

不同地域枸杞主要次生代谢物含量与初生代谢物含量的关系研究

刘晓侠¹, 刘吉利², 吴娜¹, 相宗杰¹, 刘根红¹, 康建宏¹

(1. 宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏大学 新技术应用研究开发中心, 宁夏 银川 750021)

摘要:为研究不同地域枸杞主要次生代谢物和初生代谢物的关系,以宁夏主产区中宁、银川、固原、惠农、同心等7个地域的“宁杞1号”为试材,研究了土壤肥力因子、枸杞果实次生代谢物甜菜碱、黄酮、类胡萝卜素等及初生代谢物枸杞多糖和总糖的变化规律及其相关性。结果表明:不同枸杞产地的土壤养分有显著差异,以主产区中宁宁安、田滩的土壤肥力状况最好。枸杞果实主要次生代谢物甜菜碱、类胡萝卜素、黄酮、维生素C及初生代谢物多糖、总糖含量在不同地域间也存在显著差异,土壤肥力较好的中宁宁安、田滩的枸杞甜菜碱、多糖含量最高,而糖碱比较低。相关分析表明,土壤全磷、全盐与类胡萝卜素积累有负相关性,速效钾与枸杞黄酮有显著的正相关性;枸杞甜菜碱与土壤有机质、全氮、全盐的含量呈极显著正相关性,速效钾与甜菜碱含量有显著相关性;多糖累积与全氮、全盐、有机质、速效钾间呈显著正相关性,而总糖含量与全盐间呈极显著负相关。因此,中宁作为枸杞道地产区,要求具有较高的土壤肥力,枸杞果实多糖和甜菜碱含量较高而糖碱比较低。

关键词:枸杞;不同产地;初生代谢物;次生代谢物

中图分类号:S 567.1⁺9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)23-0163-07

宁夏枸杞(*Lycium barbarum* L.)属茄科(Solanaceae)枸杞属(*Lycium*)多年生落叶灌木^[1],主要分布于西北地

第一作者简介:刘晓侠(1991-),男,山东德州人,硕士研究生,现主要从事盐碱地改良等研究工作。E-mail:492136804@qq.com.

责任作者:康建宏(1968-),男,宁夏青铜峡人,硕士,教授,现主要从事作物高产生理栽培等研究工作。E-mail:kangjianhong@163.com.

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2013BAC02B05);宁夏高校资助项目(Nay 2014013);国家自然科学基金资助项目(31201177)。

收稿日期:2015-07-27

区的宁夏、新疆、内蒙古等地,宁夏是宁夏枸杞的原产地域和主产区。宁夏枸杞具有独特“皮薄、肉厚、粒大、色正、味甘、药效佳”的道地品质^[2]。宁夏枸杞作为重要的药用植物资源和药食同源的名贵中药材,具有增强免疫力、延缓衰老、抗肿瘤^[3]、抗氧化^[4]、抗辐射^[5]等多方面的药理作用,近代研究发现对这些药理作用起主要作用的是枸杞内含有的多糖、总糖、胡萝卜素、黄酮、甜菜碱等有效成分,其中,甜菜碱、胡萝卜素、黄酮等活性成分是植物次生代谢的产物,而这些有效成分的积累与枸杞的抗旱性、抗盐性等抗逆性密切相关^[6]。目前,关于枸杞

Study on Biological Characteristics of Different Varieties of *Lonicera japonica* Thunb. Introduced and Cultivated in Jiangsu

YU Xu, LIANG Chengyuan, QI Xiwu, LIU Yan, LI Weilin

(Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing, Jiangsu 210014)

Abstract: To provide scientific basis for screening proper varieties of *Lonicera japonica* Thunb. cultivated in Jiangsu, morphology and bloom characteristics of plant were studied. The results showed that the main morphology characters of branches, leaves, flowers and bracts had significant variation among different cultivars. Three *L. japonica* varieties cultivated in Jiangsu which had better growth vigor and ecological adaptability were suitable for planting in Jiangsu.

Keywords: *Lonicera japonica* Thunb.; morphology; bloom; characteristic

的研究多集中在育种、栽培、化学成分分析、药理作用等方面,而对次生代谢物质的形成和环境条件的关系研究较少,有研究表明,不同树龄、不同栽培条件、环境条件等都影响宁夏枸杞的有效成分^[7-10]。土壤是生态系统中物质和能量交换的重要场所,枸杞生命活动所需的水分和营养物质绝大部分是通过根系从土壤中吸收的,土壤中各营养物质将直接或间接影响枸杞的生长发育和品质表现,尤其是变化较大的各种肥力因子,可能直接影响药用植物体内的生理生化反应,从而影响到植物化学成分的种类和含量^[11]。为此选取宁夏 7 个主要产地的枸杞夏果作为供试材料,在采收果实的同时取耕作层土样测定其理化性质,通过对 7 个产地土壤理化因子进行分析,研究不同土壤理化因子对枸杞有效成分胡萝卜素、甜菜碱、维生素 C、黄酮及多糖、总糖的影响,以期为宁夏枸杞的道地性研究和合理栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验设在宁夏枸杞主要产地中宁(选取田滩万亩枸杞园、宁安无公害枸杞基地)、银川(选取园艺所枸杞园和芦花台枸杞工程中心枸杞园)、固原(清水河枸杞基地)、同心(清水河枸杞基地)、惠农(燕子墩乡枸杞园)等 7 地,以不同地域的“宁杞 1 号”为试验材料。

1.2 试验方法

于 7 月枸杞夏果期,分别以 5 点式采取土壤样品

(0~20 cm 土层)和摘取“宁杞 1 号”枸杞果实样品,每样点随机取样,重复 3 次。对各样点的土壤理化因子进行测定,采用不加碱的自然晾干方法处理果实,备用。

1.3 项目测定

类胡萝卜素含量测定采用紫外分光光度计法^[12],黄酮含量测定采用紫外分光光度法^[13],甜菜碱含量测定采用分光光度计法(雷氏盐显色)^[14],维生素 C 含量测定采用红菲洛琳显色分光光度计法^[15],总糖含量测定采用蒽酮比色法^[12],多糖含量测定采用硫酸苯酚法^[16]。

2 结果与分析

2.1 不同地域土壤肥力因子状况比较

土壤理化性状及营养物质是决定枸杞产量及相关次生物质的主要因素之一。由表 1 宁夏枸杞不同产地土壤理化性状参数可知,7 个宁夏枸杞产地土壤有机质、速效氮、速效磷、全磷、全氮、全盐含量间存在明显差异,表现为枸杞中心土壤的速效氮含量为最高,达到了 0.19 mg/kg,相反固原枸杞土壤中速效氮含量最低,只有 0.03 mg/kg。中宁宁安土样的速效磷、速效钾、全氮、全磷、有机质、全盐含量最高,且与其他 6 个产地间存在显著差异。相反固原土样的速效氮、速效钾、全氮含量整体偏低,甚至最低,这有可能与其栽培土壤为新垦沙荒地有关,而其他产地土壤肥力状况较好,其中以中宁宁安、中宁田滩土壤肥力状况最好,枸杞中心、同心、惠农、园艺所次之。

表 1 不同地域土壤基本理化性质比较

Table 1 Comparison of different geographical regions basic physical and chemical properties of soil

采样点 Sampling plot	速效氮 Available nitrogen /(mg · kg ⁻¹)	速效磷 Available phosphorus /(mg · kg ⁻¹)	速效钾 Available potassium /(mg · kg ⁻¹)	全氮 Total nitrogen /(g · kg ⁻¹)	全磷 Total phosphorus /(g · kg ⁻¹)	有机质 Organic matter /(g · kg ⁻¹)	全盐 Total salt /(g · kg ⁻¹)	pH 值 pH value
中宁宁安	0.11c	76.97a	260.02b	0.81a	1.29a	22.16a	0.94a	8.16c
中宁田滩	0.08d	44.33b	219.97c	0.49b	0.94c	14.67b	0.82b	8.12c
枸杞中心	0.19a	40.13c	127.29a	0.30e	0.65e	11.14c	0.46d	8.66b
园艺所	0.04f	24.30d	193.37e	0.26g	0.45f	11.15c	0.51c	8.83a
同心	0.17b	74.77a	299.96a	0.46c	1.29a	9.57e	0.32e	7.63d
惠农	0.05e	11.31e	199.97d	0.41d	0.72d	14.99b	0.35e	8.65b
固原	0.03g	—	139.98f	0.27f	0.98b	10.31d	0.89a	8.82a

注:不同小写字母表示在 0.05 水平上存在显著性差异。下同。

Note: Different lowercase letters mean significant differences at $P < 0.05$. The same below.

2.2 不同地域土壤肥力对枸杞果实主要次生代谢物质的影响

2.2.1 不同地域枸杞果实中类胡萝卜素含量的差异

从图 1 可知,不同地域宁夏枸杞中类胡萝卜素含量之间存在显著性差异。表现为银川园艺所的枸杞类胡萝卜素含量为最高,达到了 25.09 mg/100g,固原枸杞中类胡萝卜素含量最低,只有 13.59 mg/100g,仅为园艺所枸杞的 54.1%。中宁宁安的枸杞类胡萝卜素含量低于银川

园艺所的含量,为 19.57 mg/100g,同心、枸杞中心、惠农、中宁田滩枸杞中类胡萝卜素含量分别为 18.97、17.55、17.48、16.10 mg/100g。

2.2.2 不同地域枸杞果实中黄酮含量的差异 从图 2 可知,不同地域宁夏枸杞中黄酮含量之间存在显著性差异。表现为园艺所、惠农的枸杞中黄酮含量最高,达到了 0.80 mg/100g,显著高于固原等地区的枸杞。相反,固原的枸杞中黄酮含量最低,显著低于其他地区的枸

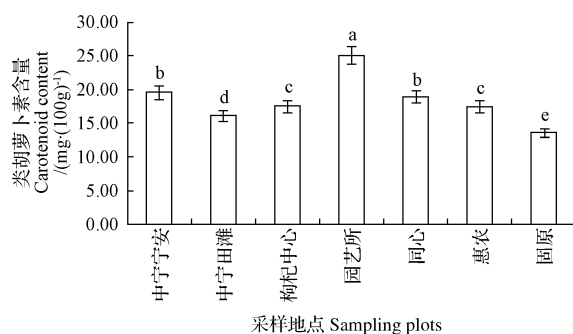


图1 不同地域枸杞果实中类胡萝卜素含量比较

Fig. 1 Comparison of carotenoid content of Chinese wolfberry fruit in different regions

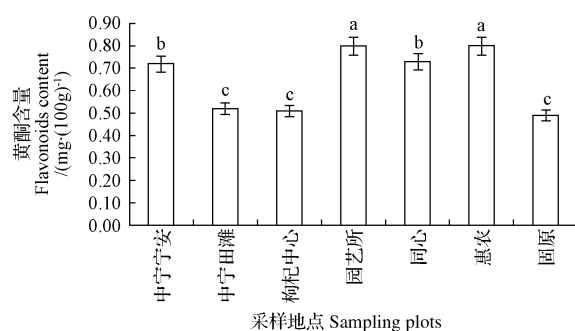


图2 不同地域枸杞中黄酮含量比较

Fig. 2 Comparison of flavonoids content of Chinese wolfberry fruit in different regions

杞,只有 0.49 mg/100g,占园艺所枸杞的 61.25%。同心枸杞中黄酮含量为 0.73 mg/100g,中宁宁安枸杞中黄酮含量为 0.72 mg/100g,中宁田滩的枸杞黄酮含量低于园艺所的含量为 0.52 mg/100g,枸杞中心的枸杞黄酮含量为 0.51 mg/100g。

2.2.3 不同地域枸杞果实中甜菜碱含量的差异 由图 3 可知,不同主产区宁夏枸杞中甜菜碱含量之间存在显著性差异(5%显著水平)。表现为中宁宁安、中宁田滩的枸杞中甜菜碱含量为最高,达到了 0.76%、0.78%,相反,同心的枸杞中甜菜碱含量最低,为 0.45%。惠农的枸杞甜菜碱含量仅低于中宁的,含量为 0.55%,固原枸杞中甜菜碱含量为 0.53%。银川枸杞中心、银川园艺所的枸杞中甜菜碱含量为 0.48%。

2.2.4 不同地域枸杞果实中维生素 C 含量的差异 从图 4 可知,不同地域宁夏枸杞中维生素 C 含量之间存在显著性差异。表现为固原的枸杞中维生素 C 含量为最高,达到了 122.1 mg/100g,相反惠农的枸杞中维生素 C 含量最低,只有 32.1 mg/100g,仅为固原枸杞的 26.28%,银川园艺所的枸杞中维生素 C 含量低于固原的含量,为 105.0 mg/100g,中宁宁安的枸杞中维生素 C 含量为 98.1 mg/100g,同心的枸杞中维生素 C 含量为 86.3 mg/100g,枸杞中心的枸杞中维生素 C 含量为 52.3 mg/100g,这可能与各个地域不同的土壤状况和气

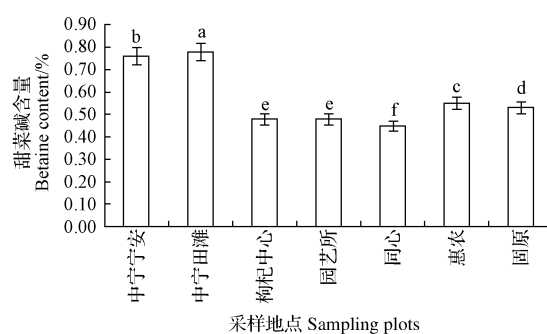


图3 不同地域枸杞果实中甜菜碱含量的比较

Fig. 3 Comparison of betaine content of Chinese wolfberry fruit in different regions

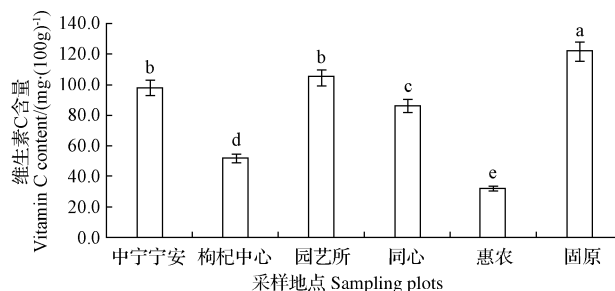


图4 不同地域枸杞中维生素 C 含量的比较

Fig. 4 Comparison of vitamin C of Chinese wolfberry in different regions

候条件有关。

2.2.5 不同地域土壤肥力与次生代谢物的关系 通过对不同地域枸杞中主要次生代谢物含量与肥力因素相关分析发现(表 2),全磷、全盐与类胡萝卜素间呈负相关,这可能是氮素供应过多所致,但显著性测验表明相关不显著。土壤中 pH 值、有机质、全氮、速效磷、速效钾、速效氮含量与枸杞果实中类胡萝卜素含量无显著相关性。速效钾与枸杞黄酮呈显著正相关,相关系数 $R=0.55$,表明速效钾对枸杞黄酮的合成积累有一定的贡献,土壤有机质、全氮、速效磷含量与枸杞中黄酮含量无显著相关性。pH 值及全盐、全磷、速效氮与枸杞中黄酮含量呈不显著负相关。枸杞甜菜碱与土壤有机质、全氮、全盐的含量呈极显著正相关,与土壤速效磷、速效钾、全磷含量呈不显著相关,与土壤 pH 值、速效氮含量的相关性也不显著,表明土壤有机质、全氮、全盐含量对甜菜碱的形成积累有显著的促进作用,由此,推断枸杞甜菜碱形成与枸杞对土壤中有机质、全氮、全盐的吸收量和吸收程度有一定的关系,但还需进一步研究。中宁宁安、中宁田滩、枸杞中心、园艺所、固原、同心、惠农等 7 个枸杞主产区土壤有机质、速效氮、速效磷、速效钾间存在一定差异,这就表明,高的土壤肥力有利于提高枸杞产量,对枸杞有效成分甜菜碱含量也具有一定的促进作用。枸杞维生素 C 与土壤肥力的全磷、速效磷、全氮、速效钾相关性不显著,与土壤有机质及 pH 值呈不显著负相关,

与土壤全盐呈极显著正相关,其相关系数 $R=0.67$,由此表明枸杞成熟期全盐的含量对枸杞维生素 C 的形成积累有一定的贡献。

进一步研究土壤养分与次生代谢物的关系,表 3 表明,全磷与类胡萝卜素、全磷与黄酮、有机质与类胡萝卜

素无显著相关。速效钾与黄酮、全氮与甜菜碱、有机质与甜菜碱、全盐与甜菜碱、全盐与维生素 C 含量之间呈显著直线相关,其它因素间均符合二次曲线,且决定系数达显著水平。

表 2 枸杞果实中主要次生代谢物含量与土壤肥力状况的相关系数

Table 2 Main secondary metabolites content in Chinese wolfberry fruit correlation with soil fertility status table

指标 Index	速效氮 Available nitrogen	速效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium	全氮 Total nitrogen	全磷 Total phosphorus	有机质 Organic matter	全盐 Total salt	pH 值 pH value
类胡萝卜素 Carotenoid	0.01	0.26	0.30	0.02	-0.35	0.06	-0.34	0.03
黄酮 Flavonoids	-0.17	0.18	0.55 *	0.23	-0.07	0.23	-0.47	-0.11
甜菜碱 Betaine	-0.19	0.31	0.26	0.72 **	0.38	0.80 **	0.72 **	-0.27
维生素 C Vitamin C	-0.33	0.04	0.09	0.01	0.29	-0.08	0.67 **	-0.01

注: * 表示显著相关, ** 表示极显著相关。下同。

Note: * means significant relation, ** means highly significant relation. The same below.

表 3 枸杞果实中主要次生代谢物含量与土壤肥力状况的回归分析

Table 3 The main secondary metabolites content in Chinese wolfberry fruit curve correlation with soil fertility status table

指标 Index	模拟回归方程 Equation	R^2
速效氮与类胡萝卜素 Available nitrogen and carotenoid	$y = -459.08x^2 + 123.89x + 10.85$	0.724 5
速效氮与黄酮 Available nitrogen and flavonoids	$y = -0.062 6x^2 + 0.819 1x - 2.479$	0.781 3
速效氮与甜菜碱 Available nitrogen and betaine	$y = 4.052 4x^2 - 5.294 2x + 1.710 9$	0.843 8
速效氮与维生素 C Available nitrogen and vitamin C	$y = -7E - 0.5x^2 + 0.010 3x - 0.223 3$	0.765 6
速效磷与类胡萝卜素 Available phosphorus and carotenoid	$y = -1.294 1x^2 + 53.715x + 492.47$	0.650 2
速效磷与黄酮 Available phosphorus and flavonoids	$y = -19.109x^2 + 255.23x - 789.55$	0.640 1
速效磷与甜菜碱 Available phosphorus and betaine	$y = 2.694.7x^2 - 8.430x + 1.076.8$	0.690 4
速效磷与维生素 C Available phosphorus and vitamin C	$y = -0.034 7x^2 + 5.043 4x - 104.82$	0.889 4
速效钾与类胡萝卜素 Available potassium and carotenoid	$y = -2.783 2x^2 + 116.06x - 935.8$	0.751 7
速效钾与黄酮 Available potassium and flavonoids	$y = 0.012 5x + 3.964 7$	0.550 0
速效钾与甜菜碱 Available potassium and betaine	$y = 4.510.3x^2 - 5.895.1x + 2.031.3$	0.759 7
速效钾与维生素 C Available potassium and vitamin C	$y = -0.064 1x^2 + 1.262 6x - 36.7$	0.967 3
全氮与类胡萝卜素 Total nitrogen and carotenoid	$y = -0.000 6x^2 + 0.042 8x - 0.215$	0.560 5
全氮与黄酮 Total nitrogen and flavonoid	$y = 0.017 1x^2 - 0.158 3x + 0.624 4$	0.719 4
全氮与甜菜碱 Total nitrogen and betaine	$y = -0.042 1x + 0.744 3$	0.720 0
全氮与维生素 C Total nitrogen and vitamin C	$y = -0.000 1x^2 + 0.018 4x + 0.049 9$	0.617 6
全磷与甜菜碱 Total phosphorus and betaine	$y = 10.861x^2 - 15.529x + 6.063 6$	0.820 1
全磷与维生素 C Total phosphorus and vitamin C	$y = -0.000 2x^2 + 0.035 6x - 0.099 6$	0.664 4
有机质与黄酮 Organic matter and flavonoid	$y = 1.690 8x^2 - 20.713x + 72.043$	0.830 2
有机质与甜菜碱 Organic matter and betaine	$y = 0.025 1x + 0.239 4$	0.800
有机质与维生素 C Organic matter and vitamin C	$y = 0.003 7x^2 - 0.784 5x + 52.577$	0.771 6
全盐与类胡萝卜素 Total salt and carotenoid	$y = 0.015x^2 - 0.583x + 6.025 7$	0.943 1
全盐与黄酮 Total salt and flavonoid	$y = 0.172 4x^2 - 2.315 1x + 8.087 4$	0.575 9
全盐与甜菜碱 Total salt and betaine	$y = 0.380 2x + 0.342 7$	0.720 0
全盐与维生素 C Total salt and vitamin C	$y = 83.578x + 34.314$	0.670 0
pH 值与类胡萝卜素 pH value and carotenoid	$y = 0.014 1x^2 - 0.627x + 14.935$	0.530 6
pH 值与黄酮 pH value and flavonoid	$y = 0.393 8x^2 - 5.227 2x + 24.95$	0.522 2
pH 值与甜菜碱 pH value and betaine	$y = -35.604x^2 + 46.57x - 6.019 7$	0.892 2
pH 值与维生素 C pH value and vitamin C	$y = 0.000 2x^2 - 0.019x + 0.780 7$	0.831 8

2.3 不同地域土壤肥力对枸杞果实主要初生代谢产物的影响

2.3.1 不同地域枸杞果实中多糖含量的差异 从图 5 可知,不同地域宁夏枸杞中多糖含量之间存在显著性差异,表现为中宁宁安、中宁田滩的枸杞中多糖含量最高,达到了 10.64%、10.33%;银川芦花台园艺所的枸杞果

实中多糖含量最低,只有 8.41%;惠农的枸杞多糖含量 8.74%,固原的枸杞多糖含量为 9.14%,枸杞中心的枸杞中多糖含量为 9.29%,同心的枸杞中多糖含量为 8.96%。方差分析表明,不同地域枸杞果实多糖含量存在显著性差异($F_{(6,12)}=80.31$)。

2.3.2 不同地域枸杞果实中总糖含量的差异 从图 6 可

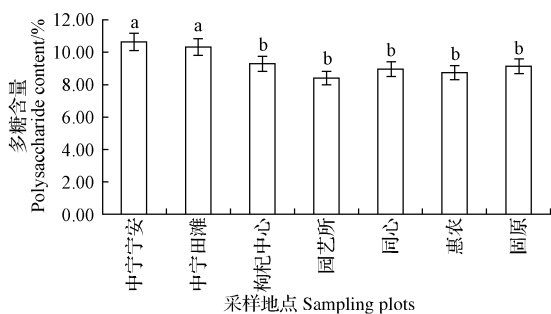


图 5 不同地域枸杞中多糖含量比较
Fig. 5 Comparison of polysaccharide content of Chinese wolfberry in different regions

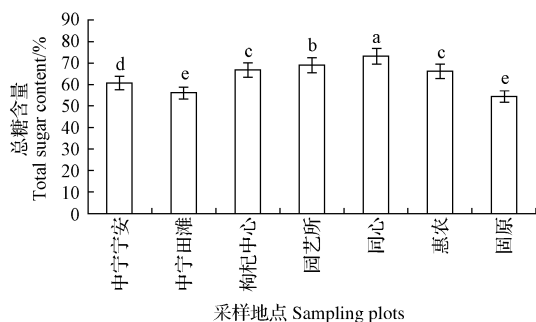


图 6 不同地域枸杞中总糖含量比较
Fig. 6 Comparison of total sugar content of Chinese wolfberry in different regions

表 4 枸杞果实中主要初生代谢物质与土壤肥力因素的相关系数

Table 4 The correlation coefficient of Chinese wolfberry fruit in the main primary metabolic substances and soil fertility factors

指标 Index	速效氮 Available nitrogen	速效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium	全氮 Total nitrogen	全磷 Total phosphorus	有机质 Organic matter	全盐 Total salt	pH 值 pH value
多糖 Polysaccharide	0.07	0.04	0.03	0.07	0.09	0.09	-0.16	0.21
总糖 Total sugar	0.62 *	0.36	0.30	-0.12	-0.12	-0.32	-0.89 *	-0.27

表 5 土壤养分与总糖和多糖的曲线相关性

Table 5 The curve of the soil nutrient and total sugar and polysaccharide correlation tables

指标 Index	模拟回归方程 Equation	R ²
速效氮与多糖 Available nitrogen and polysaccharide	$y = -246.74x^2 + 56.83x + 7.0386$	0.5999
速效氮与总糖 Available nitrogen and total sugar	$y = 52.077x + 58.785$	0.6200
速效磷与多糖 Available phosphorus and polysaccharide	$y = 10.517x^2 - 222.51x + 1209.9$	0.8075
速效磷与总糖 Available phosphorus and total sugar	$y = 0.2477x^2 - 28.991x + 874.32$	0.5413
速效钾与多糖 Available potassium and Polysaccharide	$y = 23.727x^2 - 504.55x + 2812$	0.6369
速效钾与总糖 Available potassium and total sugar	$y = 0.611x^2 - 69.832x + 2149.3$	0.8393
全氮与多糖 Total nitrogen and polysaccharide	$y = 0.1978x^2 - 3.9547x + 19.999$	0.7235
全氮与总糖 Total nitrogen and total sugar	$y = 0.0048x^2 - 0.5645x + 16.745$	0.9174
全磷与多糖 Total phosphorus and polysaccharide	$y = 0.0397x^2 - 1.0172x + 7.0826$	0.5716
全磷与总糖 Total phosphorus and total sugar	$y = 0.0038x^2 - 0.456x + 14.17$	0.6507
有机质与多糖 Organic matter and polysaccharide	$y = 5.4697x^2 - 107.86x + 540.59$	0.6681
有机质与总糖 Organic matter and total sugar	$y = -0.0456x^2 + 5.8494x - 173.49$	0.6677
全盐与多糖 Total salt and polysaccharide	$y = -0.5952x^2 + 11.558x - 55.225$	0.5733
全盐与总糖 Total salt and total sugar	$y = -23.037x + 77.888$	-0.8900
pH 值与总糖 pH value and total sugar	$y = -0.0039x^2 + 0.4333x - 3.2599$	0.8991

2.4 枸杞中次生代谢物与初生代谢物比值与土壤肥力的相关性

大量试验表明,枸杞主要有效成分为甜菜碱和多糖,其中甜菜碱属于次生代谢物,而多糖属于初生代谢

知,不同地域宁夏枸杞中总糖含量之间存在显著性差异。表现为同心的枸杞中总糖含量最高,达到了 73.18%,相反,固原的枸杞中总糖含量最低,只有 54.39%,枸杞中心的枸杞总糖含量为 69.06%,园艺所的枸杞中总糖含量为 66.75%,惠农的枸杞总糖含量为 66.19%,中宁宁安、中宁田滩的枸杞中总糖含量分别为 60.76%、56.06%。

2.3.3 枸杞中总糖含量与多糖含量的关系 通过对果实内总糖含量与多糖含量作相关分析发现,总糖含量与多糖含量间呈显著负相关,相关系数为 $R = -0.58$ 。

2.3.4 不同地域土壤肥力与初生代谢物的关系 通过对不同地域枸杞中主要初生代谢物含量与肥力因素作相关分析发现(表 4),多糖累积与 pH 值、全盐、有机质、速效钾、速效磷、速效氮、全氮、全磷含量间相关性不显著,由此表明枸杞中多糖含量与土壤肥力状况间不存在相关性。总糖含量与土壤全盐含量间呈显著负相关,相关系数为 $R = -0.89$ 。其中与土壤 pH 值、全氮、全磷、有机质含量间呈负相关。与土壤速效氮含量间存在显著正相关。由表 5 可以看出,枸杞总糖与土壤速效氮呈显著正相关,与全盐呈显著负相关,与速效磷、速效钾、全氮、全磷、有机质呈明显的二次曲线关系,且决定系数达显著水平。枸杞多糖与土壤养分符合二次曲线。

物,通过单个成分的比较试验,宁夏枸杞与其他产地枸杞的差异不显著,因此,通过对枸杞的次生代谢物和初生代谢物的比值来进行探讨,从而为宁夏枸杞的道地性研究和栽培提供理论依据。

2.4.1 枸杞中次生代谢物含量与初生代谢物含量比值差异 由表 6 可知,多糖与类胡萝卜素的比值、多糖与黄酮的比值均以固原、中宁田滩的为最高,而银川园艺所的多糖与类胡萝卜素的比值为最低,仅为 0.037,多糖与黄酮的比值以惠农的为最低,仅为 1.094。多糖与甜菜碱的比值以园艺所和同心的为最高,相反枸杞主产区的中宁宁安、中宁田滩的为最低。多糖与维生素 C 的比值以惠农的为最高,固原的为最低。总糖与类胡萝卜素的比值以固原的为最高,园艺所的最低。总糖与黄酮的比值以枸杞中心为最高,惠农的为最低。总糖与甜菜碱的比值以同心的为最高,而主产区中宁宁安和中宁田滩

表 6

枸杞中次生代谢物含量与初生代谢物含量比值

Table 6

Secondary metabolites content in Chinese wolfberry and primary metabolite content ratio table

指标 Index	中宁宁安	中宁田滩	枸杞中心	园艺所	同心	惠农	固原
多糖/类胡萝卜素 Polysaccharide/carotenoid	0.054	0.064	0.048	0.037	0.047	0.050	0.067
多糖/黄酮 Polysaccharide/flavonoid	1.478	1.975	1.656	1.157	1.231	1.094	1.871
多糖/甜菜碱 Polysaccharide/betaine	14.094	13.293	17.519	19.472	19.904	16.004	17.402
多糖/维生素 C Polysaccharide/vitamin C	0.108	—	0.161	0.088	0.104	0.272	0.075
总糖/类胡萝卜素 Total sugar/carotenoid	0.311	0.348	0.394	0.266	0.386	0.379	0.400
总糖/黄酮 Total sugar/flavonoid	8.438	10.720	13.598	8.312	10.054	8.284	11.136
总糖/甜菜碱 Total sugar/betaine	80.478	72.153	143.879	139.935	162.611	121.227	103.600
总糖/维生素 C Total sugar/vitamin C	0.620	—	1.321	0.636	0.848	2.062	0.446

2.4.2 枸杞中次生代谢物含量与初生代谢物含量比值与土壤肥力的关系 通过对枸杞的次生代谢物与初生代谢物的比值与土壤肥力因子的相关性分析(表 7)可知,全盐与枸杞的多糖/类胡萝卜素、多糖/黄酮间呈显著正相关性,而与多糖/甜菜碱、多糖/维生素 C、总糖/甜

表 7

枸杞中次生代谢物含量与初生代谢物含量比值与土壤肥力的相关性

Table 7 Secondary metabolites content in Chinese wolfberry and primary metabolite content ratio and the correlation of soil fertility

指标 Index	速效氮 Available nitrogen	速效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium	全氮 Total nitrogen	全磷 Total phosphorus	有机质 Organic matter	全盐 Total salt
多糖/类胡萝卜素 Polysaccharide/carotenoid	-0.26	-0.18	-0.16	0.18	0.44	0.17	0.71*
多糖/黄酮 Polysaccharide/flavonoid	-0.01	-0.09	-0.38	-0.01	0.18	0.01	0.71*
多糖/甜菜碱 Polysaccharide/betaine	0.19	-0.11	-0.03	-0.61*	-0.24	-0.77*	-0.63*
多糖/维生素 C Polysaccharide/vitamin C	0.00	-0.24	-0.11	0.02	-0.29	0.19	-0.52*
总糖/类胡萝卜素 Total sugar/carotenoid	0.33	-0.19	-0.25	-0.24	0.25	-0.38	-0.19
总糖/黄酮 Total sugar/flavonoid	0.55*	-0.06	-0.55*	-0.39	-0.08	-0.46	0.00
总糖/甜菜碱 Total sugar/betaine	0.44	0.02	0.01	-0.52*	-0.26	-0.69*	-0.86*
总糖/维生素 C Total sugar/vitamin C	0.11	-0.22	-0.13	-0.09	-0.34	0.05	-0.64*

3 结论与讨论

宁夏枸杞起源于清水河两岸的盐碱荒地,在生长发育中表现为较强的抗旱耐盐性,正是这种特殊的生理适应性,使宁夏枸杞特别适宜于某些活性成分的形成和积累。适当的施肥不但可以提高果实产量,而且对果实品质也具有一定的影响,对宁夏枸杞主要产区中宁宁安、中宁田滩、枸杞中心、园艺所、同心、惠农、固原等 7 个枸杞主产区土壤肥力状况研究发现,宁夏 7 个枸杞主产区土壤有机质、速效氮、速效磷、速效钾间存在一定差异,其中以固原土壤的速效氮、速效磷含量最低,且与其他 6 个产区间存在显著差异,这有可能与其栽培土壤为新垦沙荒地有着密切的关系,而其他 5 个产区为黄灌区,土

壤主要以壤土为主,土壤肥力状况较好,其中以中宁、同心土壤肥力状况最好,惠农、园艺所次之。较好的土壤肥力为枸杞的高产奠定了良好的物质基础,但对其品质却产生了一定的影响。许兴等^[17]研究认为,枸杞多糖累积与肥力因子间无显著相关性,而总糖含量与肥力因子间呈负相关,其中与速效氮呈显著负相关,与速效磷呈极显著负相关,而多糖和总糖含量与土壤盐分呈正相关;牛艳等^[18]研究认为枸杞果实中 β -胡萝卜素含量与肥力因子中的速效氮有显著负相关,与有机质无显著相关性,与土壤盐分含量呈负相关。研究表明,不同产地枸杞的次生代谢产物类胡萝卜素、甜菜碱、黄酮等与初生代谢产物多糖和总糖等存在显著性差异,以土壤肥力较

菜碱、总糖/维生素 C 间呈显著负相关。全氮、有机质与枸杞的多糖/甜菜碱、总糖/甜菜碱间呈显著负相关。枸杞总糖/黄酮与速效钾间呈显著负相关,而与速效氮间呈显著正相关。

壤主要以壤土为主,土壤肥力状况较好,其中以中宁、同心土壤肥力状况最好,惠农、园艺所次之。较好的土壤肥力为枸杞的高产奠定了良好的物质基础,但对其品质却产生了一定的影响。许兴等^[17]研究认为,枸杞多糖累积与肥力因子间无显著相关性,而总糖含量与肥力因子间呈负相关,其中与速效氮呈显著负相关,与速效磷呈极显著负相关,而多糖和总糖含量与土壤盐分呈正相关;牛艳等^[18]研究认为枸杞果实中 β -胡萝卜素含量与肥力因子中的速效氮有显著负相关,与有机质无显著相关性,与土壤盐分含量呈负相关。研究表明,不同产地枸杞的次生代谢产物类胡萝卜素、甜菜碱、黄酮等与初生代谢产物多糖和总糖等存在显著性差异,以土壤肥力较

好的中宁宁安、田滩的枸杞甜菜碱、多糖含量最高,而糖碱比较低。相关分析表明,全磷、全盐与类胡萝卜素积累有负相关性,土壤中 pH 值、有机质、全氮、速效磷、速效钾、速效氮含量与枸杞果实中类胡萝卜素含量无显著相关性。速效钾与枸杞黄酮有显著的正相关性,土壤有机质、氮素、磷素含量对枸杞中黄酮含量无显著相关性。pH 值及全盐对枸杞中黄酮含量有显著负相关性。枸杞甜菜碱与土壤有机质、全氮、全盐的含量呈极显著正相关性,与土壤速效磷、速效钾、全磷含量呈不显著相关性,与土壤 pH 值、速效氮含量的相关性也不显著,速效钾与甜菜碱含量有显著相关性。枸杞维生素 C 与土壤肥力的有机质、全磷、速效磷、全氮、速效钾及 pH 值相关性不显著,与土壤全盐呈显著正相关。多糖累积与全氮、全盐、有机质、速效钾间呈显著正相关性,而总糖含量与全盐间呈极显著负相关,这些结论与前人研究不尽一致。另外,宁夏 7 个产区中,中宁产区土壤氮素含量水平相对较高,而其总糖含量相对较低。土壤中磷素含量对枸杞果实总糖含量的影响与苏占胜等^[10]研究结果有一定差异,因此还需进一步进行研究。

参考文献

- [1] 白寿宁. 宁夏枸杞研究[M]. 银川:宁夏人民出版社,1999:1-3.
- [2] 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,2010:232-233.
- [3] 中国医学科学院卫生研究所. 食品成分表[M]. 2 版. 北京:人民卫生出版社,1997:143-147.
- [4] 陈连文. 对辣椒色素某些性能的测试[J]. 化学研究与应用,1997,9(1):102-104.
- [5] BENDICH A, OLSON J A. Biological actions of carotenoids[J]. FASEB J, 1989(3):1927-1932.
- [6] MUNNS R. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: Some dogmas and hypothesis[J]. Plant Cell Environment, 1993(16):15-24.
- [7] 康建宏, 张海林, 吴宏亮, 等. 不同树龄枸杞果实主要次生代谢产物与枸杞多糖的关系研究[J]. 农业科学研究, 2008(4):10-12.
- [8] 康建宏, 吴宏亮, 杨涓, 等. 不同施氮水平下枸杞主要次生代谢产物与多糖的关系研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 9(5):150-154.
- [9] 周筠, 康建宏, 杨涓, 等. 不同覆盖方式对枸杞初生物质及次生物质含量的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(32):18126-18128.
- [10] 苏占胜, 刘静, 李建萍, 等. 宁夏枸杞产量气候区划研究[J]. 干旱地区农业研究, 2004(2):132-135.
- [11] 张自萍, 史晓文, 曹丽华, 等. 枸杞品质及其与土壤肥力关系的研究[J]. 中草药, 2008, 39(8):1238-1242.
- [12] 李合生, 孙群. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2000.
- [13] 谢德隆, 王苏, 程志伟, 等. 红茴香根皮中黄酮类化合物分析[J]. 中草药, 1991, 22(10):115.
- [14] 袁养震, 朱萍. 分光光度法测定枸杞子中甜菜碱[J]. 宁夏大学学报(自然科学版), 1989(3):61-65.
- [15] 邹琦. 植物生理学试验指导[M]. 北京:中国农业出版社, 2002:171-172.
- [16] 白寿宁. 宁夏枸杞研究[M]. 银川:宁夏人民出版社, 1998:29-30.
- [17] 许兴, 郑国琦, 杨娟, 等. 宁夏不同地域枸杞多糖和总糖含量与土壤环境因子关系的研究[J]. 西北植物学报, 2005(7):1340-1344.
- [18] 牛艳, 许兴, 魏玉清, 等. 不同产地土壤因子与宁夏枸杞中 β -胡萝卜素关系的研究[J]. 农业科学研究, 2005, 26(2):21-23, 39.

Study on the Contents of Secondary Metabolites and Primary Metabolites in Different Regions of Chinese Wolfberry

LIU Xiaoxia¹, LIU Jili², WU Na¹, XIANG Zongjie¹, LIU Genhong¹, KANG Jianhong¹

(1. College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2. Research and Development for Application of New Technology, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: In order to prove the relationship between main primary metabolites and secondary metabolites of Chinese wolfberry in different production areas of Ningxia, seven places were selected, and the effect of production areas on soil fertility, betaine, carotenoid, flavonoids, vitamin C, polysaccharide, total sugar content were studied. The results showed that the soil nutrient had significant differences with different production areas of Chinese wolfberry, Zhongning Ning'an and Tiantan had the best soil fertility. Production areas had significant influence on main secondary metabolites betaine, carotenoid, flavonoids, vitamin C, and primary metabolites polysaccharide, total sugar content in Chinese wolfberry fruit. Chinese wolfberry fruit produced in Zhongning Ning'an and Tiantan had the highest betaine and polysaccharide content and lower sugar alkali. Correlation analysis showed that soil total phosphorus, total salt had negative correlation with carotenoid; available potassium, flavonoids and betaine had a significant positive correlation; betaine had significant positive correlation with soil organic matter, total nitrogen, total salt content; accumulation of polysaccharide had significant positive correlation with soil organic matter, total nitrogen, total salt content, available K; total sugar content had significant negative correlation with soil salt. Zhongning as genuine producing areas had high soil fertility, the Chinese wolfberry in Zhongning had higher polysaccharide and betaine content, but lower sugar alkali.

Keywords: Chinese wolfberry; different production areas; primary metabolites; secondary metabolites