among NPK elements of the seeding container and the soil total nitrogen and available phosphorus and potassium

	S-OC	S-TKN	S-AP	S-AK	S-OC	S-TKN	S-AP	S-AK
C-OC	0.143	0.954**	0.214	0.775*	0.442	0.851**	-0.042	0.900**
C-TKN	0.225	0.959**	0.099	0.760*	0.318	0.960**	0.128	0.865**
C-TP	0.146	0.949**	0.214	0.820*	0.138	0.982**	-0.117	0.846**
C-TK	0.121	0.964**	0.247	0.808*	0.426	0.964**	-0.086	0.868**

注：C-指容器指标，S-指土壤指标；OC：有机碳，TKN：总凯氏氮，TP：全磷，TK：全钾，AP：速效磷，AK：速效钾；*表示相关性达到 $P < 0.05$ 显著水平，**表示相关性达到 $P < 0.01$ 显著水平； $n = 3$ 。

3 结论

以改性淀粉胶和改性豆胶为胶黏剂，稻壳粉为填充料，通过热压成型工艺，制作出两种秸秆育苗器。两种育苗器均采用可降解材料，且所采用稻壳粉及胶黏剂、助剂中含有丰富氮磷钾等植物营养元素，为了解这类可降解育苗器在土壤中生物降解行为及养分释放规律，本文进行土埋试验。试验发现，两种育苗容器在土壤中均可被降解，但降解速率存在差异性，淀粉胶育苗器降解速率大于豆胶育苗容器。容器降解所引起的养分释放峰值均出现在第 5 天，65 天淀粉胶容器碳氮磷钾释放量比率较豆胶容器高 21.2%、12.5%、6.4%、4.6%，这种养分释放速率差异与两类容器材料碳氮比不同有关。容器壁材料降解直接影响容器机械强度，因此在植物育苗时应根据植物育苗期长短合理选择育苗器。伴随着秸秆容器在土壤中降解，容器材料中碳氮磷钾等被释放，引起土壤有机碳、总氮、铵态氮、硝态氮、速效磷、速效钾含量不同程度的升高。统计分析显示，土壤氮钾增长速率与容器碳氮钾释放速率显著相关 ($P < 0.01$)，土壤速效磷增长与容器磷素释放之间相关性并不显著 ($P > 0.05$)，这可能是土壤对磷素吸附与固持作用引起的。两种秸秆育苗器养分释放，其速率均表现为钾 > 磷 > 氮 > 碳，至于容器养分释放对作物苗期生长及后续作物产量影响，有待进一步研究。

参考文献：

- [1] 邓华, 敖宁建, 孙蓉, 严拓. 利用秸秆纤维制备环境材料的研究进展[J]. 高分子材料科学与工程, 2009, 25(12): 1 069-1 072
- [2] Pan MZ, Zhou DG, Zhou XY, Lian ZN. Improvement of straw surface characteristics via thermo-mechanical and chemical treatments[J]. Bioresource Technology, 2010, 101: 7 930-7 934
- [3] Wang DH, Sun XZ. Low density particleboard from wheat straw and corn pith[J]. Industrial Crops and Products, 2002, 15(1): 43-50
- [4] 时连辉, 韩国华, 张志国, 刘登民, 王清萍. 秸秆腐解物覆盖对园林土壤理化性质的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(1): 113-117
- [5] 孙荣国, 韦武思, 王定勇. 秸秆-膨润土-PAM 改良材料对砂质土壤饱和导水率的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 89-93
- [6] 王君玲, 高玉芝, 尹维达. 秸秆类型对秸秆育苗钵成型质量的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2010, 41(3): 357-359
- [7] 张金根, 沈建春, 陈海荣. 不同类型有机型育苗钵育苗的降解初探[J]. 上海蔬菜, 2006(4): 85
- [8] 章健, 常志州, 黄红英, 王友保. 厌氧降解条件下秸秆育苗容器降解性能研究[J]. 河南农业科学, 2012, 41(2): 86-88
- [9] 杨晓桦, 黄红英, 常志州, 胡继超. 秸秆育苗容器水分散失特征[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(5): 508-510
- [10] 张志军, 王慧杰, 李会珍, 南建福. 秸秆育苗钵质量和性能影响因素及成本分析[J]. 农业工程学报, 2011, 27(10): 83-87
- [11] 张志军, 王慧杰, 李会珍, 南建福. 秸秆育苗钵在棉花育苗移栽上的应用及效益分析[J]. 农业工程学报, 2011, 27(7): 279-282
- [12] 王慧杰. 秸秆纤维改性及降水资源高效利用方法与效果研究[D]. 太原: 中北大学, 2010
- [13] 贾春峰. 秸秆类型对秸秆育苗钵成型质量的影响[J]. 山西交通科技, 2013, 12(6): 100-102
- [14] 孙玉东, 黄红英, 秦进华, 罗德旭, 杨红, 赵建锋. 草钵育苗对西瓜生长及产量的影响[J]. 中国蔬菜, 2010, 1(10): 77-79
- [15] 王刚, 陈统强, 吴文娟, 陈海. 烘干称重法与自动观测土壤湿度的差异分析[J]. 气象研究与应用, 2010, 32(2): 53-56
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2002
- [17] Nishant R, Hans EG, Reddy CA. Effect of C/N ratio and moisture content on the composting of poplar wood[J]. Biotechnology Letters, 1995, 8(17): 889-892
- [18] Rajashekhara R, Siddaramappa R. Evaluation of soil quality parameters in a tropical paddy soil amended with rice residues and tree litters[J]. European Journal of Soil Biology, 2008, 44(3): 334-340
- [19] Post WM, Izaurralde RC, Mann LK, Bliss N. Monitoring and verifying changes of organic carbon in soil[J]. Climatic Change, 2001, 51: 73-99

- [20] Martin B, Louise EJ. Microbial immobilization of ammonium and nitrate in relation to ammonification and nitrification rates in organic and conventional cropping systems[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2003, 1(35): 29–36
- [21] Brookes PC, Landman A, Pruden G, Jenkinson DS. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 1985, 6(17): 837–842
- [22] Deli T, Renkou X. Effects of urea and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ on nitrification and acidification of Ultisols from Southern China[J]. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 2012, 24(4): 682–689
- [23] 高洁. 耕作方式和秸秆还田对江苏沿江地区稻田土壤肥力的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2012
- [24] 王艳萍, 高吉喜, 刘尚华, 杜相革. 有机肥对桃园土壤硝态氮分布的影响[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(7): 1 501–1 505
- [25] 张成娥, 王栓全. 作物秸秆腐解过程中土壤微生物量的研究[J]. *水土保持学报*, 2000, 14(3): 96–99
- [26] Zhao GZ, Liu YQ, Tian Y, Sun YY, Cao Y. Preparation and properties of macromolecular slow-release fertilizer containing nitrogen, phosphorus and potassium[J]. *Journal of Polymer Research*, 2010, 17(1): 119–125
- [27] Amrita C, Kalyan C, Ashis C, Sagarmoy G. Effect of long-term fertilizers and manure application on microbial biomass and microbial activity of a tropical agricultural soil[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2011, 47(2): 227–233
- [28] Muhammad AM, Khalid SK, Petra M, Safdar A. Organic amendments differ in their effect on microbial biomass and activity and on P pools in alkaline soils[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2013, 49(4): 415–425
- [29] Dinesh R, Anandaraj M, Kumar A, Srinivasan V, Bini YK, Subila KP, Aravind R, Hamza S. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria and NPK fertilizers on biochemical and microbial properties of soils under ginger (*Zingiber officinale*) cultivation[J]. *Agricultural Research*, 2013, 2(4): 346–353
- [30] Giovannini C, Garcia JM, Ciavatta C, Marazadorti C. Effect of organic-complexed superphosphates on microbial biomass and microbial activity of soil[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2012, 49(4): 395–401

Degradation of Rice Straw-made Nursery Containers and Dynamics of Their Nutrients Released in Soils

WANG Ming-yan¹, HUANG Hong-ying^{2*}, WU Hong-sheng¹, CHANG Zhi-zhou²,
SUN En-hui², WANG Jia-jia², ZHANG Rong²

(1 *Institute of Agricultural Resources and Environment, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China*; 2 *Institute of Agricultural Resources and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China*)

Abstract: A degradation experiment was conducted using nursery containers made from rice hull, modified starch glue and modified bean glue to investigate the nutrients release the containers buried in soils. Results showed that degradation and release of carbon, nitrogen and phosphorus were found in the process of soil buried. In the first five days, nutrients that were mainly dissolved nutrients released fast. Nutrients released slowly and stably due to the degradation of nursery containers caused by microorganisms. After 65-d buried, the released rates of carbon, nitrogen, phosphorus and potassium were 67.1%, 68.0%, 80.2% and 85.9%, respectively, in pots made of modified starch glue; while those in modified bean glue were 45.9%, 55.5%, 73.8% and 81.3%, respectively. The release rate in the trend of $\text{K} > \text{P} > \text{N} > \text{C}$. The release rates of carbon, nitrogen and potassium were significantly ($P < 0.01$) correlated with the contents of total nitrogen and available potassium in soils; whereas there was no significant relationship with total and labile phosphorus. However, carbon release in nursery container did not correlated with that in soils. These results could provide theoretical basis for land application of nursery containers.

Key words: Rice straw-made nursery container; Soil column experiment; Biological degradation; Nutrient release