doi：10.11838/sfsc.1673-6257.22617

椰糠复配基质在人参穴盘育苗中的应用

丁万博，董兴敏，代鸣涛，许永华*，杨　鹤*

（吉林农业大学中药材学院，吉林农业大学人参新品种选育与开发国家地方联合工程研究中心，吉林　长春　130118）

摘　要：为探究椰糠替代草炭用作人参穴盘育苗基质的可行性，将椰糠、草炭、蛭石按体积进行不同比例复配，研究不同配比基质对人参种苗生长及生理指标的影响。结果表明：随椰糠在基质中占比的减少，基质通气孔隙度上升，持水孔隙度下降，有效磷、速效钾含量显著高于CK（草炭∶蛭石=5∶3），其中T3处理（椰糠∶蛭石=2∶1）在茎粗、根长、鲜重、干重、根冠比、壮苗指数、叶绿素含量、过氧化物酶（POD）活性、过氧化氢酶（CAT）活性、丙二醛（MDA）含量与CK相比无显著差异，尤以T4处理（椰糠∶蛭石=1∶1）最优，叶面积、地下干重和鲜重、根冠比、壮苗指数、可溶性蛋白、SOD活性、POD活性、MDA含量显著优于CK（$P<0.05$），隶属函数综合分析得分（0.936）高于CK（0.775）。综上所述，T4处理为最适的椰糠配比基质，能够替代以草炭为主的人参育苗基质配方。

关键词：人参种苗；椰糠；基质理化性质；生长指标；隶属函数法

人参（*Panax ginseng* C. A. Meyer）为五加科人参属多年生宿根草本植物，广泛应用于韩国、日本、中国以及西方国家传统草药配方[1]。现代医学研究表明，人参在治疗癌症[2]、防止衰老[3]、增强免疫力[4]等方面效果突出，市场对于人参需求的产量、质量不断提高。优质的种苗是人参优质高产的关键，集约化基质穴盘育苗能够标准化、规范化、高效率生产人参种苗，促进人参种苗产业化的发展。

草炭是现阶段育苗应用最广泛的材料[5]，人参基质栽培也多以草炭为主[6]，然而，草炭资源有限，短时间内不可再生[7]，因此，寻找替代草炭的材料成为国内外基质研究的热点问题。椰糠天然环保，资源丰富，保水性优良，缓冲能力强，在世界范围内逐步发展成为替代草炭的热点材料[8]。汪佳维等[9]研究表明，椰糠∶草炭∶蛭石∶生土=0.5∶1.5∶1∶1（体积比）的理化指标较适合人参属三七种苗生长，培育出的三七种苗鲜重、根冠比、壮苗指数更优，证实少量椰糠的添加能够使复配基质的有机质含量提高，营养物质丰富，更有利于作物保苗以及培育壮苗。张婧等[10]研究表明椰糠∶蛭石∶珍珠岩=3∶2.5∶2.5（体积比）培养出的番茄叶片生理活性及光合特性更优，由此表明，椰糠完全替代草炭进行育苗基质复配依旧可以达到透气性能与持水能力兼具的效果，为作物生长发育提供更好的环境条件。椰糠占比50%以上同样有利于培育壮苗，提升产量，Fascella等[11]研究表明，椰糠∶珍珠岩=1∶1（体积比）的基质配方培育出的玫瑰花朵数量增多，茎长、芽长、叶片数显著增加。Suhaimi等[12]研究表明，椰糠占比70%～100%的基质生长更好，根茎产量提高了36%，100%的椰糠或含有大量椰糠的组合是生姜生长的最佳基质。由此来看，在不同作物上育苗基质中的椰糠占比是不同的，比例适宜才能起到壮苗的效果。因此，研究椰糠不同比例进行复配的基质对于人参穴盘育苗具有很大的应用价值。

本试验选用椰糠为基质原料，将其与草炭、蛭石按体积进行不同比例的复配，作为人参穴盘育苗的复配基质。研究椰糠不同比例复配基质对人参种苗生长及生理指标的影响，通过隶属函数综合评价得出人参育苗基质的椰糠适宜添加比例，以期为椰糠在人参育苗基质方面的应用和推广提供技术支撑，为人参穴盘育苗基质的可再生、节能环保奠定基础。

收稿日期：2022-10-07；**录用日期：**2023-04-17

基金项目：吉林省科技厅重大科技专项（20200504004YY）；吉林省科技发展计划项目（20210401092YY）。

作者简介：丁万博（1999-），硕士研究生，研究方向为药用植物栽培。E-mail：14753079600@163.com。

通讯作者：许永华，E-mail：xuyonghua777@yeah.net；杨鹤，E-mail：he612@163.com。

1　材料与方法

1.1　试验材料

供试材料人参种子（已经过形态后熟和生理后熟处理）购于吉林省通化县人参基地，播种前测试千粒重为43 g，种子生活力为98%。椰糠（2 ~ 6 mm）、草炭（品氏泥炭土，2 ~ 6 mm）、蛭石（3 ~ 6 mm）均为市售材料，各基质理化性质见表1。

表1　供试椰糠、草炭、蛭石的基本理化性质

供试材料	容重（g/cm³）	通气孔隙度（%）	持水孔隙度（%）	pH值	电导率（mS/cm）	有机质（g/kg）	碱解氮（mg/kg）	有效磷（mg/kg）	速效钾（mg/kg）
椰糠	0.237	14.80	73.36	5.97	2.43	529.15	240.33	71.18	1207.0
草炭	0.296	16.44	64.76	6.12	2.57	636.92	431.67	85.52	959.6
蛭石	0.170	29.72	49.60	6.85	0.52	13.59	15.17	16.25	170.1

1.2　试验设计

试验于2022年5月26日在吉林农业大学温室进行，试验期间温度控制在15 ~ 25℃，采用随机区组设计，设置以椰糠和蛭石按体积复配的T1 ~ T4 4个处理，以传统人参育苗基质为对照（草炭∶蛭石=5∶3），共5个处理（表2）。配制完成后进行基质消毒装盘，育苗塑料穴盘规格为6 cm×3 cm×10 cm（上口径×下口径×深度），21孔，基质浇透水后进行播种，每穴一粒，育苗期间控制基质湿度，基质含水量保持在（50±5）%左右，播种后培养60 d进行相关指标的测定。

表2　不同复配基质比例

处理	材料	配方（体积比）
CK	草炭：蛭石	5∶3
T1	椰糠：蛭石	1∶0
T2	椰糠：蛭石	3∶1
T3	椰糠：蛭石	2∶1
T4	椰糠：蛭石	1∶1

1.3　试验方法

1.3.1　复配基质理化性质测定

物理特性：容重、通气/持水孔隙度参考郭世荣[13]的方法，酸碱度（pH值）和电导率（EC）的测定参照程斐等[14]的方法，采用1∶5土水比浸提。

化学特性：采用重铬酸钾外加热法测定有机质含量，采用醋酸铵浸提–火焰光度法测定速效钾含量，采用碳酸氢钠浸提–钼锑抗分光光度法测定有效磷含量，采用碱解扩散滴定法测定碱解氮含量[15]。

1.3.2　人参种苗生长指标及生理指标的测定

生长指标：株高用直尺测量茎基部至茎生长点的距离，精确到0.1 cm；根长用直尺测量从根茎基质至最长须根末端的距离，精确到0.1 cm；茎粗用游标卡尺测量植株距离基质表面1 cm处的直径，精确到0.1 mm；叶面积用STD4800 Scanner叶面积仪扫描测定，精确到0.001 cm²；鲜重为将植株洗净擦干后用电子天平称重；植株105℃杀青30 min，80℃烘干至恒重后测定干重，精确到0.001 g，并计算根冠比、壮苗指数。

根冠比=根鲜重（g）/地上部鲜重（g）

壮苗指数=［茎粗（cm）/株高（cm）+地下部干质量（g）/地上部干质量（g）］×全株干质量（g）

生理指标：可溶性糖的测定采用蒽酮法，可溶性蛋白的测定采用考马斯亮蓝G–250染色法，根系活力的测定采用氯化三苯四氮唑法，以上具体参照张治安等[16]的方法。叶绿素含量测定采用乙醇法[17]，超氧化物歧化酶（SOD）活性、过氧化物酶（POD）活性、过氧化氢酶（CAT）活性、丙二醛（MDA）含量分别采用苏州科铭生物科技有限公司对应试剂盒进行测定。

1.4　数据统计与分析方法

试验数据采用Excel 2019进行统计做图，SPSS 25.0进行单因素方差分析和相关性分析，采用Duncan进行差异显著性分析（$P<0.05$）。

运用隶属函数分析[18]最终评价，与植株生长正相关的采用隶属函数值=（X–X_{min}）/（X_{max}–X_{min}）计算，负相关的采用反隶属函数值=1–（X–X_{min}）/（X_{max}–X_{min}）计算，其中，X为测定值，X_{max}为最大值，X_{min}为最小值。将隶属函数值进行累加，求取平均值，平均值越大，则该处理组生长状况更优。

2　结果与分析

2.1　不同复配基质理化性质

由表 3 可知，随着椰糠施用比例的减少，复配基质容重以及持水孔隙度持续降低。各处理容重显著低于 CK，T4 处理最小，为 CK 的 77%。相反，持水孔隙度各处理均显著高于 CK，T1 处理最大，为 CK 的 130%。通气孔隙度持续上升，但除 T4 处理外，均显著低于 CK，其中 T1 处理只有 CK 的 59%。pH 值随椰糠比例的减少显著提高，均呈微酸性。配方基质的养分除碱解氮外，有效磷、速效钾含量均显著高于 CK，其中 T1 处理最高，分别较 CK 高出 46%、71%。综上所述，除通气孔隙度 T4 处理与 CK 无显著差异外，其余复配基质处理均与 CK 具有显著差异（$P<0.05$）。

表 3　复配基质理化性质

处理	容重（g/cm³）	通气孔隙度（%）	持水孔隙度（%）	pH 值	碱解氮（mg/kg）	有效磷（mg/kg）	速效钾（mg/kg）
CK	0.26 ± 0.02a	23.83 ± 1.70a	55.64 ± 1.24e	6.90 ± 0.08a	319.7 ± 8.60a	41.67 ± 1.16d	708.6 ± 9.24e
T1	0.24 ± 0.01b	14.13 ± 1.17c	72.57 ± 0.86a	6.00 ± 0.08d	238.7 ± 7.67b	60.86 ± 1.49a	1214.7 ± 10.03a
T2	0.22 ± 0.01bc	18.07 ± 0.85b	66.79 ± 0.99b	6.14 ± 0.05c	195.3 ± 11.39c	56.73 ± 0.90b	936.1 ± 10.40b
T3	0.21 ± 0.01cd	19.70 ± 0.79b	64.01 ± 0.47c	6.25 ± 0.06c	161.5 ± 9.05d	49.55 ± 1.07c	866.8 ± 7.32c
T4	0.20 ± 0.01d	22.03 ± 0.42a	59.38 ± 0.92d	6.61 ± 0.09b	132.1 ± 4.91e	42.56 ± 1.12d	755.8 ± 8.29d

注：同一列不同小写字母表示不同处理间差异显著（$P<0.05$）。下同。

2.2　不同复配基质对人参种苗生长指标的影响

椰糠在基质中占比过多表现出对人参种苗明显的生长抑制作用，由图 1 和图 2 可知，随着椰糠占比的减少，人参种苗的株高、茎粗、叶面积、根长整体呈现上升的趋势，其中株高在 T4 处理达到最大值（5.79 cm），为 CK 的 98.97%，相较 CK 并无显著差异。茎粗在 T3 处理达到最大值（1.29 mm），为 CK 的 101%，但并未达到显著差异，T4 处理与 CK 持平，无显著差异。叶面积指标各处理间差异最为显著，随椰糠比例的减少，在 T4 处理达到最大，较 CK 增加 0.18 cm²，达到显著差异。根长方面在 T3 处理达到最大，T4 处理较 T3 处理减小 0.01 cm，分别为 CK 的 101% 和 99.8%，T3、T4、CK 处理间无明显差异。随椰糠复配比例的减少，人参种苗的鲜重、干重呈现明显上升的趋势，但直到 T3 处理地上鲜重（0.097 g）、干重（0.021 g）、地下鲜重（0.123 g）、干重（0.035 g）才与 CK 无明显差异，椰糠不同复配比例对于地下部分的鲜重、干重影响明显大于地上部分。总体来看，T3 处理茎粗、根长表现最佳，T4 处理株高、叶面积、鲜重、干重最优。

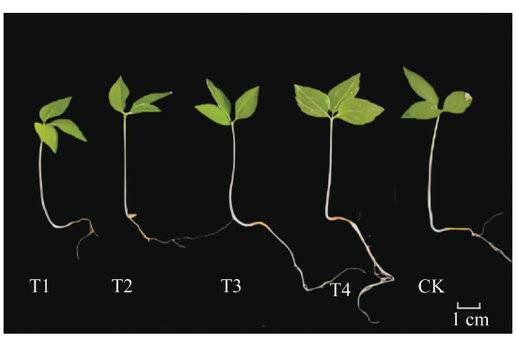

图 1　不同复配基质下人参种苗生长状况

2.3　不同复配基质对人参种苗根冠比、壮苗指数的影响

由图 3 可知，根冠比 T1 ~ T4 处理逐渐上升，分别为 CK 的 53%、65%、103%、119%，T4 处理显著大于 CK，T3 与 CK、T4 处理无明显差异。壮苗指数与根冠比变化趋势一致，T3 处理与 CK 无显著差异，T4 处理显著大于 CK，为 CK 的 124%。T4 处理根冠比、壮苗指数均显著高于 CK。

2.4　不同复配基质对人参种苗可溶性糖、可溶性蛋白、叶绿素、根系活力的影响

由图 4 可知，随着复配基质中椰糠占比的减少，渗透调节物质可溶性蛋白、可溶性糖呈现大致一样的上升趋势，其中可溶性蛋白表现更为明显，在 T2 处理时达到 95.17 μg/g，与 CK 无显著差异，T3、T4 处理分别较 CK 上升 5.51%、5.59%。可溶性糖测定结果为 T4 处理达到最大值（5.36%），与 CK 无显著差异，除 T4 处理外，其余各处理均显著小于 CK。叶绿素测定结果无明显变化规律，只有 T1 处理叶绿素含量低于 CK，叶绿素 a 为 CK 的 84%，叶绿素 b 为 CK 的 58%，均与 CK 存在显著差异，T2、T3、T4 处理与 CK 在叶绿素 a/b 含量均无显著差异。根系活力测定结果显示，随椰糠比例的减少，人参种苗根系活力呈先上升后下降的趋势，在 T3 处理达到最大，较 CK 上升 7.24%，T4 处理略有下降，但与 CK 之间无显著差异。

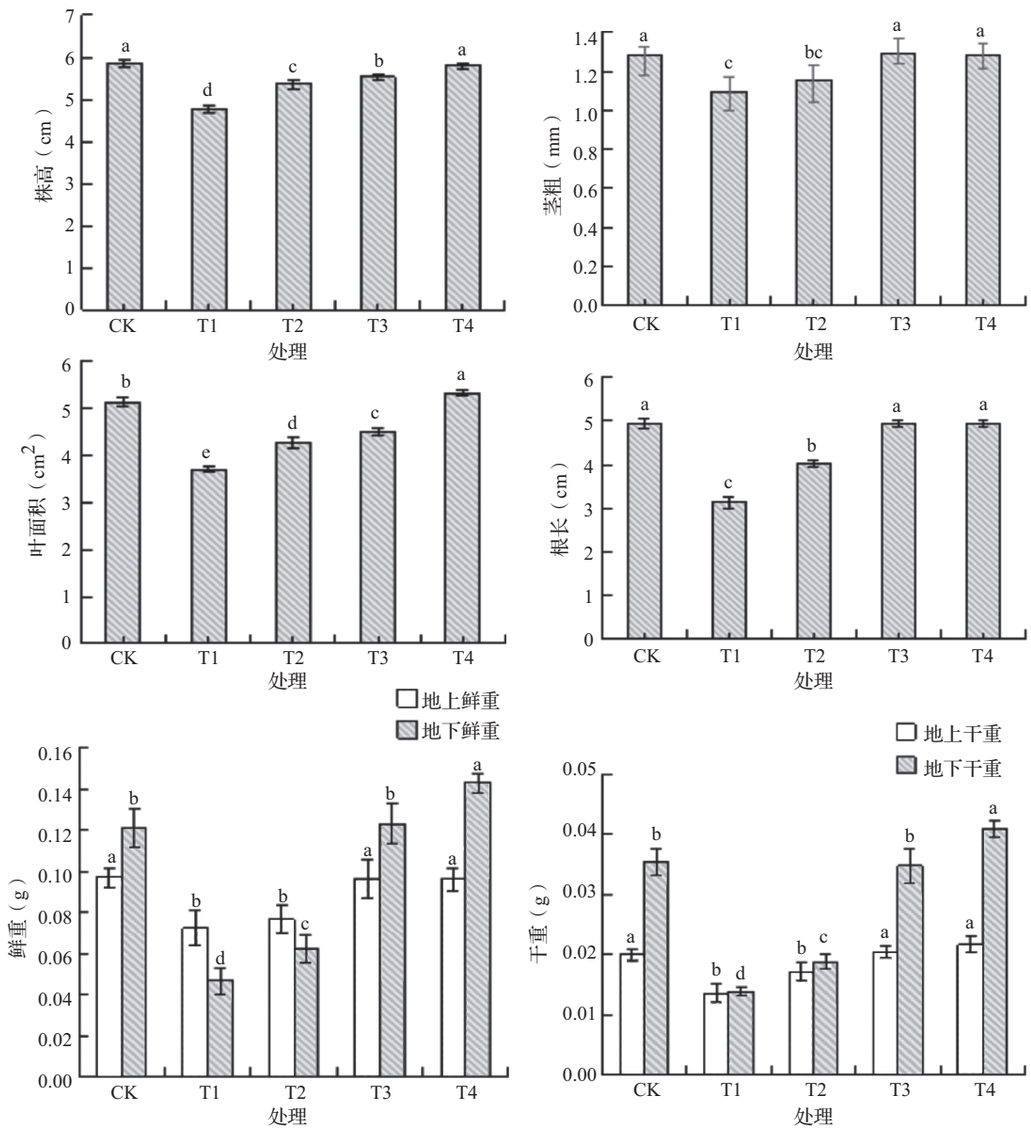

图 2　不同复配基质对人参种苗生长指标的影响

注：不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平下差异显著。下同。

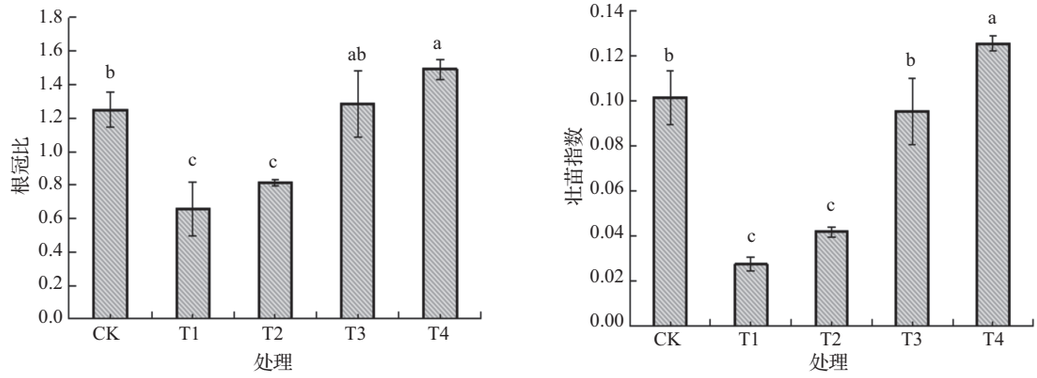

图 3　不同复配基质对人参种苗根冠比、壮苗指数的影响

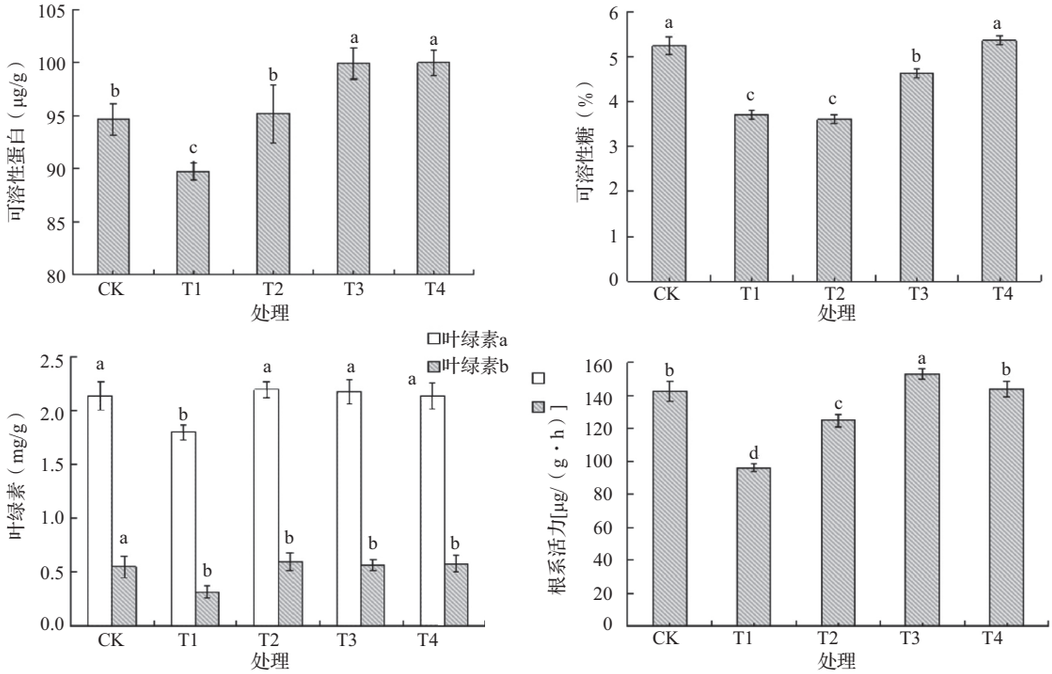

图 4　不同复配基质对人参种苗渗透调节物质、叶绿素、根系活力的影响

2.5　不同复配基质对人参种苗叶片抗氧化酶活性及丙二醛含量的影响

由图 5 可知，在椰糠占比不断下降时，人参种苗叶片抗氧化酶 SOD、POD 活性表现出一致的上升趋势，SOD 活性只有 T1 处理显著低于 CK，T2 处理与 CK 并无显著差异，T3、T4 处理显著高于 CK，分别较 CK 上升 7.7% 和 38.6%。POD 活性直到 T3 处理才与 CK 无显著差异，T4 处理显著高于 CK，较 CK 上升 7.6%。

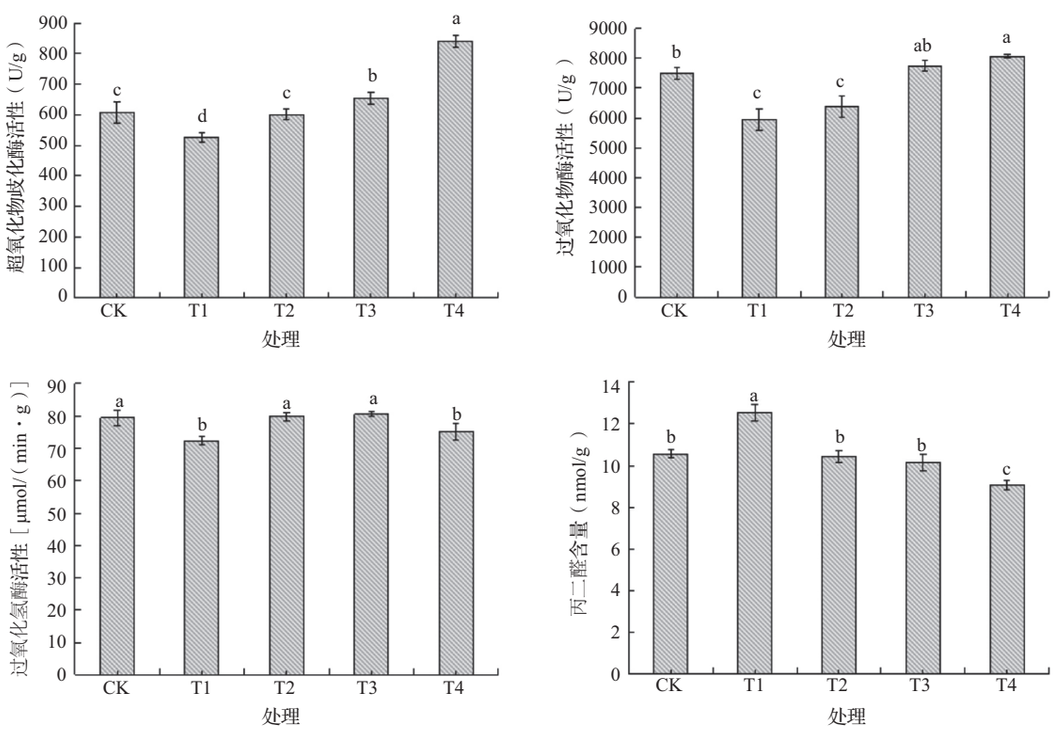

图 5　不同复配基质对人参种苗保护酶活性及丙二醛含量的影响

CAT 活性变化无明显规律，T2、T3 处理略高于 CK，但并未达到显著差异。MAD 含量随椰糠添加比例的减少不断降低，只有纯椰糠 T1 处理显著高于 CK，T4 处理表现最佳，显著低于 CK，为 CK 的 85.7%。

2.6　相关性分析

对复配基质物理性质与人参种苗生长状况进行相关性分析，结果如表 4 所示。基质容重与人参种苗生长发育状况相关性不显著，株高与通气孔隙度呈极显著正相关，与持水孔隙度呈极显著负相关，茎粗、叶面积、根长、干重、可溶性糖都与通气孔隙度呈显著正相关，叶面积、根长、可溶性糖与持水孔隙度呈显著负相关，pH 值只与叶面积呈显著正相关，与种苗其他生长发育指标无显著相关性。

2.7　人参种苗生长及生理指标综合评价

运用隶属函数法，对人参种苗生长及生理指标进行综合分析排名。由表 5 可知，各复配基质处理间的排名为 T4（0.936）>T3（0.794）>CK（0.775）>T2（0.403）>T1（0.003），表明 T4 和 T3 处理配方都优于 CK，可以替代 CK 配方进行人参基质穴盘育苗，且 T4 处理（椰糠：蛭石 =1∶1）为筛选的最优基质配方。

表 4　基质物理性质与种苗生长发育指标相关性分析

指标	容重	通气孔隙度	持水孔隙度	pH 值
株高	−0.134	0.983**	−0.964**	0.868
茎粗	−0.248	0.887*	−0.862	0.745
叶面积	−0.142	0.957*	−0.955*	0.910*
根长	−0.251	0.920*	−0.890*	0.759
鲜重	−0.285	0.873	−0.859	0.770
干重	−0.318	0.890*	−0.872	0.776
叶绿素 a	−0.352	0.717	−0.657	0.459
叶绿素 b	−0.412	0.730	−0.672	0.479
可溶性糖	−0.087	0.877*	−0.889*	0.881
可溶性蛋白	−0.715	0.626	−0.567	0.366
根系活力	−0.342	0.840	−0.797	0.631
超氧化物歧化酶	−0.696	0.585	−0.558	0.459
过氧化物酶	−0.386	0.839	−0.817	0.707
过氧化氢酶	−0.039	0.514	−0.460	0.277
丙二醛	0.613	−0.756	0.708	−0.543

注：** 和 * 分别表示相关性在 0.01 和 0.05 水平上显著。

表 5　隶属函数法综合分析

指标	CK	T1	T2	T3	T4
株高	0.997	0.000	0.554	0.703	0.948
茎粗	0.935	0.000	0.318	1.000	0.952
叶面积	0.890	0.000	0.344	0.487	1.000
根长	0.998	0.000	0.491	1.000	0.993
鲜重	0.825	0.000	0.167	0.839	1.000
干重	0.797	0.000	0.238	0.789	1.000
根冠比	0.709	0.000	0.186	0.752	0.999
壮苗指数	0.758	0.000	0.151	0.697	1.000
可溶性蛋白	0.482	0.000	0.532	0.993	1.000
可溶性糖	0.932	0.051	0.000	0.585	1.000
叶绿素含量	0.847	0.000	1.000	0.921	0.887
根系活力	0.819	0.000	0.503	1.000	0.842
超氧化物歧化酶	0.258	0.000	0.241	0.407	1.000
过氧化物酶	0.730	0.000	0.208	0.849	1.000
过氧化氢酶	0.852	0.000	0.910	1.000	0.350
丙二醛	0.564	0.000	0.606	0.683	1.000
均值	0.775	0.003	0.403	0.794	0.936
排序	3	5	4	2	1

3　讨论

3.1　复配基质理化性质

育苗基质关系种苗的水分和养分吸收，直接与种苗植株的根系发育状况相关[19]。其中对育苗影响较大的基质理化性质包括容重、通气孔隙度、持水孔隙度、pH 值、EC 值、养分状况等。基质栽培作物的最佳容重被认定为 0.1 ~ 0.8 g/cm^3[7]，本试验配制的以椰糠为主的 4 个基质配方，容重在 0.20 ~ 0.24 g/cm^3，符合最适栽培基质容重区间，总孔隙度在 81.4% ~ 86.7%，满足总孔隙度为 54% ~ 96% 的最适区间范围。椰糠持水能力较强，T1 处理纯椰糠持水能力甚至达到了 72.3%，所以进一步缩减椰糠比例用蛭石代替，增加通气孔隙度，寻找最适气水比。椰糠 pH 值偏酸性，随椰糠添加比例的减少，pH 值逐渐升高，这与任志雨等[20]的研究相一致，椰糠中添加适量的蛭石可以显著改善基质的酸碱度，配方基质的酸碱度在 6.0 ~ 6.5，能够满足人参种苗对于微酸性土壤的需求[21]。养分方面，椰糠碱解氮含量显著低于草炭，仅为草炭的 55.7%，但有效磷含量与草炭差距不大，速效钾含量更显著高于草炭 25.9%。在基质配方中，随椰糠比例的减少，基质养分下降，但有效磷和速效钾含量始终高于 CK，能更多地为人参幼苗提供养分，磷和钾是作物必需的大量元素，与作物的产量、品质、抗逆性息息相关[22]。

3.2　复配基质理化性质对人参种苗生长及生理指标的影响

在对人参种苗的生长指标进行分析后，发现纯椰糠不适宜作为人参种苗栽培基质，这与周武先等[23]的研究结果纯椰糠不适合用作药用植物白术栽培基质相一致。随着椰糠占比的下降，人参种苗的株高、茎粗、叶面积、根长、鲜重、干重、根冠比、壮苗指数呈上升趋势，椰糠占比达到 50% 时，株高、茎粗、根长、地上鲜重、地上干重与 CK 相比无显著差异（P>0.05），其中叶面积、地下干重和鲜重、根冠比、壮苗指数显著优于 CK。基质理化性状的差异对人参种苗而言更直接体现在地下发育状况上，从而间接影响植株地上部分。孙建磊等[24]的研究结果也同样表明，椰糠与蛭石 5V∶5V 的基质配比番茄育苗效果最好，适宜的基质孔隙度促进了幼苗根系的生长，更有利于根系吸收水分和矿物养分，培育壮苗。较大的人参种苗移植后会有更高的成活率，在收获时能够获得更大的主根长度、根茎、单根重量、产量和每株植物的种子数[25]。

生理指标反映了植株的新陈代谢状况，关乎植株体内物质的转化、积累，可溶性糖和可溶性蛋白含量是衡量植物渗透调节系统功能的重要指标，叶片可溶性糖的含量间接反映了合成光合产物的能力，可溶性糖含量越高，为后期植物生长发育提供的能量越多[26]，可溶性蛋白主要是一些代谢过程中的酶，其含量反映了植株活力[27]。植物正常进行光合作用、呼吸作用、电子传递等生命活动会伴随活性氧的产生，活性氧积累会造成细胞膜脂过氧化、蛋白质失活等，影响植物正常生长发育[28]，丙二醛是膜脂过氧化作用的最终分解产物，其含量反映了植物生长环境是否适宜，SOD、POD、CAT 活性越高，越有利于维持植物体内生理平衡，抵御外界环境因素的不利影响，增强植株抗逆性。适宜的基质占比改善了人参种苗的生理代谢状况，蛭石吸附性能力强，吸附的 NH_4^+、K^+、Zn^{2+}、Mn^{2+} 可供植物生长所需，也可以进行 NH_4^+、K^+ 等离子代换[29]，SOD 和 CAT 都是含有金属元素的活性蛋白酶，Fe^{2+}、Mn^{2+}、Sb^{2+}、Cd^{2+} 能使铜、锌 SOD 的活性明显提高[30]，部分金属元素对 POD 活性也具有显著作用[31]。随蛭石占比的增加，为人参种苗吸附更为丰富的营养元素供其利用，调节植株生理代谢状况，可溶性蛋白、可溶性糖含量逐步上升，在椰糠：蛭石 =1∶1（V）时，可溶性蛋白显著高于 CK，可溶性糖与 CK 相比无显著差异，人参种苗叶片抗氧化酶 SOD、POD 活性显著高于 CK，丙二醛含量显著下降，从生理指标来看，人参种苗对环境适应性更强，植株活力更为旺盛。这与元玉碧等[32]的研究结果一致，适宜的基质配比能够调节药用植物西红花体内生理代谢的状况，促进可溶性蛋白、可溶性糖含量的增加，增强 SOD 活性，降低丙二醛含量，基质处理的保护酶活性与西红花种球繁殖系数呈正相关，抗氧化酶活性更高有利于促进植株地下部分生物量的增加。田鑫等[33]的研究结果也同样表明，适宜的椰糠添加比例促进了药用植物白及的 SOD 活性，增强了植株抗逆性。适宜的基质配比有利于促进人参种苗对营养元素的吸收，改善植株生理代谢水平，增强植株对环境的适应性，培育健壮优质的种苗。

4　结论

与传统的人参育苗基质配方 CK（草炭：蛭石 = 5∶3）相比，椰糠添加比例过大会造成通气孔隙过低，不利于人参种苗根系发育，T3（椰糠：蛭石 = 2∶1）和 T4 处理（椰糠：蛭石 =1∶1）都能成为替代配方，尤以 T4 处理最优，隶属函数综合分析得分 0.936，显著高于 CK（0.775）。以椰糠替代传统配方中的草炭促进了人参育苗基质的绿色环保可再生，而且能够降低育苗基质成本。

参考文献：

[1] Park H J，Kim D H，Park S J，et al. Ginseng in traditional herbal prescriptions [J]. Journal of Ginseng Research，2012，36（3）：225-241.

[2] Choi P，Park J Y，Kim T，et al. lmproved anticancer effect of ginseng extract by microwave-assisted processing through the generation of ginsenosides Rg3，Rg5 and Rk1 [J]. Journal of Functional Foods，2015，14（4）：613.

[3] Kim S，Kim A K. Anti-breast cancer activity of fine black ginseng（Panax ginseng Meyer）and ginsenoside Rg5 [J]. Journal of Ginseng Research，2015，39（2）：125.

[4] Shi L，Fu W W，Xu H L，et al. Ginsenoside Rc attenuates myocardial ischaemic injury through antioxidative and anti-inflammatory effects [J]. Pharmaceutical Biology，2022，60：1，1038-1046.

[5] Fascella G，Mammano M M，Angiolillo D F，et al. Coniferous wood biochar as substrate component of two containerized Lavender species：Effects on morpho-physiological traits and nutrients partitioning [J]. Scientia Horticulturae，2020，267：109356.

[6] 周佩华，高峰，杨涵童，等. 以菌渣为主料的人参栽培基质筛选研究 [J]. 扬州大学学报（农业与生命科学版），2022，43（1）：118-127.

[7] Gruda N. Sustainable peat alternative growing media [C] // XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People（IHC2010）：International Symposium on 927. 2010：973-979.

[8] Barrett G E，Alexander P D，Robinson J S，et al. Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems-A review [J]. Scientia Horticulturae，2016，212：220-234.

[9] 汪佳维，王华磊，王灿彬，等. 蚯蚓粪、椰糠复配基质对三七种苗生长的影响 [J]. 中国土壤与肥料，2022（5）：107-115.

[10] 张婧，吴慧，程云霞，等. 椰糠复合基质对番茄穴盘幼苗生长效应的综合评价 [J]. 土壤通报，2021，52（5）：1156-1164.

[11] Fascella G，Zizzo G V. Effect of growing media on yield and quality of soilless cultivated rose [C] //International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics，2004，697：133-138.

[12] Suhaimi M Y，Mohamad A M，Mahamud S，et al. Effects of substrates on growth and yield of ginger cultivated using soilless culture [J]. Journal of Tropical Agriculture and Food Science，2012，40（2）：159-168.

[13] 郭世荣 . 无土栽培学 [M]. 2 版. 北京：中国农业出版社，2011.

[14] 程斐，孙朝晖，赵玉国，等. 芦苇末有机栽培基质的基本理化性能分析 [J]. 南京农业大学学报，2001，24（1）：19-22.

[15] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京：中国农业出版社，2000：30-108，263-273，352-355.

[16] 张治安，张美善. 植物生理学实验指导 [M]. 北京：中国农业科学技术出版社，2004.

[17] 杨玉坤，王英平，杨鹤，等. 人参叶片衰老过程中叶片结构及生理指标变化 [J]. 植物生理学报，2022，58（2）：393-401.

[18] Klir G，Yuan B. Fuzzy sets and fuzzy logic [M]. New Jersey：Prentice Hall，1995.

[19] 孙锦，李谦盛，岳冬，等. 国内外无土栽培技术研究现状与应用前景 [J]. 南京农业大学学报，2022，35（5）：898-915.

[20] 任志雨，姚萌，切岩祥和，等. 椰糠与蛭石的不同配比对甜椒幼苗质量的影响 [J]. 湖北农业科学，2015，54（18）：4493-4497.

[21] Kim K，Huh J H，Um Y，et al. The comparative of growth characteristics and ginsenoside contents in wild-simulated ginseng（Panax ginseng CA Meyer）on different years by soil properties of cultivation regions [J]. Korean Journal of Plant Resources，2020，33（6）：651-658.

[22] Divito G A，Sadras V O. How do phosphorus，potassium and sulphur affect plant growth and biological nitrogen fixation in crop and pasture legumes? A meta-analysis [J]. Field Crops Research，2014，156：161-171.

[23] 周武先，熊琳珂，罗孝荣，等. 不同配比基质对白术幼苗生长及生理特性的影响 [J]. 北方园艺，2021，45（18）：111-118.

[24] 孙建磊，吕晓惠，赵西，等. 椰糠与蛭石不同配比对番茄穴盘苗生长的影响 [J]. 中国蔬菜，2016（5）：45-48.

[25] Zhang H，Xu S，Piao C，et al. Post-planting performance，yield，and ginsenoside content of Panax ginseng in relation to initial seedling size [J]. Industrial Crops and Products，2018，125：24-32.

[26] 赵江涛，李晓峰，李航，等. 可溶性糖在高等植物代谢调节中的生理作用 [J]. 安徽农业科学，2006，34（24）：6423-6425，6427.

[27] 王月福，于振文，李尚霞，等. 氮素营养水平对小麦旗叶衰老过程中蛋白质和核酸代谢的影响 [J]. 植物营养与肥料学报，2003，9（2）：178-183.

[28] 魏婧，徐畅，李可欣，等. 超氧化物歧化酶的研究进展与

植物抗逆性［J］. 植物生理学报，2020，56（12）：2571–2584.

［29］ Zhu W L，Cui L H，Ouyang Y，et al. Kinetic adsorption of ammonium nitrogen by substrate materials for constructed wetlands［J］. Pedosphere，2011，21（4）：454–463.

［30］ 邓家军，胡继伟，李继新，等. 重金属离子对烤烟叶片中铜锌超氧化物歧化酶活性的影响［J］. 中国烟草学报，2010，16（3）：1–6.

［31］ 李丰茂，李佳欣，郭小路，等.‘忠薯1’薯皮过氧化物酶分离纯化及其理化性质研究［J］. 西南大学学报（自然科学版），2020，42（10）：79–87.

［32］ 元玉碧，张红瑞，邹小双，等. 不同基质对西红花生理生化代谢和繁殖系数的影响［J］. 江苏农业科学，2014，42（5）：202–204.

［33］ 田鑫，钟程，李性苑. 基质配比对白及生长发育的影响［J］. 安徽农业科学，2018，46（33）：21–24.

Application of coconut bran compound matrix in planting *Panax ginseng* cave disc seedlings

DING Wan-bo，DONG Xing-min，DAI Ming-tao，XU Yong-hua*，YANG He*（College of Chinese Medicinal Materials，Jilin Agricultural University，State Local Joint Engineering Research Center of Ginseng Breeding and Application，Changchun Jilin 130118）

Abstract：In order to explore the feasibility of replacing grass charcoal with coconut bran as the seedling substrate of ginseng cave disc，coconut bran，grass charcoal and vermiculite were compounded in different proportions according to volume，and the effects of different matching matrices on the growth and physiological indicators of ginseng seedlings were studied. The results showed that with the decrease of the proportion of coconut bran in the matrix，the porousness of the substrate ventilation was increased，the porosity of water retention was decreased，and the contents of available phosphorus and available potassium were significantly higher than those of CK（grass charcoal∶vermiculite = 5∶3），of which T3 treatment（coconut bran∶vermiculite = 2∶1）was not significantly different from CK in terms of stem thickness，root length，fresh weight，dry weight，root-to-crown ratio，strong seedling index，chlorophyll content，Peroxidase（POD）activity，Catalase（CAT）activity，and Malondialdehyde（MDA）content compared with CK. T4 treatment（coconut bran∶vermiculite = 1∶1）was optimal，and the leaf area，underground dry weight and fresh weight，root-to-crown ratio，seedling index，soluble protein，SOD activity，POD activity and MDA content of T4 treatment were significantly better than those of CK（$P<0.05$），and the comprehensive analysis score of membership function of T4 treatment（0.936），which was higher than that of CK was 0.775. In summary，T4 treatment（coconut bran∶vermiculite = 1∶1）is the most suitable coconut bran ratio matrix，which can replace the ginseng seedling matrix formula based on grass charcoal.

Key words：*Panax ginseng* seedlings；coconut bran；physicochemical properties of the matrix；growth indicators；the membership function method