

张 爽,郑安旺,刘 涛,等.以玉米秸秆为主料的番茄育苗基质配方优化[J].江苏农业科学,2023,51(19):138-145.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.19.021

以玉米秸秆为主料的番茄育苗基质配方优化

张 爽^{1,2},郑安旺¹,刘 涛^{1,2},晏 磊^{1,2}

(1. 黑龙江八一农垦大学生命科学技术学院/黑龙江省寒区环境微生物与农业废弃物资源化利用重点实验室,黑龙江大庆 163319;

2. 农业农村部东北平原农业绿色低碳重点实验室,黑龙江大庆 163319)

摘要:为探究番茄育苗基质最优配比及基质不同配比条件下的育苗效果,本研究以玉米秸秆、有机肥、马铃薯渣、田园土为基质原料,采用 Design Expert 12.0 中的混料设计,确定 20 组不同配比的基质配方。于 2020 年 6 月进行育苗试验,番茄幼苗培育至 3 叶 1 心期,对其茎粗、株高、鲜质量、干质量、壮苗指数等生理生化指标进行测定,对育苗基质进行容重、孔隙度等理化参数的测定,综合分析不同配比育苗基质育苗效果,以壮苗指数为评估指标,确定番茄育苗基质的最佳主料配方。结果表明,T9、T13 的壮苗指数与对照组市售基质差异不显著($P < 0.05$),响应面优化分析结果表明,番茄育苗基质壮苗指数的最佳配比(体积分数)为玉米秸秆 55.61%、有机肥 24.39%、马铃薯渣 1.20%、田园土 18.80%,该配比条件下壮苗指数为 0.122 81,以最优配比进行验证试验,测得该最优配比条件下实际壮苗指数为 0.121 57,与对照组相比差异不显著($P < 0.05$),基质中速效氮含量为 329.90 mg/kg,速效磷含量为 213.26 mg/kg,速效钾含量 933.80 mg/kg,均符合国家蔬菜育苗基质标准(NY/T 2118—2012)。研究表明,通过响应面优化可以得到番茄育苗基质的最优配比,综合考虑壮苗指数、基质理化性质,可以选择该最优配比进行番茄幼苗的培育。通过利用农业废弃物中玉米秸秆、马铃薯渣制备番茄育苗基质,不仅可以降低基质的生产成本,亦能够减少泥炭土的使用,减缓土壤资源的开采与破坏,对于解决农业废弃物所造成的环境问题,实现农业废弃物秸秆高值化利用,提高农业资源利用效率都具有一定的现实意义。

关键词:番茄;育苗基质;玉米秸秆;混料设计;农业废弃物

中图分类号:S641.204 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)19-0138-07

我国番茄种植面积广泛,现已居世界首位,在很多地区番茄产业已经成为带动当地农业经济发展的关键引擎。但是长时间种植番茄导致的连作障碍严重影响了我国番茄种植业的健康发展,提高番茄育苗质量成为改善番茄生长与提高番茄产量、品质的一个重要因素。因此寻找优质的育苗基质原料,开发优良的育苗基质生产技术,是保证番茄产业稳定发展的基本需要^[1]。

随着我国农业种植结构的调整和现代化农业

的高速发展,育苗基质在作物的培育中得以应用,逐渐成为育苗过程中的一个重要环节^[2]。现阶段用于番茄等果蔬的育苗基质原料主要以草炭土、珍珠岩、蛭石等不可再生资源为主,施用后残留于土壤中难以降解,损害土壤的耕作性状,过度开采也会威胁生态平衡。国家对草炭等矿物资源的保护、限制开采,使得传统育苗基质原料价格昂贵,基质生产成本升高,因此代替草炭、珍珠岩等传统育苗基质材料的新型基质原料亟待开发^[3]。目前,新开发育苗基质材料仍然存在一些弊端,距离商品化生产还有一定距离^[4]。随着我国农业废弃物资源化利用观念的不断深入,将农业废弃物作为穴盘栽培基质材料已经逐步成为新型基质开发领域的研究热点。有大量的研究证明,农业废弃物(菌糠、秸秆、棉杆、椰糠、薯渣、甘蔗渣等)可以替代传统的基质原料,用于果蔬等作物的培育。我国是农业大国,每年秸秆等农业废弃物存在大量冗余,我国每年玉米秸秆产量超 3 亿 t,仅有少量被用于饲料与农业还田中,多数被丢弃或焚烧,造成严重的环境污染与资源浪费。玉米秸秆作为一种极具潜力的生

收稿日期:2022-12-01

基金项目:国家自然科学基金区域创新发展联合基金(编号:U22A2044);黑龙江八一农垦大学“揭榜挂帅”科技攻关项目;中国科学院战略性先导科技专项(编号:XDA28030203);黑龙江八一农垦大学研究生创新科研项目(编号:YJSCX2022-Y62)。

作者简介:张 爽(1981—),女,黑龙江克山人,博士,副教授,主要从事微生物资源及活性药物开发,E-mail:zhangshuang2545@163.com;共同第一作者:郑安旺(1997—),男,山东邹城人,硕士,主要研究方向为寒区环境微生物与农业废弃物资源化利用,E-mail:zhenganwang1208@163.com。

通信作者:晏 磊,博士,教授,主要从事寒区环境微生物与农业废弃物资源化利用研究,E-mail:hekouyanlei@gmail.com。

物质资源,含有丰富的碳、氮、磷、钾等大量元素,还含有钙、镁、硫等矿质元素,具有元素储备丰富、有机质含量高等优点^[5]。马铃薯渣是淀粉加工过程中产生的废弃物渣滓,具有质地轻、通气性好等作为轻型育苗基质的优良特性,将其用于育苗基质中能够为番茄幼苗的生长提供氮、磷、钾等元素^[6],其作为蔬菜育苗基质原料也已经得了较好的效果^[7]。但是目前育苗基质的生产还处于简单混配的阶段,由于基质配比不严格,基质结构优化简单,导致了基质质量参差不齐,育苗效果不稳定的问题^[8]。本研究将玉米秸秆、马铃薯渣、有机肥、田园土等基质原料进行混配,形成番茄育苗基质,研究不同对比对番茄幼苗生长的影响,通过响应面分析软件确定番茄育苗基质的最优配比,形成具有稳定育苗特性的番茄育苗基质,旨在为农业有机废弃物基质化应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

本研究番茄种子为中蔬 4 号(金种子种业),选用籽粒饱满、大小一致、纯度高的种子,去除杂质,常规消毒后催芽。供试原料为玉米秸秆、鲜马铃薯渣、有机肥、田园土及有机肥(原料为牛粪、水稻秸秆),以上材料均由黑龙江八一农垦大学农学院提供,其中玉米秸秆干燥后粉碎至 2 mm 左右。选用乐霖育苗基质(安徽乐林农林科技有限公司)作为对照组进行试验。基质 N、P、K 含量测定选用土壤肥料植株氮磷钾有机质检测试剂盒(郑州朋检农业科技有限公司)。

1.2 试验设计

试验于 2021 年 6 月在黑龙江八一农垦大学农学院大棚中进行,大棚内白天温度 20 ~ 25 ℃,夜间温度 16 ~ 18 ℃,湿度 50% ~ 60%,光照 4 000 ~ 12 000 lx。本试验通过 Design Expert 12.0 中 Mixture Design(U 伪编码 - best - D)设计,得到 20 个试验组(表 1),对照组选用乐霖育苗基质。按照试验设计配方将玉米秸秆、马铃薯渣、有机肥、田园土进行混配,配制完毕后,将基质装满育苗盘,保证四角和盘边的孔穴全部装满基质,同时使各个格室能清晰可见,切忌用力压紧,以免破坏基质的物理性状。对各组基质容重、孔隙度等指标进行测定。番茄种子置于湿润温暖的环境中放置 36 h,至番茄种子露出白芽,即可播种。试验期间,室内温度、湿度和光照均能

满足番茄幼苗的正常生长。试验采用 50 孔穴盘,每穴播种 1 粒,播种后置于大棚中进行田间培养,培养 15 d 后测定各组的出苗率,培养至 3 叶 1 心(28 d)时各组随机抽取 15 株番茄幼苗,对其茎粗、株高、干质量、鲜质量进行测定,计算其壮苗指数。

表 1 Design Expert 12.0 混料试验设计

处理	有机肥 (%)	玉米秸秆 (%)	田园土 (%)	马铃薯渣 (%)
T1	30	45	10	15
T2	0	50	20	30
T3	0	80	0	20
T4	30	20	20	30
T5	20	80	0	0
T6	30	50	20	0
T7	30	40	0	30
T8	6.666 67	80	6.666 67	6.666 67
T9	15	65	20	0
T10	15.777 8	64	4.444 44	15.777 8
T11	15	50	20	15
T12	0	65	20	15
T13	0	80	20	0
T14	15	45	10	30
T15	0	50	20	30
T16	30	40	0	30
T17	0	70	0	30
T18	20	80	0	0
T19	30	50	20	0
T20	30	20	20	30

1.3 指标测定及方法

基质容重、总孔隙度、通气孔隙度、持水孔隙度按照以下公式进行计算^[9]。

容重(g/cm³) = $\frac{m_2 - m_1}{V}$;

总孔隙度 = $\frac{m_2 - m_1}{V} \times 100\%$;

通气孔隙度 = $\frac{m_4 - m_3}{V} \times 100\%$;

持水孔隙度 = 总孔隙度 - 通气孔隙度。

式中:V 为容器体积,cm³;m₁ 为容器质量,g;m₂ 为基质充分干燥后均匀装入容器后的总质量,g;m₃ 为容器与基质浸泡在水中 24 h 后总质量,g;m₄ 为等待容器内水分沥干后质量,g。

pH 值:按照 2 : 1 的土水比例进行配置,搅拌静置 30 min 后,用 pH 计测量;

电导率(EC 值):测量溶液中可溶性盐浓度,利用便携式电导仪进行 EC 值测定^[10]。

幼苗生长指标测定:生长至 3 叶 1 心期的番茄幼苗用自来水冲洗干净,利用游标卡尺测量幼苗的茎粗、株高等指标^[11],并计算其壮苗指数,壮苗指数=(茎粗/株高+地下部干质量/地上部干质量)×全株干质量。

基质 N、P、K 含量测定:使用土壤肥料植株氮磷钾有机质检测试剂盒,速效氮、速效磷、速效钾含量检测具体操作依据试剂盒说明书。

1.4 数据处理及统计方法

采用 Design Expert 12.0 对数据进行混料试验响应面分析,应用 SPSS 26 ([https://www. ibm. com/](https://www.ibm.com/))对苗期理化等数据进行单因素方差分析(Duncan’s 新复极差检验),并采用 Origin 2021

(<https://www. originlab. com>)对数据进行统计分析及绘图。

2 结果与分析

2.1 不同配比基质理化性质

育苗基质的持水量、容重、孔隙度等物理性状对蔬菜苗期生长影响较大,合格的育苗基质容重应在 0.15 ~ 0.75 g/cm³,总孔隙度 60% ~ 90%,通气孔隙度 15% ~ 30%,持水孔隙度 40% ~ 75%^[12]。如表 2 所示,T12 处理的容重最大(0.335 2 g/cm³),容重最小的是 T9 (0.225 2 g/cm³)。各处理的容重随马铃薯渣、田园土占比的提高逐渐升高。总孔隙度最高的是 T6 (74.97%),最低的是 T13 (62.00%)。除了 T2、T3、T4、T10、T13、T16 的通气孔隙度偏低外,其他处理基本在适宜范围内^[13]。

表 2 不同育苗基质配方物理性状

处理	容重 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	持水孔隙度 (%)	通气孔隙度 (%)	pH 值	EC 值 (mS/cm)
T1	0.271 8 ± 0.0012e	73.61 ± 0.31b	53.98 ± 0.21ef	19.84 ± 0.24e	7.06 ± 0.50abc	2.27 ± 0.03g
T2	0.255 6 ± 0.003 2f	65.20 ± 0.18ij	55.70 ± 0.10d	9.61 ± 0.09k	7.02 ± 0.02abc	2.05 ± 0.04i
T3	0.227 1 ± 0.004 0h	71.78 ± 0.32de	61.81 ± 0.08a	9.49 ± 0.20k	7.11 ± 0.02ab	2.94 ± 0.02a
T4	0.238 7 ± 0.002 4g	63.46 ± 0.33l	57.30 ± 0.21c	6.42 ± 0.11m	6.82 ± 0.01cdef	1.72 ± 0.03j
T5	0.286 5 ± 0.002 9d	65.75 ± 0.41i	49.3 ± 0.03i	16.00 ± 0.11g	6.96 ± 0.03abcd	2.54 ± 0.02
T6	0.335 0 ± 0.003 0a	74.97 ± 0.28a	45.82 ± 0.10l	28.84 ± 0.20a	6.66 ± 0.03e	2.33 ± 0.03g
T7	0.295 6 ± 0.001 1c	62.25 ± 0.24m	47.74 ± 0.20k	14.70 ± 0.17h	6.83 ± 0.03bedef	2.90 ± 0.02ab
T8	0.331 9 ± 0.006 8a	64.73 ± 0.09jk	49.45 ± 0.05i	15.51 ± 0.30g	7.18 ± 0.04a	2.80 ± 0.03cde
T9	0.225 2 ± 0.003 3h	72.53 ± 0.19ed	52.92 ± 0.22g	19.71 ± 0.13e	6.91 ± 0.02abede	2.81 ± 0.02cd
T10	0.311 0 ± 0.000 7c	67.55 ± 0.25g	54.23 ± 0.13e	13.12 ± 0.09i	7.06 ± 0.03abc	2.8 ± 0.02cde
T11	0.323 4 ± 0.000 6b	63.64 ± 0.37l	48.56 ± 0.31j	14.51 ± 0.15h	6.68 ± 0.03ef	2.77 ± 0.03de
T12	0.335 2 ± 0.004 5a	68.38 ± 0.38f	54.28 ± 0.21e	14.24 ± 0.09h	6.72 ± 0.02cdef	2.84 ± 0.02bc
T13	0.291 8 ± 0.001 3cd	62.00 ± 0.25m	53.68 ± 0.17f	8.30 ± 0.06l	7.02 ± 0.02abc	2.79 ± 0.03cde
T14	0.325 5 ± 0.006 7b	72.59 ± 0.20c	48.46 ± 0.18j	24.20 ± 0.11d	6.59 ± 0.02fg	2.81 ± 0.02cd
T15	0.276 5 ± 0.001 8e	69.48 ± 0.13g	52.03 ± 0.21h	17.48 ± 0.12f	6.83 ± 0.01bedef	2.62 ± 0.03f
T16	0.298 1 ± 0.003 3c	70.50 ± 0.06f	60.23 ± 0.23b	10.49 ± 0.13j	6.97 ± 0.03abcd	2.74 ± 0.02e
T17	0.293 5 ± 0.001 9cd	71.69 ± 0.34e	45.93 ± 0.04l	25.68 ± 0.21c	7.07 ± 0.02abc	2.94 ± 0.02a
T18	0.253 4 ± 0.002 5f	65.29 ± 0.16ij	49.34 ± 0.33i	15.78 ± 0.14g	7.00 ± 0.05abc	2.31 ± 0.02g
T19	0.227 3 ± 0.002 9h	66.61 ± 0.20h	47.82 ± 0.36k	18.61 ± 0.25	6.59 ± 0.03fg	2.18 ± 0.02h
T20	0.319 3 ± 0.003 2b	64.00 ± 0.64kl	45.06 ± 0.18m	18.76 ± 0.29	6.62 ± 0.02fg	2.00 ± 0.03i
CK	0.322 3 ± 0.001 7b	65.81 ± 0.30i	18.80 ± 0.30n	27.34 ± 0.20b	6.37 ± 0.03g	2.26 ± 0.02g

注:表中数据均为平均值±标准差,同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05),表5同。

2.2 不同配比基质对番茄幼苗出苗率的影响

于番茄播种后 3、5、7 d 进行其出苗率的测定。由表 3 可知,3 d 时 T18 处理组出苗率最低(13%),T1、T13 这 2 组处理出苗率较高(43%、45%);5 d 时 T18 出苗率最低(37%),T1、T13 这 2 组出苗率较高

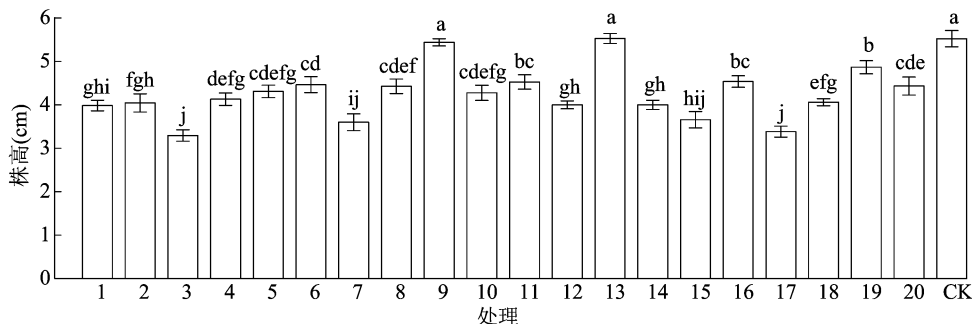
(81%、79%);7 d 时 T18 出苗率最低(52%),T8、T13 出苗率最高(98%);其中,T8、T13 在 7 d 时 2 组的出苗率高于 CK 组。综上所述,T8、T13 出苗率最高,T4、T5 这 2 组出苗速度最快,试验结果表明不同基质配比对番茄幼苗出苗率会产生一定影响。

表 3 不同配比基质对出苗率的影响

处理	出苗率(%)			处理	出苗率(%)		
	3 d	5 d	7 d		3 d	5 d	7 d
T1	43	81	94	T11	34	73	90
T2	31	65	94	T12	37	70	92
T3	33	72	92	T13	45	79	98
T4	21	66	90	T14	41	73	94
T5	45	64	86	T15	32	56	76
T6	37	59	86	T16	38	69	90
T7	34	75	92	T17	35	52	74
T8	34	77	98	T18	13	37	52
T9	27	56	82	T19	32	61	80
T10	16	49	74	T20	28	53	78
CK	31	53	96				

2.3 不同配比基质对番茄幼苗形态指标的影响

番茄幼苗生长到达 3 叶 1 心时对其进行株高、茎粗等相关形态指标的测定。由图 1、图 2 可知,



柱上不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。下图同

图1 不同基质对比对番茄幼苗株高的影响

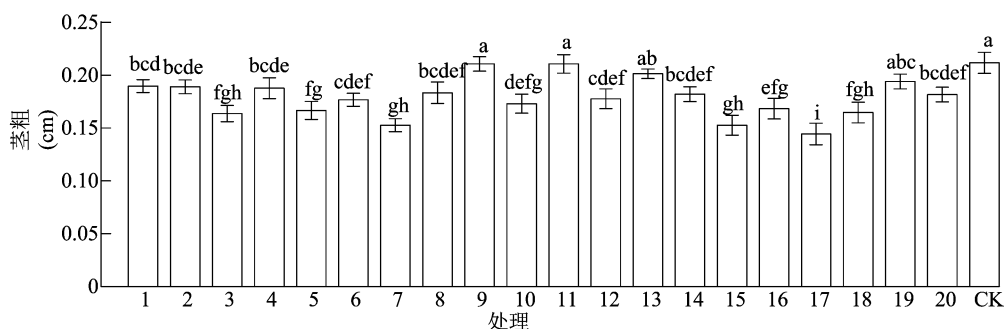


图2 不同基质对比对番茄茎粗的影响

2.4 不同配比基质对番茄幼苗壮苗指数的影响

由图 3 可知,番茄壮苗指数较优的分别是 T4、T9、T13、T14,与 CK 组大致接近。从基质配比上来看,T4、T14 中各成分配比较为均衡,其中含有的有机质较为全面,基质理化性状也较为适宜,能够支撑番茄幼苗的正常生长,但其壮苗指数较其他 2 组较低的原因可能是薯渣含量较高,导致基质中 EC 值稍高,使番茄幼苗后期生长受到抑制;T9 中含量

T9、T13 这 2 组在株高与茎粗上与其他组别相比较为突出,与 CK 组无明显差异。T3、T17 这 2 组株高较低,造成其现象的原因可能为基质配比中没有添加机肥及田园土,基质中玉米秸秆、薯渣虽然富含有机质,但由于玉米秸秆、薯渣含量较高,又无田园土、有机肥与其混拌,导致 EC 值较高,阻碍了番茄幼苗对基质中有机质的吸收,导致番茄生长缓慢,株高较矮;在茎粗方面,T9 较为突出,T7、T17 这 2 组番茄幼苗的茎粗较细,造成 T7 茎粗较细的原因是基质中没有添加田园土,由于秸秆、薯渣、有机肥混拌导致基质孔隙度较大,容重较小,造成番茄幼苗定植困难,难以正常吸收基质中无机盐及其他营养物质,致使其茎粗较细,T17 则是因其基质中大量的玉米秸秆与马铃薯渣导致其基质中渗透压过高,使得番茄幼苗根部细胞收缩变形,难以运输有机质到达茎部,使得番茄幼苗发育不良。

较多的玉米秸秆可能弥补了薯渣的缺失,加之玉米秸秆、田园土、有机肥的混配等综合因素使其壮苗指数与 CK 组无明显差异;T13 基质配比中分别缺少了田园土和马铃薯渣,但其壮苗指数与 CK 组无明显差异,且茎粗、株高均有较好的生长表现,说明玉米秸秆中有机质含量可以满足番茄幼苗的生长要求,玉米秸秆可以作为一种优良的基质原料。

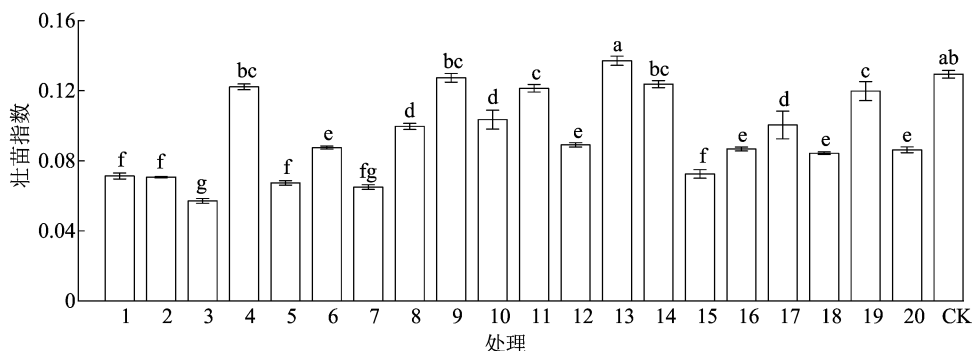
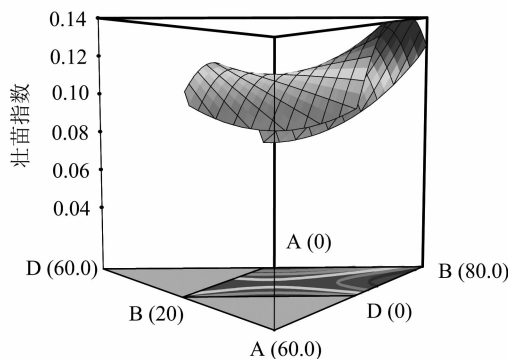
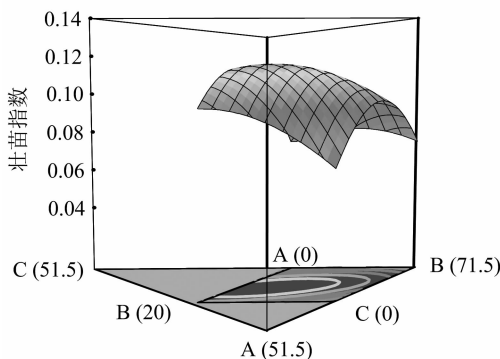
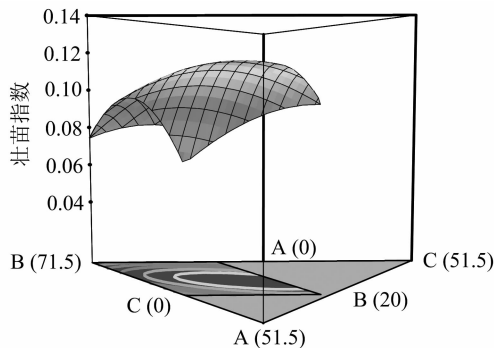
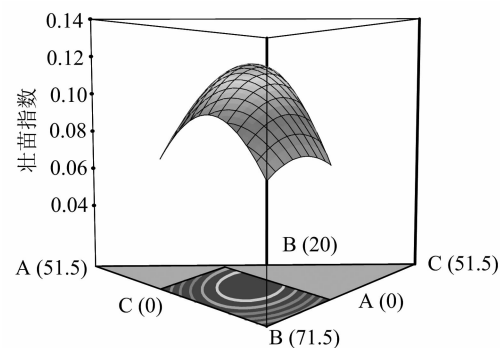


图3 不同育苗基料对比对番茄壮苗指数的影响

2.5 番茄育苗基料混料设计响应面分析

番茄幼苗培育至 28 d 时,检测番茄幼苗的地上

地下干质量、茎粗、根长等数据,计算壮苗指数,输入混料设计,进行响应面分析(图 4)。



A: 有机肥; B: 秸秆; C: 田园土; D: 马铃薯渣

图4 玉米秸秆、有机肥、田园土、马铃薯渣对壮苗指数的响应面及等高线图

由表 4 可知,模型的 AB 、 AC 、 AD 、 BC 项显著 ($P < 0.05$),表明 4 个自变量与壮苗指数之间具有交互作用,总模型方程 $R^2 = 0.9266$ ($P < 0.05$);失拟性检验 $P = 0.5458 > 0.1$,不显著,表明该回归模型拟合情况良好,回归方程具有较高的代表性^[14]。玉米秸秆、有机肥、马铃薯渣、田园土交互作用的三元等高线图及曲面 3D 图如图 4 所示,三角响应面图为一曲面,说明各因素之间存在一定交互作用;图形呈一定的拱形状^[15],说明 4 种基质对壮苗指数都起着显著影响,表明可以利用回归方程确定番茄育苗基质的最优配比,通过 Design - Expert 12.0 软件优化出的番茄育苗基质配比为:玉米秸秆

55.61%、有机肥 24.39%、田园土 18.80%,马铃薯渣 1.20%,此时壮苗指数预测值为 0.122 81。

2.6 番茄育苗基料配比优化验证

使用响应面优化后的番茄育苗基质进行育苗试验,以市售基质为对照,育苗过程同试验设计,培养至 3 叶 1 心期后,对试验组与对照组幼苗出苗率、壮苗指数、基质养分含量、物理参数等进行测量,对优化结果进行验证。由表 5 可知,最优配比组壮苗指数(0.121 57)与优化后预测值(0.122 81)无明显差异,优于市售基质(0.120 72);优化后的基质由于含有较多的秸秆、有机肥,其容重(0.3347 g/cm^3)显著低于对照(0.3681 g/cm^3),较为松软,透气性

表 4 响应面回归方程方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	显著性
回归模型	0.926 6	9	0.103 0	3.07	0.047 8	显著
Linear Mixture	0.307 1	3	0.102 4	3.05	0.078 9	
AB	0.229 0	1	0.229 0	6.82	0.026 0	显著
AC	0.171 2	1	0.171 2	5.10	0.047 5	显著
AD	0.083 2	1	0.083 2	2.48	0.046 5	显著
BC	0.021 0	1	0.021 0	0.625 2	0.047 5	显著
BD	0.075 8	1	0.075 8	2.26	0.163 9	
CD	0.005 4	1	0.005 4	0.160 9	0.696 8	
残差	0.335 8	10	0.033 6			
失拟项	0.158 8	5	0.031 8	0.897 4	0.545 8	不显著
纯误差	0.177 0	5	0.035 4			
合计	1.26	19				

表 5 优化对比试验指标测定

处理	壮苗指数	容重 (g/cm ³)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	速效氮含量 (mg/kg)
优化	0.121 57 ±0.000 75a	0.334 7 ±0.001 3b	213.26 ±2.30a	933.80 ±3.88b	329.90 ±2.15a
对照	0.120 72 ±0.000 88a	0.368 1 ±0.002 7a	215.37 ±4.55a	914.20 ±5.94a	335.83 ±4.47a

较好; 基质中氮、磷、钾含量符合国家标准 NY/T 2118—2012《蔬菜育苗基质》, 速效钾含量略高于市售基质, 其原因是最优育苗基质中含一定添加量的马铃薯渣。

3 讨论与结论

研究表明, 农业有机质废弃物玉米秸秆、薯渣是用作育苗基质的理想原材料, 能够提供幼苗生长过程的有机质, 调节育苗基质理化性质。本试验条件下通过混料设计响应面优化得到的基质配比(体积分数)为玉米秸秆 55.61%、有机肥 24.39%、田园土 18.80%、马铃薯渣 1.20%, 此配比下基质 N、P、K 元素丰富, 番茄幼苗长势良好, 育苗效果优于市售基质, 可以代替市售基质用于番茄幼苗的培育。

番茄育苗质量对番茄产量、品质等有着至关重要的影响, 培育番茄壮苗是番茄增产增收的重要基础, 也是获得高产、优质蔬菜的重要手段。研究表明, 不同基质对培育番茄幼苗有较大影响, 基质是穴盘育苗的基础, 其营养成分和理化性质将直接影响番茄幼苗的生长状况^[16], 本试验中不同的混配基质对番茄幼苗的茎粗、株高、壮苗指数等指标都有明显的影响, 这与诸多研究结论^[17]一致。同时有研究表明, 玉米秸秆作为一种可再生的农业有机废弃物, 其丰富的营养成分和良好的物理结构赋予其成为优良育苗基质原材料的潜质, 添加玉米秸秆对基

质的容重、总孔隙度、有机质含量等理化性质均有改善作用^[18], T13 通过玉米秸秆与田园土混拌, 育苗效果良好, 壮苗指数优于 CK, 茎粗、株高等生理指标也均有较好表现, 与 CK 无显著差异($P < 0.05$)。本试验基质中添加薯渣, 相关研究表明, 其有机质含量丰富, 经过淀粉生产过程后粒径均一, 适于作为基质原料, 但单独使用薯渣作为育苗基质, 会导致基质 EC 值过高, 对幼苗产生盐害作用, 影响出苗效果, 出苗后抑制作物生长^[19]。本试验中 T7、T17 这 2 组基质中薯渣含量均为 30%, 导致其茎粗、株高等指标显著低于 CK, 但 T4、T20 基质中虽然也含有 30% 的薯渣, 但通过与其他基质原料的混配, 基质物理性状与育苗效果均有明显改善, 本试验结果与相关研究结论^[20]一致(表 6)。

相关研究表明, 木薯渣、醋糟、蛭石按照一定比例混配也可代替市售基质进行番茄幼苗的培育^[25], 代惠洁等利用椰糠、草炭、蛭石、珍珠岩按照 2:2:4:4 的比例混拌, 可代替纯草炭土基质进行育苗^[26]。本试验利用玉米秸秆、薯渣、有机肥、田园土混配形成育苗基质, 通过对番茄幼苗生理指标、基质理化性质的检测表明, 本试验基质育苗效果良好, T4、T9、T14 与市售基质无显著差异, T13 育苗效果优于市售基质。以壮苗指数为参考指标, 通过响应面设计优化, 得到最优配比(体积分数)为: 玉米秸秆 55.61%、有机肥 24.39%、田园土 18.80%, 马

表 6 不同番茄育苗基质理化性质对比

基质成分	容重 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	速效氮含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	参考文献
玉米秸秆:有机肥:田园土:马铃薯渣=55.61%:24.39%:18.80%:1.20%	0.334 7	67.32	213.26	933.80	329.90	—
草炭:玉米秸秆:蛭石:牛粪=2:2:2:4	0.400 0	65.82	722.00	2 407.00	202.54	[21]
菌糠:草炭:珍珠岩:蛭石=5:3:1:1	0.205 4	68.17	821.80	16.11	353.00	[22]
菌渣:蛭石:珍珠岩=2:1:0(添加2%有机肥)	0.550 0	53.55	524.10	979.20	288.90	[23]
稻草:草壳=3:1	0.280 0	81.21	192.47	678.53	352.25	[24]

铃薯渣 1.20%,对优化后的番茄育苗基质进行对比验证试验,数据表明,优化后的番茄育苗基质优于市售育苗基质,番茄幼苗壮苗指数、基质有机质含量均高于市售基质,重要的是基质中薯渣的加入使得钾含量高于市售基质,钾素能够促进植物根系的发育,提高植株根部细胞的渗透压,保持细胞的弹性,提高根部细胞抵抗寄生菌穿透的能力,对植株苗期的发育具有积极意义。

通过与其他番茄育苗基质研究比较来看,本研究通过响应面设计优化后,基质中 N、P、K 含量均衡,壮苗指数较优(因各研究壮苗指数计算方法不同,未在表 6 中体现)。由表 6 可知,多数基质组成仍以传统育苗基质中以草炭、珍珠岩、蛭石等原料进行混配,其中草炭主要取自沼泽泥炭地与水藓泥炭地,属于不可再生资源,在自然条件下,草炭的形成需约上千年时间,而人为过度开采利用,会使草炭的消耗速度加快,加剧全球温室效应^[4];珍珠岩使用后会残留于土壤中,造成土壤污染。本试验利用玉米秸秆、薯渣、有机肥、田园土的混配,能够有效代替草炭进行番茄幼苗的培育,减少草炭这类不可再生资源的使用,改变传统育苗基质对草炭资源依赖的局面^[27],降低因基质原料使用不当而产生的土壤污染。同时,玉米秸秆、薯渣均属于农业废弃物,在北方地区大量存在,以此作为基质原料将大大降低番茄育苗基质的生产成本,能够推动农业废弃物基质化利用的进程,提高农业废弃物的利用价值,对于改善农业生态环境、实现农业废弃物循环利用具有重要意义。

农业有机质废弃物玉米秸秆、薯渣是用作育苗基质的理想原材料,能够提供幼苗生长过程的有机质,调节育苗基质理化性质。本试验条件下通过响应面优化得到的基质配比(体积分数)为玉米秸秆 55.61%、有机肥 24.39%、田园土 18.80%、马铃薯

渣 1.20%,此配比下基质 N、P、K 元素丰富,番茄幼苗长势良好,育苗效果优于市售基质,可以代替市售基质用于番茄幼苗的培育。

参考文献:

[1]杨建生,王杏龙,钱晓晴,等. 牛粪干湿分离液与秸秆腐熟料复配基质在番茄育苗中的应用效果研究[J]. 现代农业科技,2015(9):75-76.

[2]冯雪锋,许雷,张梦恩,等. 不同配比育苗基质对番茄幼苗生长的影响[J]. 农业研究与应用,2021,34(4):73-78.

[3]Garcia-Gomez A,Bernal M P,Roig A. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes[J]. Bioresource Technology,2002,83(2):81-87.

[4]倪琳. 不同比例腐解秸秆及生物质炭代替泥炭用作番茄育苗基质研究[D]. 长春:吉林农业大学,2021.

[5]王晓娥,范美青,张欣,等. 玉米秸秆与菌渣混合栽培基质对番茄育苗的影响[J]. 吉林工程技术师范学院学报,2020,36(2):90-91,96.

[6]李德翠. 番茄穴盘育苗复合基质配方筛选研究[D]. 南京:南京农业大学,2014.

[7]白水娟,李嘉儒,胡晓辉. 农业废弃物基质对番茄育苗效果初探[J]. 陕西农业科学,2016,62(12):40-44.

[8]王佳佳,赵清竹,周佩华,等. 育苗基质概况与开发应用研究进展[J]. 贵州农业科学,2021,49(4):24-30.

[9]王陆陆. 生物炭混合腐熟秸秆水稻育苗基质成型试验研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2020.

[10]郭世荣. 固体栽培基质研究、开发现状及发展趋势[J]. 农业工程学报,2005,21(增刊2):1-4.

[11]杨龙元. 牛粪堆肥制备成型基质及其育苗试验研究[D]. 武汉:华中农业大学,2017.

[12]吴永升,宋焕忠,郭元元,等. 番茄和黄瓜育苗基质配方筛选研究[J]. 长江蔬菜,2021(24):11-14.

[13]中华人民共和国农业部. 蔬菜育苗基质:NY/T 2118—2012[S]. 北京:中国农业出版社,2012.

[14]叶项宇,吕锐玲,熊慧婷,等. 栗蘑混料栽培的配方设计与优化[J]. 食用菌,2021,43(4):36-39.

[15]刘琨毅,刘祥宇,王琪,等. D-最优混料设计优化富含番茄红素复合果蔬酒的主料配比[J]. 中国酿造,2022,41(2):

赵欣,卢海峰,钱程,等. 紫花苜蓿叶面积和叶解剖结构对盐胁迫的响应[J]. 江苏农业科学,2023,51(19):145-152.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.19.022

紫花苜蓿叶面积和叶解剖结构对盐胁迫的响应

赵欣¹, 卢海峰¹, 钱程¹, 胡雅飞¹, 刘大林¹, 王琳², 李新娥¹

[1. 扬州大学动物科学与技术学院, 江苏扬州 225009;

2. 扬州大学农业科技发展研究院(国际联合实验室), 江苏扬州 225009]

摘要:叶片大小和解剖结构的变化在植物适应盐胁迫生长中具有重要作用。为探讨盐胁迫条件下,不同耐盐性紫花苜蓿品种的叶片结构对盐胁迫的响应,选择 2 个紫花苜蓿品种 WL363HQ、WL712,利用温室盆栽试验,对其进行 3 种不同浓度 NaCl 溶液处理,栽培 60 d 后测量其叶面积、比叶面积、叶片横截面解剖特征。结果表明:(1) 对于高耐盐性品种 WL363HQ,盐胁迫降低了其叶面积,提高了其叶厚度、叶肉组织厚度及其厚度百分比、叶肉栅栏组织厚度和厚度百分比、栅海比,降低了其细胞壁厚度和海绵组织厚度百分比;(2) 对于低耐盐性品种 WL712,盐胁迫增加了其比叶面积,提高了其上表皮厚度,降低了其角质层厚度以及暴露在单位细胞间隙中的细胞壁的表面积(S_m);另外,叶厚度、叶肉、栅栏组织厚度随 NaCl 浓度先升高后降低;(3) 主成分分析结果表明,WL363HQ 品种在盐胁迫下响应的主导特征是叶肉、栅栏组织厚度,而 WL712 品种的主导特征为叶肉、栅栏组织厚度、角质层、表皮厚度。不同耐盐性紫花苜蓿品种叶面积和叶解剖特征对盐胁迫的不同响应,揭示了紫花苜蓿高耐盐品种的耐盐机制。

关键词:紫花苜蓿;叶解剖结构;叶厚度;角质层厚度;叶面积

中图分类号:S541⁺.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)19-0145-08

紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 属于多年生豆科牧草,是我国调整产业结构、发展畜牧产业的主要牧草之一,也是目前保留种植面积最广的多年生牧

草;其粗蛋白含量高,氨基酸种类齐全,总氨基酸含量较高,富含矿物质、碳水化合物、维生素等营养物质,适口性好,家畜喜食^[1-2],有“牧草之王”的美誉^[3-4]。此外,紫花苜蓿较强的固氮功能,可以有效改善土壤肥力^[5-6],因此还可作绿肥。目前,土壤盐渍化是影响并限制农业生产的一个重要因素,我国盐碱地总面积达 9 913 万 hm^2 ,约占我国国土面积的 10%,并且还在逐年增长^[2,7-8]。而紫花苜蓿显现出较强的耐盐性,揭示紫花苜蓿的耐盐策略对进一步发展盐碱土地的饲草种植业具有积极作用。

收稿日期:2022-07-17

基金项目:江苏现代农业(奶牛产业)技术体系建设专项[编号: JATS(2020)446]。

作者简介:赵欣(1997—),女,四川自贡人,硕士研究生,主要从事牧草生理生态相关研究。E-mail:zx18990005917@163.com。

通信作者:李新娥,博士,副教授,主要从事草地生态学和牧草生理生态学相关研究。E-mail:lixine@yzu.edu.cn。

164-169.

[16]牛先前,林秀香,郑涛,等. 不同育苗基质对番茄出芽率及生长指标的影响[J]. 农业研究与应用,2020,33(6):12-16.

[17]Marques E L S, Martos E T, Souza R J, et al. Spent mushroom compost as a substrate for the production of lettuce seedlings[J]. Journal of Agricultural Science, 2014, 6(7):138.

[18]汪树生,高双娜,冯晨,等. 玉米秸秆压缩基质对番茄、辣椒幼苗生长及营养元素吸收的影响[J]. 东北农业科学,2019,44(6):57-61.

[19]姬宇飞,张霞,徐永忠,等. 瓜果类蔬菜木薯渣育苗基质配方筛选研究[J]. 中国蔬菜,2018(7):36-43.

[20]Pascual J A, Ceglie F, Tuzel Y, et al. Organic substrate for transplant production in organic nurseries. A review[J]. Agronomy for Sustainable Development, 2018, 38(3):35.

[21]巩芳娥. 玉米秸秆与牛粪用作辣椒育苗基质的研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2011.

[22]王勤礼,闫芳,韩玉琦,等. 基于姬菇菌糠为主的番茄育苗基质配方研究[J]. 中国农学通报,2021,37(24):133-138.

[23]贺殊敏,周佩华,辛贵民,等. 基于木耳菌渣番茄育苗基质筛选研究[J]. 延边大学农学学报,2020,42(2):43-50.

[24]宋志刚,余宏军,蒋卫杰,等. 稻草复合基质对番茄育苗效果的影响[J]. 中国蔬菜,2013(14):72-77.

[25]李德翠,高文瑞,徐刚. 以木薯渣为主的番茄育苗基质配方研究[J]. 西南农业学报,2015,28(2):733-737.

[26]代惠洁,纪祥龙,杜迎刚. 椰糠替代草炭作番茄穴盘育苗基质的研究[J]. 北方园艺,2015(9):46-48.

[27]江志阳,邵玉飞,陈欣,等. 育苗基质及水稻用基质概述[J]. 腐植酸,2019(3):7-13.