

三种原料对栽培基质含水量影响的统计分析

李丽 聂俊华 徐顺利

(山东农业大学资源与环境学院 泰安 271018)

摘要 用砂、锯末和蛭石作为原料配制栽培基质,用压力膜装置测定了18个处理的水分含量,对各原料含量与基质水分含量进行逐步回归分析,建立回归方程。分析了原料含量对基质水分含量的影响,结果表明砂含量与基质水分含量之间呈显著的负相关;锯末及蛭石含量与基质水分含量呈正相关。3种原料对基质水分含量有较高的正直接作用,原料中的任何一种通过另外两种对基质水分含量都是负间接作用。各回归分析的决定系数值都 >0.80000 ,回归方程的相关系数 $R>0.890000$,说明建立的回归模型有效,可靠,精度较高。

关键词 逐步回归分析;栽培基质;含水量

中图分类号 S152.7⁺1

目前,人工配制的基质越来越广泛地被应用于作物栽培^[1,2]。人工基质的肥力特征也逐渐为人们所重视^[2-4]。水分是植物生长必不可少的重要肥力因子之一^[5],在水资源匮乏的今天,研究人工基质的持水性,有利于充分利用基质的持水潜力,节约灌溉用水,降低生产成本。各种类型天然土壤的持水性能已经有大量的文献报道,本文用DPS(data processing system)数据处理软件系统^[6]对所观测数据分析后,建立原料含量与不同吸力下的基质水分含量,以及原料含量与饱和含水量,基质速效水含量之间的逐步回归方程,经检验证明这些方程是可靠的,精度较高的,为栽培基质原料配比与基质持水量的研究与应用提供理论依据,建立了可靠的数学模型。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供基质配制的原料有蛭石、砂及锯末。均由当地市场购得,蛭石原状为粉末状,未加处理;砂与锯末分别过2.0mm土筛。

1.2 仪器及设备

栽培基质持水能力测定用设备为美国SOIL公司生产的型号为0~30的压力膜装置。

1.3 试验方法

1.3.1 栽培基质的配制 河砂、锯末与蛭石的加入量按体积计算。每种原料的体积比例从0开始,

按0.2、0.4、0.6、0.8的比例上升,共设18个处理,各设3次重复(表1)。将每一份基质按表1方案配合混匀,备用。

表1 试验处理中各种原料体积比例组合

Table 1 Ratios of raw materials in media

处理编号	砂:锯末:蛭石	处理编号	砂:锯末:蛭石
1	0:2:8	10	4:0:6
2	0:4:6	11	4:2:4
3	0:6:4	12	4:4:2
4	0:8:2	13	4:6:0
5	2:0:8	14	6:0:4
6	2:2:6	15	6:2:2
7	2:4:4	16	6:4:0
8	2:6:2	17	8:0:2
9	2:8:0	18	8:2:0

1.3.2 测定方法 混匀的各基质装入不锈钢环刀中,置于多孔压力板上,将带有样品的多孔压力板放于瓷盘内,加水饱和,保持24h,然后置于压力膜装置内,压力分别设定为 1.013×10^4 Pa, 3.039×10^4 Pa, 6.078×10^4 Pa, 1.013×10^5 Pa, 3.039×10^5 Pa, 6.078×10^5 Pa,待水分平衡后,取出土环,用烘干法测定栽培基质不同压力下的含水量。

2 结果与分析

2.1 原料配比对不同吸力下基质持水量的影响

表2是用压力膜装置测定的不同压力下的基质

水分含量。压力为 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时基质的水分含量明显不符合规律未列出。从数据可以看出,原料配比对基质水分含量有明显的影响。不同吸力下,处理 5、4、2、3、和 1 的含水量都比较高。在 $1.013 \times 10^4 \text{ Pa}$ 压力下,持水量最高的 5 个处理依次是 5、4、2、3、和 1; $3.039 \times 10^4 \text{ Pa}$ 和 $6.078 \times 10^4 \text{ Pa}$ 压力下,水分含量最高的 5 个处理依次是 5、2、4、3、和 1; $3.039 \times 10^5 \text{ Pa}$ 压力下水分含量最高的 5 个处理依次是 2、3、5、4 和 1; $6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 压力下水分最高的五个处理是 4、2、3、1 和 5。基质的饱和含水量

都比较大,处理 4 最高,为 4637.0 g/kg ,其原料配比为砂 0.8、锯末 0.8、蛭石 0.2;处理 17 最低,为 324.0 g/kg ,其原料配比为砂 0.8、锯末 0、蛭石 0.2。

2.2 原料配比对基质速效水含量的影响

从表 3 可以看出,仅处理 5 速效水含量高于 900 g/kg ,速效水含量在 $700 \sim 890 \text{ g/kg}$ 之间的有处理 2 和处理 4;速效水含量在 $500 \sim 690 \text{ g/kg}$ 之间的是处理 1、处理 3、处理 6、处理 7;其余的处理速效水含量都很低,处理 18 最低,仅 49.5 g/kg 。

表 2 原料配比对不同压力下基质水分含量的影响 (g/kg)

Table 2 Water contents of the culture media different in ratio under different pressures

处理编号	饱和含水量	压 力				
		$1.013 \times 10^4 \text{ Pa}$	$3.039 \times 10^4 \text{ Pa}$	$6.078 \times 10^4 \text{ Pa}$	$3.039 \times 10^5 \text{ Pa}$	$6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$
1	2220.0	784.5	691.2	464.7	425.0	137.0
2	3137.0	983.9	851.2	525.5	478.6	199.7
3	3596.0	945.4	765.9	469.4	456.4	197.7
4	4637.0	1087.7	848.4	514.1	427.9	209.5
5	2308.0	1112.2	969.2	659.0	427.9	94.6
6	1807.0	618.3	493.2	297.5	270.2	72.1
7	2370.0	763.2	576.7	357.0	174.9	67.3
8	2047.0	524.5	346.1	166.0	149.4	90.5
9	1377.0	443.7	330.2	110.8	73.9	51.2
10	963.0	443.6	380.4	256.8	212.9	2.7
11	1163.0	426.1	352.9	215.7	176.7	18.2
12	1130.0	296.1	249.3	159.9	73.9	22.2
13	1052.0	254.4	202.8	132.8	72.2	23.3
14	701.0	304.1	261.2	185.9	117.2	0.2
15	666.0	202.3	164.1	107.3	64.1	8.2
16	799.0	172.1	124.8	70.0	50.6	17.2
17	324.0	98.6	73.9	41.3	25.3	1.3
18	410.0	67.9	38.0	10.9	9.2	6.5

表 3 原料配比对栽培基质的速效水含量的影响 (g/kg)

Table 3 Contents of readily available water of the media different in ratio

处理编号	$1.5195 \times 10^4 \text{ Pa} \sim 6.078 \times 10^5 \text{ Pa}^*$ 速效水含量范围	速效水绝对含量	处理编号	$1.5195 \times 10^4 \text{ Pa} \sim 6.078 \times 10^5 \text{ Pa}^*$ 速效水含量范围	速效水绝对含量
1	770 ~ 137.0	633.2	10	418 ~ 2.7	415.3
2	945 ~ 199.7	745.3	11	403 ~ 18.2	384.8
3	888 ~ 197.7	690.3	12	281 ~ 22.2	258.8
4	1009 ~ 209.5	799.5	13	236 ~ 23.3	212.7
5	1056 ~ 94.6	961.4	14	288 ~ 0.2	287.8
6	579 ~ 72.1	506.9	15	187 ~ 8.2	178.8
7	700 ~ 67.3	632.7	16	154 ~ 17.2	136.8
8	434 ~ 90.5	343.5	17	89.5 ~ 1.3	88.2
9	409 ~ 51.2	357.8	18	56.0 ~ 6.5	49.5

* 此表中列出 $1.5195 \times 10^4 \text{ Pa} \sim 6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下栽培基质的速效水含量,是由于在自然土壤中在 $1.5195 \times 10^4 \text{ Pa} \sim 6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下的水分是作物可以利用的。

2.3 原料配比与基质水分含量之间的逐步回归分析

从以上的数据可以看出，基质的不同原料含量与基质水分含量间存在着某种关系。为了定量研究每一种原料含量与基质水分含量的关系，对不同原料配比与基质水分含量进行逐步回归分析。以下各表中 X (1)、X (2)、X (3) 分别代表砂、锯末和蛭石在基质中的比例，Y_s 表示基质的饱和水含量，Y_a 表示基质的速效水含量，Y1、Y2、Y3、Y4 和 Y5 分别代表 1.013 × 10⁴ Pa, 3.039 × 10⁴ Pa, 6.078 × 10⁴ Pa, 1.013 × 10⁵ Pa, 3.039 × 10⁵ Pa 和 6.078 × 10⁵ Pa 下

的基质水分含量。

2.3.1 原料含量与基质饱和水含量及速效水含量间的逐步回归分析 从表 4 的数据可以看出，砂含量与基质饱和含水量及速效水含量间呈显著的负相关关系；锯末含量与饱和水含量呈显著的正相关关系，与速效水含量间呈正相关关系，但未达到显著性水平；蛭石含量与基质饱和含水量呈正相关关系，未达到显著性水平，但与基质速效水含量呈显著的正相关。

表 4 各原料与基质饱和水含量及速效水含量的相关分析
Table 4 Relations between the three raw materials and SWC (or RAWC) in the media*

	相关系数	X1	X2	X3	Y _s	显著水平 P
与基质饱和水的相关分析	X1	1.000000	-0.440109	-0.544345	-0.794372	0.000082
	X2	-0.440109	1.000000	-0.500000	0.529680	0.023774
	X3	-0.544345	-0.500000	1.000000	0.342524	0.164105
	Y _s	-0.794372	0.529680	0.342524	1.000000	0.000000
与基质速效水的相关分析	X1	1.000000	-0.440109	-0.544345	-0.822268	0.000028
	X2	-0.440109	1.000000	-0.500000	0.144139	0.568257
	X3	-0.544345	-0.500000	1.000000	0.706909	0.001037
	Y _s	-0.822268	0.144139	0.706909	1.000000	0.000000

* EAW (the easily available water content)表示速效水含量, AEAW (the absolute content of easily available water)表示速效水绝对含量，以下各表中亦同。

基质含量与饱和含水量间的逐步回归方程：

$$Y = -1043.125081 + 981.171213X1 + 1308.624872X2 + 1318.676844X3$$

基质含量与速效水含量间的逐步回归方程：

$$Y = -144.6709031 + 134.1790640X1 + 188.5031472X2 + 234.9128626X3$$

从对 3 种原料含量与基质饱和水含量及速效水含量的偏相关分析(表 5)可以看出，当任何两种的含

量固定时，另一原料的含量与基质水分含量呈显著的正相关关系，且偏相关系数的显著性水平 < 0.05，说明建立的回归方程是可靠的，精度较高。原料含量与基质速效水含量相关系数值均小于与基质的饱和水含量的偏相关分析值，显著性水平 P 的值都大于与饱和水含量的逐步回归分析值，说明原料含量与速效水含量之间的相关性较与饱和水含量的相关性要差。

表 5 各原料与基质饱和水含量及速效水含量的偏相关分析
Table 5 Partial correlation of the materials with SWC (or RAWC) in the media

	偏相关	t 检验值	显著水平 p
与基质饱和水的偏相关分析	r (y, X1) = 0.733835	4.04187	0.001065
	r (y, X2) = 0.840363	5.80112	0.000035
	r (y, X3) = 0.824944	5.46105	0.000066
与基质速效水的偏相关分析	r (y, X1) = 0.515700	2.252150	0.039724
	r (y, X2) = 0.673028	3.40479	0.003919
	r (y, X3) = 0.727196	3.96387	0.001248

2.3.3 不同吸力下原料含量与基质含水量之间的逐步回归分析 从表 6 可以看出，在各吸力下，

砂含量与基质水分含量间呈显著的正相关，3.039 × 10⁵ Pa 下的相关性最显著，相关系数为-0.825587，

显著水平 P 的值为 0.000025; $6.078 \times 10^4 \text{ Pa}$ 吸力下的相关性是显著性最差的, 其相关系数为 -0.752789, 显著水平 P 的值为 0.000312。 $1.01 \times 10^4 \text{ Pa} \sim 3.039 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下, 锯末含量与基质水分含量呈正相关, 未达到显著性水平; $6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下, 锯末含量与基质水分含量呈显著的正相关关系, $P = 0.027139$; $6.078 \times 10^4 \text{ Pa}$ 吸力下的相关性最差, 相关系数为 0.015525, 显著水平 P 为 0.951245。

$1.01 \times 10^4 \text{ Pa} \sim 3.039 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下, 蛭石含量与基质水分含量呈显著的正相关, 显著性水平 $P < 0.05$, $6.078 \times 10^4 \text{ Pa}$ 下的相关性最强, 相关系数值为 0.764434, P 的值为 0.000221。 $6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下, 蛭石含量与基质水分含量呈正相关关系, 未达到显著性水平, $P = 0.152679$ 。三种原料含量之间呈两两负相关关系。

表 6 不同吸力下各原料与基质含水量的相关分析

Table 6 Relations of the materials with water content in the media under different suction

	相关系数	X1	X2	X3	Y	显著水平 P
$1.01 \times 10^4 \text{ Pa}$ 吸力下	X1	1.000000	-0.440109	-0.544345	-0.818746	0.000033
	X2	-0.440109	1.000000	-0.500000	0.191134	0.447409
	X3	-0.544345	-0.500000	1.000000	0.666617	0.002517
	Y1	-0.818746	0.191134	0.666617	1.000000	0.000000
$3.039 \times 10^4 \text{ Pa}$ 吸力下	X1	1.000000	-0.440109	-0.544345	-0.790664	0.000094
	X2	-0.440109	1.000000	-0.500000	0.096696	0.702691
	X3	-0.544345	-0.500000	1.000000	0.725804	0.000650
	Y2	-0.790664	0.096696	0.725804	1.000000	0.000000
$6.078 \times 10^4 \text{ Pa}$ 吸力下	X1	1.000000	-0.440109	-0.544345	-0.752789	0.000312
	X2	-0.440109	1.000000	-0.500000	0.015525	0.951245
	X3	-0.544345	-0.500000	1.000000	0.764434	0.000221
	Y3	-0.752789	0.015525	0.764434	1.000000	0.000000
$3.039 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下	X1	1.000000	-0.440109	-0.544345	-0.825587	0.000025
	X2	-0.440109	1.000000	-0.500000	0.130130	0.606794
	X3	-0.544345	-0.500000	1.000000	0.721393	0.000727
	Y4	-0.825587	0.130130	0.721393	1.000000	0.000000
$6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下	X1	1.000000	-0.440109	-0.544345	-0.818765	0.000033
	X2	-0.440109	1.000000	-0.500000	0.519494	0.027139
	X3	-0.544345	-0.500000	1.000000	0.351450	0.152679
	Y5	-0.818765	0.519494	0.351450	1.000000	0.000000

各吸力下所建立的逐步回归方程:

$$1.01 \times 10^4 \text{ Pa 吸力下} \quad Y = -229.4821511 + 211.8483575X1 + 284.7386789X2 + 340.441264X3$$

$$3.039 \times 10^4 \text{ Pa 吸力下} \quad Y = -191.1915439 + 175.8935127X1 + 229.0897916X2 + 287.9249514X3$$

$$6.078 \times 10^4 \text{ Pa 吸力下} \quad Y = -123.7401214 + 114.8297013X1 + 143.3607169X2 + 187.4859875X3$$

$$3.039 \times 10^5 \text{ Pa 吸力下} \quad Y = -91.1939569 + 78.7835136X1 + 112.2992648X2 + 141.9565222X3$$

$$6.078 \times 10^5 \text{ Pa 吸力下} \quad Y = -42.5584597 + 34.4245445X1 + 56.7798432X2 + 56.0032103X3$$

从对 3 种原料含量与各吸力下基质水分含量偏相关分析(表 7)可以看出, 在 $1.01 \times 10^4 \text{ Pa} \sim 3.039 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下, 当 3 种原料中的任何两种的含量固定时, 另一原料的含量与基质水分含量之间呈正相关关系, 且所有的偏相关系数的显著性水平 $P < 0.05$, 说明建立的 $1.01 \times 10^4 \text{ Pa} \sim 3.039 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下原料含

量与饱和水含量之间的回归方程模型是可行的。 $6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下, 砂的显著性水平 $P > 0.05$; 但锯末和蛭石的含量与基质水分含量的偏相关系数的显著性水平 $P < 0.05$ 。但是, 与前几种吸力下的偏相关相比, 在 $6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下, 各原料含量与基质水分含量的相关性差, 偏相关系数值较前几个吸力下

的减小，P 增高，说明 6.078×10^5 Pa 吸力下，各原料的含量与基质的水分含量间的相关性要差。

从偏相关分析结果还可以看出，在 1.01×10^4 Pa ~ 3.039×10^5 Pa 吸力下，蛭石与基质水分含量的偏相关性最强，其偏相关系数是最大的，显著性水平 P 的值在各吸力下均是最小的；在 6.078×10^5 Pa 吸力下，蛭石与基质水分含量的偏相关性是最弱的，

且 $P > 0.05$ 。 1.01×10^4 Pa ~ 6.078×10^5 Pa 吸力下，砂含量与基质水分含量的偏相关性是最弱的，在各个吸力下，它的相关系数是最小的，显著性水平 P 的值是最大的，在 1.01×10^4 Pa ~ 3.039×10^5 Pa 吸力下，砂含量与基质水分含量的偏相关显著性水平 $P < 0.05$ ，在 6.078×10^5 Pa 吸力下， $P > 0.05$ 。但是所建立的回归方程仍是可靠的。

表 7 各吸力下各原料与基质含水量的偏相关分析

Table 7 Partial correlation between the three raw materials and water content in the media under different suction

	偏相关	t 检验值	显著水平 p
1.01 × 10 ⁴ Pa 吸力下	r (y, X1) = 0.588273	2.721924	0.015750
	r (y, X2) = 0.724854	3.93692	0.001318
	r (y, X3) = 0.761606	4.39737	0.000520
3.039 × 10 ⁴ Pa 吸力下	r (y, X1) = 0.566403	2.571551	0.021269
	r (y, X2) = 0.693755	3.60421	0.002603
	r (y, X3) = 0.749159	4.23179	0.000725
6.078 × 10 ⁴ Pa 吸力下	r (y, X1) = 0.550040	2.464337	0.026290
	r (y, X2) = 0.662674	3.31082	0.004752
	r (y, X3) = 0.734093	4.04496	0.001058
3.039 × 10 ⁵ Pa 吸力下	r (y, X1) = 0.506177	2.196054	0.044227
	r (y, X2) = 0.669081	3.36855	0.004222
	r (y, X3) = 0.728412	3.97798	0.001212
6.078 × 10 ⁵ Pa 吸力下	r (y, X1) = 0.412624	1.694910	0.110746
	r (y, X2) = 0.626604	3.008372	0.008821
	r (y, X3) = 0.595281	2.771986	0.014242

2.3.8 原料配比与基质水分含量的各参数指标分析 从表 8 可以看出，所建立的逐步回归方程除 6.078×10^5 Pa 下所建立的回归方程的相关系数 R 值略 < 0.900000 外，其它的均 > 0.920000 ，说明基质含水量与 3 种原料的含量相关程度高，调整后的复相关系数 Ra 除 6.078×10^5 Pa 吸力下的值外，其它

吸力下的都 > 0.900000 ，各回归分析的决定系数值都 > 0.800000 。F 值的显著性水平 $P = 0.0000$ ，远 < 0.05 ，说明建立的回归模型有效，可以使用。

6.078×10^4 Pa 下的逐步回归分析所得出的 Durbin-Watson 统计量 d 值最接近于 2，说明在所有的处理中， 6.078×10^4 Pa 吸力下的 3 种原料之间的

表 8 原料配比与基质水分含量回归方程的各指标

Table 8 Indexes of the regression equation of the three raw materials and water content in the media

	相关系数 R	F 值	显著水平 p	剩余标准差	调整后的 相关系数 Ra	Durbin-Watson 统计量	决定系数
A	0.946030	39.7662	0.0000	42.09769699	0.934059	1.31804363	0.89497
B	0.935469	32.6972	0.0000	10.33198263	0.921053	2.48200553	0.87510
C	0.936200	33.1112	0.0000	13.49724620	0.921955	1.88770983	0.87647
D	0.932679	31.2004	0.0000	11.86180684	0.917611	1.93237700	0.86989
E	0.925864	28.0188	0.0000	8.08072426	0.909192	2.08794250	0.86989
F	0.939255	34.9486	0.0000	6.22140602	0.925720	1.01927641	0.88220
G	0.898590	19.5711	0.0000	3.52223044	0.875332	0.62666657	0.80746

说明 :A 表示 3 种原料含量与饱和水含量回归方程；B 表示 3 种原料含量与速效水含量回归方程；C、D、E、F、G 分别表示 1.01×10^4 Pa ~ 6.078×10^5 Pa 吸力下 3 种原料含量与基质含水量回归方程。

相互间最独立。各原料含量配比与速效水含量之间的回归分析所建立的回归方程的 Durbin-Watson 统计量 d 值, 以及 $1.01 \times 10^4 \text{ Pa}$ 吸力和 $3.039 \times 10^4 \text{ Pa}$ 吸力下的各原料含量与基质水分含量间回归分析所建立的回归方程的 Durbin-Watson 统计量 d 值都接近于 2, 说明在影响基质速效水含量以及 $1.01 \times 10^4 \text{ Pa}$ 和 $3.039 \times 10^4 \text{ Pa}$ 吸力下的基质水分含量时, 各原料之间也是相互独立的。各原料含量配比与基质饱和和水含量之间的回归分析所建立的回归方程的 Durbin-Watson 统计量 d 值, 以及 $3.039 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力和 $6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下的各原料含量与基质水分含量间的回归分析所建立的回归方程的 Durbin-Watson 统计量 d 值都接近于均 > 0 , 但是都不接近于 2, 说明在影响基质速效水含量以及 $3.039 \times 10^5 \text{ Pa}$, $6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下的基质水分含量时, 各原料间不是相互独立的, 而是存在着某种正相关关系, 其中 $6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下的正相关关系最明显, 其 Durbin-Watson 统计量 d 值最小, 为 0.62666657。

2.3.9 各逐步回归分析的通径系数分析 从表 9 可以看出, 3 种原料对基质水分含量有较高的正直接作用, 除 $6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下通径系数值是 $X(2)$ 最大外, 其它的各吸力下都是 $X(3)$ 最大, 说明在影响基质水分含量时, 蛭石的含量对基质水分含量的直接影响程度相对是最强的。在所有的回归分析中, $X(1)$ 的值都是最小的, 说明砂含量对基质水分含量的直接影响相对来说是最弱的。 $6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 下, 锯末的含量对基质水分含量直接影响程度是最强的, 原料含量与基质饱和和水含量的逐步回归分析的直接通径系数值 $X(2)$ 和 $X(3)$ 相差很小, $6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下的原料含量与基质水分含量间回归分析的直接通径系数值 $X(2)$ 和 $X(3)$ 也相差很小, 这说明锯末和蛭石的含量对饱和水含量以及 $6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下的基质水分含量直接影响程度相似。从间接通径系数的值可以看出, 原料中的任何一种通过另外两种对基质水分含量都是负间接作用。砂含量和锯末含量, 都是通过蛭石对基质水分含量的负间接影响最大。

表 9 各回归分析的通径系数

Table 9 Path coefficient of the regression analysis

通径系数	因子	直接	通过 X1	通过 X2	通过 X3	剩余通径系数
与饱和水含量分析	X (1)	2.121511		-1.298058	-1.617825	0.32408
	X (2)	2.949405	-0.933695		-1.486030	
	X (3)	2.972060	-1.154834	-1.474703		
与速效水含量分析	X (1)	1.289099		-0.830804	-1.280563	0.35341
	X (2)	1.887725	-0.567343		-1.176243	
	X (3)	2.352485	-0.701714	-0.943863		
$1.01 \times 10^4 \text{ Pa}$ 吸力下	X (1)	1.549433		-0.955372	-1.412806	0.35147
	X (2)	2.170765	-0.681919		-1.297713	
	X (3)	2.595426	-0.843426	-1.085383		
$3.039 \times 10^4 \text{ Pa}$ 吸力下	X (1)	1.502320		-0.897629	-1.395355	0.36071
	X (2)	2.039562	-0.661184		-1.281683	
	X (3)	2.563365	-0.817780	-1.019781		
$6.078 \times 10^4 \text{ Pa}$ 吸力下	X (1)	1.508127		-0.863759	-1.397157	0.37786
	X (2)	1.962603	-0.663740		-1.283338	
	X (3)	2.566677	-0.820941	-0.981302		
$3.039 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下	X (1)	1.220751		-0.798265	-1.248072	0.34322
	X (2)	1.813791	-0.537263		-1.146399	
	X (3)	2.292798	-0.664509	-0.906896		
$6.078 \times 10^5 \text{ Pa}$ 吸力下	X (1)	1.204523		-0.911422	-1.111866	0.43879
	X (2)	2.070903	-0.530121		-1.021289	
	X (3)	2.042578	-0.655676	-1.035452		

3 结论

(1) 砂含量与基质饱和水含量、速效水含量以及各吸力下的基质水分含量之间呈显著的负相关；锯末含量与基质饱和水含量及 6.078×10^5 Pa 吸力下基质水分含量呈显著的正相关，与基质速效水含量及其它吸力下的基质水分含量呈正相关，但未达到显著性水平；蛭石含量与基质饱和水含量及 6.078×10^5 Pa 吸力下基质水分含量呈正相关，未达到显著性水平，但是与基质速效水含量及其它吸力下的基质水分含量呈显著的正相关。

(2) 所建立的逐步回归方程各相关系数值均 > 0.890000 ，说明 3 种原料的含量与基质水分含量间相关程度高，调整后的复相关系数 R_a 均 > 0.870000 ，各回归分析的决定系数值都 > 0.800000 ，说明建立的回归模型有效。F 值的显著性水平 P 都是 0.0000 ，远 < 0.05 ，说明所建立的回归方程是可以使用的。

(3) 6.078×10^4 Pa 吸力下 Durbin-Watson 统计量 d 值最接近于 2，说明 6.078×10^4 Pa 吸力下的 3 种原料相互间最独立，原料含量与基质饱和水含量间以及 3.039×10^5 Pa 和 6.078×10^5 Pa 吸力下分析的 Durbin-Watson 统计量 $d > 0$ ，但是都不接近 2，说明在影响基质速效水含量以及 3.039×10^5 Pa， 6.078×10^5 Pa 吸力下基质水分含量时，各原料间不是相互独立的，而是存在着某种正相关， 6.078×10^5 Pa

下的正相关最明显，其 Durbin-Watson 统计量 $d = 0.62666657$ 。

(4) 3 种原料对基质水分含量有较高的正直接作用，在影响基质水分含量时，蛭石的含量对基质水分含量的直接影响程度相对是最强的。砂含量对基质水分含量的直接影响相对来说是最弱的。从间接途径系数的值可以看出，原料中的任何一种通过另外两种对基质水分含量都是负间接作用。砂含量和锯末含量，都是通过蛭石对基质水分含量的负间接影响最大。

参考文献

- 1 Worrall RJ. The use of composted wood waste as a peat substitute. *Acta hort*, 1978, 82: 79 ~ 86
- 2 田吉林, 汪寅虎. 设施无土栽培基质的研究现状、存在问题与展望(综述). *上海农业学报*, 2000, 16(4): 87 ~ 92
- 3 陈振德, 黄俊杰, 蔡葵, 何金明, 李祥云. 几种常见的育苗基质主要特性的研究. *土壤*, 1997, 29(2): 107 ~ 108
- 4 Nicole De Rouin, Jean Caron and Leon E. Parent. Influence of some artificial substrates on productivity and DRIS diagnosis of greenhouse tomatoes. *Acta hort*, 1988, 221: 45 ~ 52
- 5 Brady NC. *The Nature and Properties of Soil*, Lreed, Macmillan Publishing Co, Inc, New York, London, 1996
- 6 唐启义, 冯明光. *实用统计分析及其 DPS 数据处理系统*. 北京: 科学出版社, 2002, 294 ~ 311

THE STATISTICAL ANALYSIS OF EFFECTS OF THREE RAW MATERIALS OF A CULTURE MEDIUM ON ITS WATER CONTENT

LI li NIE Jun-hua XU Shun-li

(Resource and Environment College, Shan dong Agriculture University, Taian 271018)

Abstract For the purpose of studying effects of raw materials of a culture medium on its water content sand, sawdust and vermiculite were used at different ratios to blend into culture media. Water contents of the media were determined by the pressure membrane method. Stepwise regression analysis was done between the three raw materials and water contents of the media, and a regression equation was erected. Effects of the raw materials on water content were analyzed. The results showed that sand content had a significant inverse correlation with the water content; sawdust and vermiculite contents had a positive correlation with the water content. The three raw materials had a quite high positive direct effect on the water content of the medium, and each raw material had a positive indirect effect on the water content of the medium through the other two materials. Decisive coefficients were all higher than 0.800000 , and the correlation coefficient $R > 0.890000$; which shows that the regression model was effective, reliable, and fairly precise.

Key words Stepwise regression analysis, Culture media, Water content