

党参功效成分含量与土壤因子相关性分析

牛天增^{1,2}, 王玉龙², 侯沁文¹, 肖淑贤², 骆红梅^{3*}, 刘阿克^{1*}

(1. 长治学院, 山西 长治 046011;

2. 山西振东道地药材开发有限公司, 山西 长治 047100;

3. 贵州中医药大学第二附属医院, 贵阳 550003)

[摘要] 目的:探讨不同产地党参中4种功效成分的含量与土壤因子的相关性,为实施土壤生态调控,提高党参品质提供理论依据。方法:测定不同产地共计24批次党参样品中的党参炔苷、苍术内酯Ⅲ、醇浸出物和党参多糖的含量及土壤肥力、16种土壤相关因子等指标。通过主成分分析及Pearson相关分析,寻找影响党参化学成分含量变异的关键土壤因子。结果:陇西党参所含有的党参炔苷和苍术内酯Ⅲ含量均为最高,而党参多糖含量最高的地区为壶关。土壤的全氮、全磷、全钾、碱解氮和速效钾与党参炔苷含量之间呈显著相关性($P<0.01$),有机质、pH、有效态锰和有效态锌与党参炔苷含量之间呈明显相关性($P<0.05$),pH与苍术内酯Ⅲ含量间呈明显相关性($P<0.05$);全钾与醇浸出物和党参多糖含量间呈显著相关性($P<0.01$),而有效态锌则与醇浸出物和党参多糖含量均呈明显相关性($P<0.05$)。不同产地土壤主成分分析表明,得分较高的样地是平顺、壶关、陇西,这与不同产地党参多糖的含量呈显著正相关;结论:在党参栽培中可以通过适当提高有机质水平,增施特定营养元素肥料等农艺措施来调控党参功效成分的含量。

[关键词] 党参;功效成分;党参多糖;土壤因子;相关性分析

[中图分类号] R284.2;R285;R289;R22;R2-031;R33 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2022)11-0164-09

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20220813

[网络出版地址] <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20220402.1442.001.html>

[网络出版日期] 2022-04-05 18:57

Correlation Between Functional Components in *Codonopsis pilosula* Roots and Soil Factors

NIU Tian-zeng^{1,2}, WANG Yu-long², HOU Qin-wen¹, XIAO Shu-xian², LUO Hong-mei^{3*}, LIU A-ke^{1*}

(1. Changzhi University, Changzhi 046011, China;

2. Shanxi Zhendong Genuine Medicinal Materials Development Co. Ltd., Changzhi 047100, China;

3. The Second Affiliated Hospital, Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550003, China)

[Abstract] **Objective:** To explore the correlation between the content of 4 functional components in *Codonopsis pilosula* roots from different areas and soil factors, and thereby to lay a theoretical basis for soil ecological regulation and improvement of quality of *C. pilosula* roots. **Method:** The content of lobetyolin, atractylenolide Ⅲ, alcohol extract, and polysaccharides, as well as soil fertility and 16 soil factors in 24 batches of samples from different producing areas were determined. Principal component analysis (PCA) and Pearson's correlation analysis were used to explore the key soil factors leading to the variation of chemical component content in *C. pilosula* roots. **Result:** The content of lobetyolin and atractylenolide Ⅲ in samples from Longxi

[收稿日期] 2021-11-19

[基金项目] 山西省高等学校科技创新项目(2020L0620);国家重点研发计划中医药现代化研究重点专项(2017YFC1700700)

[第一作者] 牛天增,博士,从事药用植物资源开发研究,Tel:0355-2178331,E-mail:tznius@126.com

[通信作者] * 骆红梅,副主任药师,从事医院药学研究,E-mail:1324259052@qq.com;

* 刘阿克,博士,副教授,从事生物信息学研究,Tel:0355-2178331,E-mail:akeliu@126.com

was the highest, and the content of polysaccharides peaked in samples from Huguan. The content of lobetyolin was in positive correlation with soil total nitrogen, total phosphorus, total potassium, alkali-hydrolyzable nitrogen, and available potassium ($P<0.01$), as well as soil organic matter, pH, available manganese, and available zinc ($P<0.05$). There was a positive correlation between pH and atractylenolide III content ($P<0.05$). Soil total potassium was in positive correlation with alcohol extract and polysaccharide content ($P<0.01$). Soil available zinc was positively correlated with alcohol extract and the polysaccharide content ($P<0.05$). Sample sites with higher PCA scores were Pingshun, Huguan, and Longxi, which were significantly positively correlated with the content of polysaccharides in *C. pilosula* roots in different habitats. **Conclusion:** The content of functional components in *C. pilosula* roots can be improved by raising soil organic matter content and applying specific fertilizers.

[Keywords] *Codonopsis pilosula* roots; functional component; polysaccharides in *Codonopsis pilosula* roots; soil factor; correlation analysis

党参药材来源为桔梗科植物党参(*Codonopsis pilosula*)、素花党参(*C. pilosula* var. *modesta*)或川党参(*C. tangshen*)的干燥根。其主要含有党参炔苷、苍术内酯Ⅲ、党参多糖等多种化学成分,具有健脾益肺,养血生津的功效^[1]。现代药理学研究表明,党参炔苷具有保护胃黏膜损伤^[2]、促进神经发育及抗肿瘤作用^[3-4]。苍术内酯Ⅲ具有改善肠道炎症^[5]、抗肿瘤^[6]、缓解损伤^[7]等作用。党参多糖亦具有保护黏膜、调节免疫^[8]、改善炎症的作用^[9]。醇溶性浸出物为2020年版《中华人民共和国药典》(简称《中国药典》)中党参质量标准的规定检测项。目前,党参的质量控制方法主要依据是《中国药典》,仅有性状、鉴别、检查、浸出物等项。近来多有采用液相色谱对党参的化学成分进行含量测定和指纹图谱研究,为党参药材品质评价提供了一定的理论依据。

中药材品质主要受到遗传因素和生长环境的影响^[10]。药用植物中有效成分的形成与积累受环境因素的影响较大,除了随气候季节变化外,亦受土壤中矿物质种类和土壤肥力等因素的影响^[11]。土壤是中药材形成道地性的重要原因,也影响药材次生代谢物质的积累。土壤肥力及矿物质营养直接影响药用植物品质^[12]。明确药用植物次生代谢产物合成和积累的主导生态因子是保证药材良好品质的关键。近年来,随着党参需求量的不断增加,党参的种植区域也在扩大。甘肃产区党参中4种代表性成分含量变化与相应地域气候因子的研究显示党参炔苷、醇溶性浸出物含量与气候因子无显著相关性,党参多糖与年均温度呈显著正相关^[13]。不同产地党参中党参炔苷、苍术内酯及多糖等成分的含量差异较大^[14]。不同施肥处理对党参产量和次代产物含量有较大的影响^[15]。而不同氮

磷的施用配比对党参根的生长及党参炔苷、苍术内酯Ⅲ的积累有显著的影响^[16]。施用微量元素对栽培党参则有不同程度的增产作用^[17]。这些研究虽然提示土壤因子影响党参成分的累积,但目前尚未有关党参功效成分含量与土壤因子间相关性的研究报道。

基于此,本研究以3个省区24个样本地的栽培党参及其根际土壤为材料,测定了不同产地党参中党参炔苷、苍术内酯Ⅲ、醇浸出物及党参多糖等4种功效成分的含量及16个土壤理化指标,采用主成分分析和相关性分析等统计方法,研究了不同产地党参中化学成分与土壤因子的差异及其相关性,探讨党参有效成分特征对土壤因子的响应规律,以期寻找影响党参功效成分含量变异的关键土壤因子,为党参的栽培、规范化种植及药材品质评价提供科学依据。

1 材料

1.1 样品 党参根及土壤样本于2020年9月至11月份,采集于山西、甘肃和贵州省栽培样地(生长年限均为2年生)。党参样品经北京振东光明药物研究院有限公司秦文杰研究员鉴定为桔梗科植物党参*C. pilosula*。每个产地随机选取党参样本,洗净干燥、粉碎,过2号药典筛,备用。采集党参的同时,土壤样品采集于相应药材下深度15~20 cm的耕作层,将同一份药材下采集的土壤样品充分混合,四分法后置于实验室自然风干、磨细、过筛、装袋备用。样品采集信息见表1。

1.2 仪器 Agilent 1260 Infinity II型高效液相色谱仪(美国Agilent公司,四元泵、DAD检测器、自动进样器和色谱工作站),UV1800型紫外-可见分光光度计(日本岛津公司),FP-6410型火焰光度计(上海仪

表1 党参样品来源信息

Table 1 Source information of *Codonopsis pilosula*

No.	采集地	经度E	纬度N	海拔/m
DF1	贵州省大方县羊场镇桶井村	105°44'12"	26°52'17"	1 545.9
DF2	贵州省大方县东关乡半冲村	105°42'49"	26°57'19"	1 537.5
DF3	贵州省大方县竹园乡沙坝村	105°39'25"	26°58'11"	1 527.8
DF4	贵州省大方县鼎新乡中心村	105°23'34"	26°56'21"	1 563.6
HG1	山西省壶关县树掌镇马家庄村	113°26'12"	35°53'43"	1 318.8
HG2	山西省壶关县树掌镇河东村	113°25'40"	35°52'15"	1 321.2
HG3	山西省壶关县百尺镇葫芦沟村	113°16'42"	35°52'55"	1 322.5
HG4	山西省壶关县龙泉镇下内村	113°12'47"	35°56'54"	1 320.4
LC1	山西省黎城县西井镇北委泉村	113°25'14"	36°38'29"	851.5
LC2	山西省黎城县西井镇南桑鲁村	113°24'20"	36°39'34"	893.1
LC3	山西省黎城县洪井乡柏官庄村	113°23'28"	36°36'30"	879.9
LC4	山西省黎城县洪井乡长岭背村	113°21'28"	36°34'27"	843.7
LL1	山西省陵川县六泉乡西湾村	113°28'46"	35°47'45"	1 316.7
LL2	山西省陵川县六泉乡佛子岭村	113°27'24"	35°47'50"	1 302.2
LL3	山西省陵川县崇文镇井坡村	113°27'19"	35°46'45"	1 322.5
LL4	山西省陵川县平城镇下川村	113°27'22"	35°57'45"	1 331.4
LX1	甘肃省陇西县首阳镇南门村	104°34'24"	35°11'17"	1 831.5
LX2	甘肃省陇西县和平乡和平村	104°39'46"	34°45'26"	1 920.6
LX3	甘肃省陇西县双泉镇胡家门村	104°34'48"	35°13'40"	1 890.1
LX4	甘肃省陇西县福星镇福星村	104°36'20"	35°32'50"	1 855.4
PS1	山西省平顺县虹梯关乡芦芽村	113°50'10"	36°20'55"	945.3
PS2	山西省平顺县东寺头乡秦光村	113°52'53"	36°18'46"	970.4
PS3	山西省平顺县青羊镇老马岭村	113°43'21"	36°20'36"	910.8
PS4	山西省平顺县阳高乡车当村	113°53'46"	36°21'54"	991.6

注:DF.大方县;HG.壶关县;LC.黎城县;LL.陵川县;LX.陇西县;PS.平顺县(表3、表4、表8同)

电科学仪器股份有限公司),TAS990AFG型原子吸收分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司),DFT-50型手提式高速粉碎机(温岭市林大机械有限公司),AE240、AL204型1/10万分析天平、FE-28型酸度计(瑞士梅特勒-托利多有限公司),KQ-500DB型超声波仪(昆山市超声仪器有限公司)。

1.3 试剂 党参炔苷、苍术内酯Ⅲ对照品(成都普思生物科技股份有限公司,批号分别为PS011390、PS010512,纯度均>99.0%),甲醇、乙腈(美国JT.Baker公司,色谱纯),纯净水(杭州娃哈哈集团有限公司),其他试剂均为分析纯。

2 方法

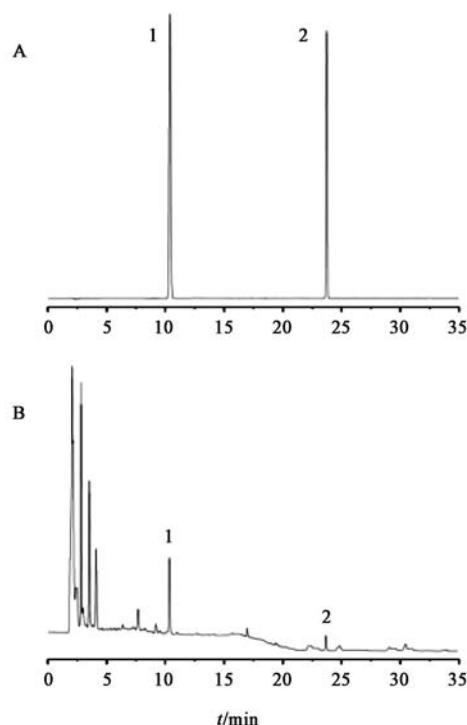
2.1 活性成分含量测定^[18-19]

2.1.1 供试品溶液制备 取处理好的党参粉末约1.0 g,精密称定,放于100 mL具塞锥形瓶中,加入甲

醇30 mL,称重。超声提取(250 W,40 kHz)50 min,放冷,补足失重,摇晃均匀溶液,用0.22 μm滤膜过滤溶液,取续滤液,得供试品溶液,置4℃冰箱中保存,备用。

2.1.2 对照品储备液制备 分别精密称取党参炔苷和苍术内酯Ⅲ对照品适量,置于10 mL量瓶中,以甲醇定容至刻度,摇匀,配制得到质量浓度均为0.46 g·L⁻¹的混合对照品溶液母液,对此母液倍比稀释,得到系列混合对照品溶液,置4℃冰箱保存,备用。

2.1.3 色谱条件 采用Agilent Eclipse XDB-C₁₈色谱柱(4.6 mm×250 mm,5 μm),流动相乙腈(A)-0.1%磷酸水溶液(B),梯度洗脱(0~5 min,18%~25%A;5~12 min,25%A;12~22 min,25%~60%A;22~35 min,60%A);柱温25℃;流速1.0 mL·min⁻¹,进样量10 μL,检测波长218 nm。见图1。



注:A.混合对照品;B.党参样品;1.党参炔苷;2.苍术内酯Ⅲ

图1 混合对照品(A)及党参样品(B)HPLC

Fig. 1 HPLC for mixed reference substance (A) and *Codonopsis pilosula* (B)

2.1.4 方法学考察 线性关系考察:精密吸取2.1.2项下混合对照品溶液,党参炔苷和苍术内酯Ⅲ质量浓度均为230、115、57.5、28.75、14.38、7.19 mg·L⁻¹,按2.1.3项下色谱条件进样,依次进样10 μL,记录峰面积。以待测成分进样量(μg)为横坐标(X),峰面积为纵坐标(Y)进行线性回归,绘制标准曲线,获得

回归方程。

精密度考察:取同一批样品粉末(PS3),按2.1.1项下方法制备,按2.1.3项下色谱条件连续进样6次,记录峰面积。

稳定性考察:取同一批样品粉末(PS3),按2.1.1项下方法制备,按2.1.3项下色谱条件,分别于0、1、2、4、6、8、10、12、24、36、48 h进行测定,记录峰面积。

重复性考察:取同一批样品粉末(PS3)6份,按2.1.1项下方法制备,按2.1.3项下色谱条件进样分析,记录峰面积。

加样回收考察:取同一批样品粉末(PS3)0.5 g,共6份,精密称定,加入混合对照品适量,依2.1.1项下方法制备,按2.1.3项下色谱条件进样分析,记录峰面积。

2.1.5 党参炔苷和苍术内酯Ⅲ含量测定 按2.1.1项下方法制备党参供试品溶液,按2.1.3项下色谱条件进样含量测定。

2.1.6 党参醇浸出物和党参多糖的测定 党参醇浸出物测定方法,依2020年版《中国药典》党参项下方法测定;党参多糖的测定参考文献[20]方法。

2.2 土壤因子测定 土壤因子成分的检测,利用凯氏定氮法测定全氮,氢氧化钠熔融-钼锑抗比色法测定全磷,氢氧化钠熔融-原子吸收分光光度法测定全钾,碱解扩散法测定碱解氮,盐酸-氟化铵提取-钼锑抗比色法测定有效磷,乙酸铵浸提-原子吸收分光光度法测定速效钾,重铬酸钾容量法-稀释热法测定有机质,利用电位测定法(水土比2.5:1)测定土壤pH。利用原子吸收分光光度法测定有效铁、锰、铜、锌、交换性钙及镁的含量,采用国标(GB/T 14506.30-2010)测定有效钼,采用行业标准(DZ/T 0279.11-2016)测定有效硼。每个样品复测一次,取2次均值进行统计分析。

2.3 党参功效成分含量与土壤因子的相关分析 利用SPSS 20.0对党参功效成分含量与土壤因子进行双变量相关分析,相关性分析用Pearson相关系数法,明确与功效成分具有相关性的土壤因子。

2.4 不同产地党参土壤因子主成分分析 对不同产地24批党参土壤样品中16个变量成分的原始数据矩阵进行标准化处理,再对其进行主成分分析。主成分个数提取原则为主成分对应的特征值>1的前n个主成分。

3 结果

3.1 活性成分含量测定

3.1.1 方法学考察结果 线性关系考察:计算结果

显示,相关系数 r 均为0.999 9,线性关系良好。测量所有批次的党参样品,党参炔苷的质量浓度为 $>7.188 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $<57.500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$;而苍术内酯Ⅲ的质量浓度为 $>1.797 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $<14.375 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。线性范围包括了测量样品的含量值范围,为保证含量范围的有效性,以及测量结果的准确性,在所有批次含量范围的基础上,线性范围有所扩大,结果见表2。

表2 党参中2个成分的回归方程、相关系数和线性范围
Table 2 Regression equations, correlation coefficients and linear ranges of 2 components

成分	线性回归方程	r	线性范围 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
党参炔苷	$Y=3\ 599.8X-25.742$	0.999 9	0.898~57.500
苍术内酯Ⅲ	$Y=2\ 441.2X-1.268\ 8$	0.999 9	0.449~14.375

精密度考察:计算党参炔苷、苍术内酯Ⅲ的峰面积,RSD分别为0.5%和0.4%,表明仪器的精密度良好。

稳定性考察:计算供试品溶液中党参炔苷和苍术内酯Ⅲ峰面积的RSD分别为0.5%和0.5%,表明该供试品溶液在48 h内稳定。

重复性考察:计算供试品溶液中党参炔苷和苍术内酯Ⅲ的质量分数分别为 $920.4 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $150.2 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,其RSD分别为1.2%和1.5%,表明该方法测定党参中2个成分含量的重复性良好。

加样回收考察:党参炔苷和苍术内酯Ⅲ的加样回收率分别为98.4%和99.5%,RSD分别为1.7%和2.2%,结果表明该方法准确度良好。

3.1.2 党参4种成分测定 党参药材中4种成分含量结果见表3。不同样品中化学成分含量的变异系数为9.0%~56.8%。其中含量差异最大的为苍术内酯Ⅲ,其最大值为 $390.1 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,最小值仅为 $63.6 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,变异系数为56.8%;其次为党参炔苷,其最大值为 $965.4 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,最小值仅为 $249.2 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,变异系数为35.6%;表明不同产地中这两种次级代谢产物的含量差异相对较大。而4种化学成分中,不同产地间党参差异最小的为醇浸出物,变异系数仅为9%,党参多糖的变异系数为35.1%。

3.2 土壤因子测定结果 土壤因子含量测定结果见表4。在16个理化指标中,碱解氮、速效钾、有机质的含量最大。土壤pH 6.9~8.5,均值为8.0,表明这24份党参土壤样品均属于弱碱性土壤。不同样品中16种土壤因子的变异系数为6.66%~157.14%。除了pH的差异较小外,其余15种土壤因子间均有

表3 不同产地党参4种成分含量

Table 3 Four components contents in *Codonopsis pilosula* from different area

样品	党参炔苷 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	苍术内酯Ⅲ / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	醇浸出 物/%	党参多 糖/%
DF1	315.5	91.7	48.78	9.11
DF2	249.2	64.9	56.96	7.79
DF3	296.3	73.4	55.88	10.95
DF4	252.5	95.1	59.14	8.64
HG1	741.1	212.5	62.12	26.35
HG2	634.6	166.8	71.45	23.47
HG3	691.4	191.4	66.76	21.15
HG4	603.8	174.7	64.04	18.24
LC1	472.6	110.4	63.49	19.48
LC2	464.2	63.6	62.84	15.77
LC3	382.4	92.9	68.17	18.52
LC4	327.6	110.5	58.43	13.83
LL1	691.4	120.7	65.68	14.98
LL2	758.2	142.8	61.16	18.25
LL3	713.1	92.6	68.41	13.87
LL4	734.2	132.7	59.89	17.51
LX1	786.2	330.2	58.12	11.78
LX2	917.6	361.7	64.25	7.26
LX3	782.3	390.1	60.94	10.84
LX4	965.4	303.7	57.43	9.88
PS1	856.6	135.6	70.19	23.47
PS2	762.8	98.1	75.82	25.12
PS3	923.2	153.8	61.57	16.84
PS4	894.1	178.1	64.26	22.49

不同程度的差异变化。差异最大的是有效态锌,最大值为 $12.3\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,而最小值仅为 $0.28\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,变异系数达到157.14%。其次为有效态铜,最大值为 $7.66\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,最小值则为 $0.42\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,变异系数达到109.75%;再者为有效磷,最大值为 $33.45\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,最小值为 $1.16\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,变异系数为75.54%。

3.3 党参功效成分含量与土壤因子的相关分析结果 相关分析结果见表5。24份党参炔苷与全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效钾呈极显著正相关($P<0.01$),与有机质、pH、有效态锰、有效态锌呈显著正相关($P<0.05$)。苍术内酯Ⅲ与pH有显著正相关($P<0.05$)。醇浸出物与全钾有极显著正相关($P<0.01$),与有效态锌、交换性镁呈显著正相关($P<0.05$)。党参多糖与全钾呈极显著性正相关($P<$

0.01),与有机质、有效态锌呈显著正相关($P<0.05$)。综上所述,土壤中全钾等对党参炔苷、醇浸出物及党参多糖的累积具有重要的作用,同时土壤中有效态锌也对此3种成分的积累具有较重要的作用。表明适当提高土壤中全钾、有效态锌的含量可以促进党参重要功效成分的累积。

3.4 不同产地党参土壤因子主成分分析 结果见表6、表7。从方差贡献率来看,表6中显示前5个主成分累积贡献率已经超过80%,代表党参不同产地土壤因子82.18%的信息,因此前5个主成分提取分析已经能反映党参生长环境根系土壤因子的基本特征。对此5个主成分进行提取分析,由表7可知主成分1中,因子贡献较大的为全氮、全磷、碱解氮、有机质、有效态铁、有效态锌。主成分2中贡献较大的为交换性钙、有效磷和pH。主成分3中贡献较大的为pH和有效态硼。主成分4中贡献较大的为速效钾,主成分5中贡献较大的是有效态铜和有效态钼。由表6可知主成分1方差贡献率为37.11%,主成分2方差贡献率为15.77%,主成分3的方差贡献率为12.01%,主成分4和5的方差贡献率相对较小。综上所述,全氮、全磷、碱解氮、有机质、有效态铁、有效态锌、交换性钙、有效磷、pH、有效态硼、速效钾和有效态钼为土壤中的主要特征因子。其中主成分1、2中所含的土壤因子变量对土壤的影响较为显著,而主成分3、4、5中的变量对土壤的影响相对较弱。

对各产地主成分得分及综合得分计算,由表8可知综合得分较高的样地为LX4、PS1、PS2、PS3、PS4,其中样地LX4的党参炔苷和苍术内酯Ⅲ含量均相对较高,而PS1、PS2、PS3和PS4样地中的党参多糖的含量相对较高。得分中等的样地为LX3、LX2、LX1、LL4,处于该样地党参中党参炔苷、苍术内酯、党参多糖的含量处于相对中等的水平。而得分较低的样地DF1、DF2、DF3、DF4,其中党参炔苷、苍术内酯Ⅲ、党参多糖的含量也较低。

通过上述结果分析影响党参化学成分含量的主要土壤因子为全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效钾,其次是有机质、pH、有效铁、有效锌等。其中综合得分较低且党参炔苷、苍术内酯Ⅲ及党参多糖含量较低的土壤中有有效态锌含量较低,pH相对较低,但是有效态铜含量较高,推测在一定范围内,有效态锌含量越高则越有利于党参功效成分的积累,而有效态铜含量越高则越不利于党参成分的累积。

表 4 不同产地党参生长区土壤因子含量

Table 4 Contents of soil factors from *C. pilosula* different habitats

样品	全氮 /g·kg ⁻¹	全磷 /g·kg ⁻¹	全钾 /g·kg ⁻¹	碱解氮 /mg·kg ⁻¹	有效磷 /mg·kg ⁻¹	速效钾 /mg·kg ⁻¹	有机质 /g·kg ⁻¹	pH	有效 态铁 /mg·kg ⁻¹	有效 态锰 /mg·kg ⁻¹	有效 态铜 /mg·kg ⁻¹	有效 态锌 /mg·kg ⁻¹	有效 态铝 /mg·kg ⁻¹	有效 态硼 /mg·kg ⁻¹	交换性钙 /mg·kg ⁻¹	交换性镁 /mg·kg ⁻¹
DF1	0.74	0.55	14.14	65.08	6.82	83.65	20.08	7.21	8.95	2.63	1.31	0.32	0.220	0.14	5.98	0.27
DF2	1.25	0.55	14.85	73.91	4.36	83.82	12.11	7.14	7.29	3.14	1.54	0.31	0.120	0.26	3.81	0.32
DF3	0.82	0.66	11.91	60.32	33.45	81.43	23.63	7.65	8.06	2.83	0.99	0.36	0.043	0.45	10.24	0.28
DF4	0.81	0.73	11.56	64.44	15.62	78.64	22.07	7.78	9.13	3.13	1.14	0.57	0.053	0.27	9.17	0.31
HG1	1.52	0.81	19.47	76.84	4.45	96.12	32.12	8.11	10.42	10.02	1.15	0.79	0.190	0.30	9.46	0.22
HG2	1.31	0.81	20.35	55.01	8.95	158.12	27.71	8.21	12.62	4.13	1.26	1.49	0.320	0.21	8.81	0.31
HG3	1.54	0.46	18.15	75.37	6.65	124.02	36.08	7.55	12.33	7.76	1.01	0.59	0.350	0.31	6.83	0.37
HG4	1.67	0.44	17.24	68.81	4.35	110.05	40.33	7.08	12.21	7.32	0.91	0.65	0.280	0.33	6.44	0.38
LC1	1.46	0.79	18.14	81.71	5.13	67.22	23.72	8.48	2.43	4.69	0.59	0.28	0.110	0.28	9.62	0.35
LC2	1.32	0.68	16.52	69.22	5.42	139.04	20.94	8.42	3.21	3.55	0.84	1.01	0.220	0.21	10.03	0.32
LC3	1.21	0.77	20.21	70.64	1.21	91.33	18.72	7.68	12.62	12.83	1.13	0.48	0.360	0.15	7.22	0.54
LC4	1.39	0.80	20.31	78.32	1.16	94.41	24.92	7.09	10.21	9.68	7.66	0.37	0.090	0.18	6.02	0.59
LL1	1.16	0.81	16.92	65.23	6.55	253.13	35.12	8.06	2.92	8.33	0.87	1.01	0.220	0.24	7.23	0.17
LL2	0.74	0.92	18.31	43.04	4.55	201.09	23.45	8.32	3.25	7.49	0.78	0.54	0.130	0.21	7.23	0.15
LL3	1.41	0.92	18.76	98.62	13.22	129.08	50.34	8.08	2.82	6.48	0.82	0.82	0.080	0.34	8.05	0.29
LL4	1.28	0.78	18.63	64.85	4.65	294.01	54.43	8.03	4.06	9.04	0.95	0.82	0.170	0.33	8.04	0.31
LX1	1.51	0.63	20.03	97.63	10.02	128.07	9.99	8.48	19.91	12.31	0.71	0.70	0.098	0.13	8.73	0.85
LX2	1.16	1.06	19.06	141.08	31.35	139.13	17.11	8.59	12.92	2.62	0.57	0.74	0.140	0.22	9.57	0.48
LX3	2.57	0.83	19.82	128.00	15.09	137.06	12.62	8.38	11.26	12.06	0.42	1.35	0.160	0.12	8.32	0.27
LX4	2.63	0.85	19.43	117.04	20.52	215.06	10.71	8.50	9.27	8.26	0.53	0.45	0.120	0.16	8.34	0.26
PS1	3.10	0.86	20.81	164.06	17.12	219.08	63.62	6.96	15.12	7.96	1.44	7.80	0.150	0.36	6.43	0.99
PS2	3.02	1.05	21.72	143.02	17.23	117.04	66.34	8.18	28.83	7.39	1.19	12.30	0.130	0.17	9.64	1.23
PS3	3.57	1.42	21.01	336.00	18.38	223.08	110.06	8.09	17.06	14.11	1.13	9.94	0.130	0.25	7.65	0.49
PS4	3.62	1.18	22.82	215.08	12.41	123.14	72.72	8.02	19.81	14.15	0.94	7.84	0.110	0.26	10.06	0.63

表 5 党参 4 种化学成分含量与土壤因子的 Pearson 相关系数

Table 5 Pearson correlation coefficient of content from 4 components in *C. pilosula* and soil factors

因子	全氮 /g·kg ⁻¹	全磷 /g·kg ⁻¹	全钾 /g·kg ⁻¹	碱解氮 /mg·kg ⁻¹	有效磷 /mg·kg ⁻¹	速效钾 /mg·kg ⁻¹	有机质 /g·kg ⁻¹	pH	有效 态铁 /mg·kg ⁻¹	有效 态锰 /mg·kg ⁻¹	有效 态铜 /mg·kg ⁻¹	有效 态锌 /mg·kg ⁻¹	有效 态铝 /mg·kg ⁻¹	有效 态硼 /mg·kg ⁻¹	交换性 钙 /g·kg ⁻¹	交换性 镁 /g·kg ⁻¹
党参炔苷	0.637 ²⁾	0.583 ²⁾	0.711 ²⁾	0.569 ²⁾	0.299	0.618 ²⁾	0.442 ¹⁾	0.496 ¹⁾	0.357	0.506 ¹⁾	-0.356	0.452 ¹⁾	-0.012	-0.088	0.268	0.294
苍术内酯Ⅲ	0.269	0.145	0.384	0.285	0.324	0.165	-0.226	0.475 ¹⁾	0.278	0.331	-0.240	-0.088	-0.011	-0.378	0.212	0.026
醇浸出物	0.353	0.312	0.557 ²⁾	0.363	-0.003	0.154	0.392	0.153	0.359	0.167	-0.136	0.487 ¹⁾	0.336	0.100	0.279	0.466 ¹⁾
党参多糖	0.382	0.210	0.572 ²⁾	0.333	-0.320	0.133	0.507 ¹⁾	-0.007	0.323	0.356	-0.025	0.483 ¹⁾	0.389	0.204	0.198	0.344

注: ¹⁾P<0.05, ²⁾P<0.01

4 讨论

在生态环境中,影响药用植物次生代谢产物含量的因素较多,土壤肥力、pH、土壤矿物盐及微量元素等都会影响植物次生代谢物的积累^[21]。土壤理

化性质的变化直接影响药用植物的生长发育、产量及次生代谢物^[22]。在山西、甘肃、广西等地的土壤样品,可能还受到经纬度、海拔和气候等因素的直接综合影响,导致党参栽培土壤的理化性质、无机

表 6 主成分相关系数的特征值和方差贡献率

Table 6 Eigenvalue and variance contribution rate of correlation coefficient

主成分	特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%
1	5.938	37.110	37.110
2	2.523	15.772	52.881
3	1.922	12.011	64.892
4	1.629	10.183	75.076
5	1.136	7.102	82.178

表 7 党参样品初始因子载荷矩阵测定

Table 7 Results of *C. pilosula* samples determination initial factor loading matrix

土壤因子	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5
全氮	0.906	-0.088	-0.029	0.056	0.059
全磷	0.806	0.296	0.098	0.135	-0.326
全钾	0.741	-0.285	0.439	-0.039	-0.051
碱解氮	0.885	0.067	-0.113	0.144	-0.085
有效磷	0.319	0.679	-0.401	-0.157	0.040
速效钾	0.323	0.088	0.313	0.677	-0.051
有机质	0.775	-0.077	-0.257	0.456	0.093
pH	0.212	0.688	0.637	-0.154	-0.083
有效态铁	0.723	-0.220	-0.132	-0.505	0.279
有效态锰	0.629	-0.336	0.402	0.121	-0.126
有效态铜	-0.051	-0.577	-0.252	-0.153	-0.642
有效态锌	0.903	-0.067	-0.242	-0.009	0.147
有效态铝	-0.183	-0.458	0.435	0.130	0.628
有效态硼	-0.110	0.242	-0.630	0.513	0.213
交换性钙	0.263	0.740	0.150	-0.300	0.095
交换性镁	0.656	-0.285	-0.257	-0.456	0.146

元素等显示出复杂多样性。

土壤酸碱度影响物质的合成分解及植物根部对相关离子的吸收,对土壤肥力、营养物质的转化和运输有重要影响^[23]。有机质和阳离子交换量可反映土壤肥力水平、保肥能力和缓冲能力^[24]。多种无机元素中,锌在党参中可能参与了多种成分的生物合成途径^[25]。有效态锌对党参炔苷及多糖等成分的合成代谢起了关键性作用。铁、钾、磷等对于根的生长发育有重要的作用^[26-28],而党参的药用部位是根,党参多糖、炔苷类成分的主要分布部位也在根,因此对于党参根的发育及合成累积均有重要影响。本实验采用 Pearson 相关性分析法对党参化学成分和土壤因子进行分析,土壤因子与党参化学成分间相关系数在-0.5~0.9。结果表明,全氮、全

表 8 各产地党参样品主成分得分及综合得分

Table 8 Principal component scores and composite score of *C. pilosula*

样品	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	综合得分
DF1	-2.86	-1.28	-0.60	-0.62	0.38	-1.37
DF2	-2.79	-1.69	-1.62	0.16	-0.29	-1.50
DF3	-2.15	3.08	-3.32	-0.25	0.24	-0.71
DF4	-2.20	1.62	-1.72	-0.84	-0.38	-0.88
HG1	-0.45	0.20	0.71	0.03	0.12	-0.04
HG2	-0.66	-0.07	1.35	-0.26	0.98	-0.05
HG3	-1.32	-1.60	0.01	0.52	1.94	-0.55
HG4	-1.51	-1.90	-0.93	0.67	1.71	-0.78
LC1	-1.28	1.43	0.37	-0.42	-0.34	-0.27
LC2	-1.66	1.095	1.05	-0.22	0.35	-0.32
LC3	-0.53	-2.26	1.86	-0.82	0.97	-0.34
LC4	-0.62	-3.66	-0.99	-1.01	-3.55	-1.29
LL1	-1.17	0.09	1.22	1.98	-0.15	-0.08
LL2	-1.43	0.52	1.47	1.04	-1.00	-0.24
LL3	-0.39	1.19	-0.57	1.14	-0.70	0.04
LL4	-0.40	0.21	0.76	2.63	-0.12	0.23
LX1	0.74	-0.17	1.34	-2.41	-0.04	0.16
LX2	0.44	2.70	0.03	-1.21	-0.16	0.46
LX3	0.74	0.45	1.84	-0.72	-0.37	0.46
LX4	0.48	1.38	1.45	-0.01	-0.66	0.52
PS1	3.01	-1.48	-2.35	1.15	0.79	0.77
PS2	4.92	-0.22	-0.89	-2.52	1.01	1.50
PS3	6.26	0.21	-0.41	2.18	-0.66	2.48
PS4	4.85	0.14	-0.04	-0.14	-0.07	1.80

磷、全钾、碱解氮、速效钾、pH、有效态铁、有效态锰、有效态锌与党参炔苷、苍术内酯Ⅲ、醇浸出物和党参多糖最相关。

适宜的生态环境能促进药材的生长,利于功效成分的合成与积累,从而形成优质的药材。谢彩香等^[29]研究发现适当提高土壤中的有效硼、有效铁和碱解氮的含量,可以促进人参皂苷的积累。王晓霞等^[30]研究表明,土壤因子中 pH 是影响党参浸出物和党参炔苷含量的关键因素,其次为有机质、全氮和可溶盐。其中党参炔苷与土壤 pH 呈现极显著正相关。本文测定的结果与之一致。党参具有一定的耐盐碱作用,pH 7~9 均可生长,本实验结果显示 pH 对党参炔苷和苍术内酯Ⅲ 2 种成分的影响具有显著性。此外,在栽培中常施一定量的氮、磷、钾肥来提高党参的产量。通过对土壤肥力的调整和优

化,可实现党参栽培过程中的氮磷钾平衡配施^[31]。本研究显示,栽培党参中党参炔苷、醇浸出物和党参多糖等成分的含量与土壤中全钾的含量显著相关,表明党参对钾的需求量相对更大。而在其他中药材中也有类似的规律^[32-33]。

党参不同化学成分含量受土壤影响程度不同,其主要影响因素也不同,是多个因素共同作用的结果。在党参生产实践中,无论选择土壤,还是生产中施肥,应重视和合理使用氮磷钾肥、复合元素及土壤pH对党参质量的影响。通过适量调节土壤中有益因子的水平,以及适当改良土壤质地等农艺措施,来调控党参中功效成分的含量,从而提高党参药材品质,保证党参质量及其临床用药的有效性。

〔利益冲突〕 本文不存在任何利益冲突。

〔参考文献〕

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:281.
- [2] 宋丹,王峥涛,李隆云,等. 党参炔苷对胃溃疡模型大鼠胃黏膜损伤保护作用的研究[J]. 中国中医急症, 2008,17(7):963-964,986.
- [3] WANG C N, HUI J, ZHU X H, et al. Lobetyolin efficiently promotes angiogenesis and neuronal development in transgenic zebrafish [J]. Nat Prod Commun, 2020,15(8):1-7.
- [4] HE W, TAO W, ZHANG F, et al. Lobetyolin induces apoptosis of colon cancer cells by inhibiting glutamine metabolism[J]. J Cell Mol Med, 2020, 24(6): 3359-3369.
- [5] REN Y, JIANG W, LUO C, et al. Atractylenolide III Ameliorates TNBS-induced intestinal inflammation in mice by reducing oxidative stress and regulating intestinal flora [J]. Chem Biodivers, 2021, 18(8): e2001001.
- [6] ZHANG D, LI X, SONG D, et al. Atractylenolide III induces apoptosis by regulating the Bax/Bcl-2 signaling pathway in human colorectal cancer HCT-116 cells *in vitro* and *in vivo* [J]. Anticancer Drugs, 2022,33(1):30-47.
- [7] WANG M, HU R, WANG Y, et al. Atractylenolide III attenuates muscle wasting in chronic kidney disease via the Oxidative stress-mediated PI3K/Akt/mTOR pathway [J]. Oxid Med Cell Longev, 2019, 2019: 1875471.
- [8] FU Y P, FENG B, ZHU Z K, et al. The polysaccharides from *Codonopsis pilosula* modulates the immunity and intestinal microbiota of

cyclophosphamide-treated immunosuppressed mice [J]. Molecules, 2018, 23(7):1801.

- [9] CHU X, LIU X, QIU J M, et al. Effects of *Astragalus* and *Codonopsis pilosula* polysaccharides on alveolar macrophage phagocytosis and inflammation in chronic obstructive pulmonary disease mice exposed to PM2.5 [J]. Environ Toxicol Pharmacol, 2016, 48:76-84.
- [10] 曹海禄,曹国番,魏建和,等. 遗传和环境因子对药用植物品质的影响[J]. 中草药,2007,38(5):785-788.
- [11] 鄢丹,王伽伯,李俊贤,等. 论道地药材品质辨识及其与生态环境的相关性研究策略[J]. 中国中药杂志, 2012,37(17):2672-2675.
- [12] 谷文超,母茂君,杨敏,等. 太白贝母鳞茎品质与根际土壤因子的相关性分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2020,26(7):165-177.
- [13] 杨芙蓉,冉家栋,张丽萍,等. 甘肃地产党参区域性品质差异及气候响应特征分析[J]. 植物科学学报, 2021,39(2):132-141.
- [14] 张立军,王国祥,蔡子平,等. 不同产地党参主要有效成分研究综述[J]. 甘肃农业科技,2020(12):65-69.
- [15] 胡佳栋,毛歌,张志伟,等. 不同施肥处理对党参产量和次生代谢物含量的影响研究[J]. 中国中药杂志, 2017,42(15):2946-2953.
- [16] 李莹莹,彭玉婷,徐晓蓝,等. 不同氮磷配施对党参根部生长及其活性成分的影响[J]. 西北农业学报, 2018,27(10):1470-1477.
- [17] 毛正云. 党参施用微量元素肥料效果研究[J]. 农业科技与信息,2021(7):39-40.
- [18] 杨静,苏强,刘恩荔,等. 不同产地党参苍术内酯Ⅲ和党参炔苷含量测定[J]. 山西医科大学学报,2010,41(8):698-702.
- [19] 李瑞燕,来丽娜,聂磊,等. 不同炮制方法对潞党参中化学成分种类及含量的影响[J]. 中国实验方剂学杂志,2019,25(11):133-138.
- [20] 针娴,高建平,曹玲亚. 潞党参多糖含量测定[J]. 中华中医药学刊,2014,32(3):498-500.
- [21] 周环娟,安兰兰,付艳,等. 黑骨藤化学成分与生态因子和土壤因子的相关性[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021,27(16):141-149.
- [22] 钟霞军,谈远锋. 土壤因素对道地药材品质影响的研究进展[J]. 南方农业学报,2012,43(11):1708-1711.
- [23] 梁卫青,胡轶娟,浦锦宝,等. 前胡有效成分含量与土壤因子的相关性分析[J]. 中国现代应用药学,2021, 38(11):1302-1308.
- [24] 陈瑶. 关黄柏药材化学特性与环境因子的相关性研究[D]. 北京:北京协和医学院,2017.
- [25] DUARTE D F, PEDRO M B, ANDRE M C, et al. Seven zinc-finger transcription factors are novel

- regulators of the stress responsive gene *OsDREB1B* [J]. *J Exp Bot*, 2012, 63(10):3643-3656.
- [26] ABADÍA J, VÁZQUEZ S, RELLÁN-ÁLVAREZ R, et al. Towards a knowledge-based correction of iron chlorosis [J]. *Plant Physiol Biochem*, 2011, 49(5):471-482.
- [27] PÉRET B, DESNOS T, JOST R, et al. Root architecture responses: In search of phosphate [J]. *Plant Physiol*, 2014, 166(4):1713-1723.
- [28] LU Z F, LU J W, PAN Y H, et al. Physiological mechanisms in potassium regulation of plant photosynthesis [J]. *Plant Physiol J*, 2016, 52(12):1773-1784.
- [29] 谢彩香, 索风梅, 贾光林, 等. 人参皂苷与生态因子的相关性[J]. *生态学报*, 2011, 31(24):7551-7563.
- [30] 王晓霞, 孔瑾, 杨海雁, 等. 甘肃民乐县党参品质与土壤相关性研究[J]. *现代中药研究与实践*, 2020, 34(1):5-8.
- [31] 胡佳栋, 武子丁, 刘子哲, 等. 党参氮磷钾施肥效应与最优施肥量研究[J]. *植物营养与肥料学报*, 2019, 25(9):1615-1622.
- [32] 温随超. 钾营养素对当归阿魏酸生物合成相关基因表达的影响[D]. 兰州: 甘肃中医药大学, 2015.
- [33] 刘伟. 金露梅属2种植物的主要有效成分与生态因子的相关性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [责任编辑 顾雪竹]

· 书讯 ·

妊娠期糖尿病患者的饮食管理探究 ——评《糖尿病饮食四宜五忌》

糖尿病患者是以高血糖为特征的代谢性疾病, 这种病症以多尿、多食、体重下降, 常伴随着软弱、乏力, 影响身体健康。妊娠期糖尿病是指在妊娠前糖代谢正常或有潜在的糖耐量减退的女性, 在妊娠期出现或确诊的糖尿病。妊娠期糖尿病患者为保障胎儿的正常发育, 更需注重饮食管理, 控制血糖稳定, 根据自身实际情况规范饮食习惯, 因此, 需要在日常饮食中持续控制营养成分的摄入。妊娠期孕妇通常因妊娠呕吐、睡眠欠佳等情况, 情绪波动起伏很大, 易哭易怒, 孕妇精神长期处于紧张状态, 加之饮食不规律、不健康, 对胎儿发育具有极为不利的影响。因此, 孕妇需要及时调整心态, 加强妊娠知识以及保持血糖稳定, 以积极的心态面对妊娠过程, 才能保证在孕妇身体健康的情况下正常分娩。

《糖尿病饮食四宜五忌》由王强虎主编, 中国科学技术出版社2020年出版。该书是本科普及读物, 介绍了糖尿病的饮食与营养的摄入及禁忌。全书共分为5个部分, 第一部分解释人体中的血糖及糖尿病的基本知识、基本原理, 并阐述糖尿病的治疗。第二部分从具体食物对糖尿病的辅助治疗, 为糖尿病患者提供详细的食材。第三部分讲述降血糖的食疗方法, 指导糖尿病患者以健康、科学的方式烹饪食材。第四部分列举有助于降血糖的营养素, 分析维生素、微量元素、营养素的摄入量及各种营养素的平衡。第五部分着重论述糖尿病患者在饮食中的四宜五忌, 结合当前妊娠期糖尿病患者的临床表现, 妊娠期糖尿病对孕妇健康和胎儿发育的危害性。孕妇未能很好地控制糖尿病, 而出现高血压、羊水过多等症状, 甚至会在怀孕期间引发泌尿感染, 或因糖尿病而引发妊娠血糖升高, 也会导致孕妇分娩困难, 从而导致产道损伤、产后出血, 甚至会发生因分娩困难而导致孕妇死亡的严重后果。孕妇在妊娠期出现糖尿病症状, 容易使胎儿生长发育迟缓, 会导致胎儿死胎率的升高, 婴儿在生长过程中会出现智力、精神、行为等方面异常。该书通过科学的计算和分析, 将葡萄糖、蛋白质和脂肪按照一定比例分配到餐中, 少食多餐, 保证母亲和胎儿正常营养需求的同时, 又不至于因过度摄取营养素而引起血糖的波动。因此, 妊娠期糖尿病患者的饮食管理需要从以下4个方面出发。首先, 热量摄入均衡, 妊娠期糖尿病患者在妊娠不同时期内需要摄入的热量不同, 同时注意不能在孕期减重。注重餐次分配原则, 孕妇在孕期需要维持血糖水平, 可补充与稳定血糖相关的食物。孕妇摄入糖类是为了提供一天中所需的热量、维持代谢正常, 保证一天活动之中所需的能量, 避免酮体产生, 应在正常进食时, 尽量选择纤维类食物, 以便控制血糖。注重蛋白质的摄取, 注重油脂类的摄取, 注重纤维物质的摄取。妊娠期糖尿病患者尽量多选择糖分低的水果, 妊娠期糖尿病孕妇营养需求在总体上和普通孕妇相同, 但相对于普通孕妇而言, 妊娠期糖尿病孕妇更需注重热量的摄取和营养成分的均衡。糖尿病患者在妊娠过程中, 应尽量避免摄入过油、过腻的食物, 并相应的增加纤维类食物, 在食物摄取中, 注重食物多样性。通常糖尿病患者在妊娠过程中需要摄入不限于粮食类、蔬菜水果类、肉蛋奶类、油脂类等四大主要食材, 例如在蛋白质、脂肪、碳水化合物、膳食纤维等方面, 摄入的总能量不要超过身体需要量。对于妊娠期糖尿病患者进行糖尿病临床治疗外, 让孕妇正确认识饮食控制的必要性与重要性, 并配合医护人员积极进行适当运动, 保障胎儿的正常分娩。

《糖尿病饮食四宜五忌》以糖尿病患者为阅读群体, 为糖尿病患者提供饮食指南。既可为糖尿病患者的日常生活提供理论指导, 也可供广大医护工作者阅读参考。本文就患有糖尿病的妊娠期妇女这一病例做深入的医学探讨, 建立相应的研究课题, 总结相关临床方法和经验, 为改善妊娠期糖尿病患者病情探索新的治疗途径。

(作者肖淑, 海南现代妇女儿童医院, 海口 570206)