

氮磷钾配方施肥对核桃产量和品质指标的影响

刘杜玲,张博勇,彭少兵,刘朝斌*,李星,薛志强

(西北农林科技大学 林学院,陕西 杨陵 712100)

摘要:研究氮(N)、磷(P)、钾(K)配方肥对核桃产量及品质的影响,为核桃施肥提供依据。以7年生早实核桃“辽核4号”为试验材料,于核桃萌芽期、幼果发育期和硬核期进行施肥,在果实采收前调查产量并进行果实养分测定,研究不同配方肥对核桃产量及品质的影响。结果表明,不同N、P、K施肥处理对核桃单位冠幅产量、单果重、出仁率影响显著,对饱和脂肪酸含量、不饱和脂肪酸含量、蛋白质含量、脂肪含量影响不显著。处理1的单位冠幅产量、单果重、亚油酸含量最高,其施肥量:N为345 g/株、P为345 g/株、K为345 g/株,施肥比例为N:P:K=1:1:1,水平组合为N₁P₂K₂。处理4的出仁率、不饱和脂肪酸和蛋白质含量最高,其施肥量:N为690 g/株、P为345 g/株、K为0 g/株,施肥比例为N:P:K=2:1:0,水平组合为N₂P₂K₀。处理7脂肪含量、亚麻酸含量最高,其施肥量:N为690 g/株、P为172.5 g/株、K为172.5 g/株,施肥比例为N:P:K=4:1:1,水平组合为N₂P₁K₁。N肥与单位冠幅产量、亚麻酸含量呈显著正相关;P肥与出仁率呈显著正相关,与各品质指标相关性不大;K肥与单位冠幅产量呈显著正相关,与不饱和脂肪酸呈显著负相关。

关键词:核桃;氮磷钾;配方施肥;产量;品质

中图分类号:S664.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2018)06-0113-05

Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Formula Fertilizers
on the Yield and Quality of Walnut Fruit

LIU Du-ling, ZHANG Bo-yong, PENG Shao-bing, LIU Chao-bin*, LI Xing, XUE Zhi-qiang

(College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Effects of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) formula fertilizers on the yield and quality of walnut fruit were studied. Trees of 7-year-old “Liaohe 4”, an early fruiting walnut cultivar were used as experimental materials to be fertilized during its germination period, young fruit development period and shell hardwood forming period. The yield and fruit nutrient content were measured before fruit harvest. The results showed that different N, P and K fertilizations had significant effects on the yield per crown unit, single fruit weight, and kernel rate, but they had no significant effect on the contents of fatty acid, protein and fat. The unit crown yield, fruit weight and linoleic acid content of the treatment 1 were the highest, in which the amounts of fertilizers applied to per tree were N: 345 g, P: 345 g, K: 345 g, fertilization ratio was N: P: K = 1: 1: 1, the combination was N₁P₂K₂. Kernel rate, unsaturated fatty acids and protein content of the treatment 4 were the highest, the amounts of fertilizer to per tree were N: 690 g, P: 345 g, and K: 0 g, fertilization ratio of N: P: K = 2: 1: 0, the combination was N₂P₂K₀. The content of linoleic acid, fat content of the treatment 7 were the highest, the amounts of fertilizer to per tree were N: 690 g, P: 172.5 g, and K: 172.5 g, fertilization ratio was N: P: K = 4: 1: 1, the combination was

收稿日期:2018-01-02 修回日期:2018-03-21

基金项目:陕西省农业攻关项目(2014K01-10-01)。

作者简介:刘杜玲,女,副教授,硕士,研究方向:经济林栽培的理论与技术。E-mail:liudl606@126.com

*通信作者:刘朝斌,男,副教授,研究方向:核桃育种及栽培技术。E-mail:liuchaobin@126.com

$N_2P_1K_1$ 。There was a significant positive correlation between N fertilizer and the unit yield of crown and linolenic acid, a significant positive correlation between P fertilizer and kernel rate, but not significant correlation with each quality index. There was a significantly positive correlation between K fertilizer and unit crown yield, saturated fatty acids showed a significantly negative correlation.

Key words: walnut; NPK; formula fertilization; yield; quality

核桃(*Juglans regia*)是我国重要的经济树种。除具有食用价值外,还具有医疗保健作用^[1-3]。早实核桃具有早果、丰产、收益快等特点,近年来在陕西发展很快。但在实际生产管理中存在施肥不合理或不施肥的现象,导致核仁不饱满,养分含量下降,严重影响了核桃产量和品质的提高,成为核桃生产发展和出口贸易的瓶颈问题。氮磷钾肥对经济林产量及品质形成具有重要的影响,这在杭晚蜜柚(Honey pomelo)^[4]、花椒(*Zanthoxylum bungeanum*)^[5]、苹果(*Malus pumila*)^[6]、枣(*Ziziphus jujuba*)^[7-8]、文冠果(*Xanthoceras sorbifolia*)^[9]、刨花润楠(*Machilus pauhui*)^[10]、葡萄(*Vitis vinifera*)^[11]猕猴桃(*Actinidia chinensis*)^[12]已得到证实。但目前有关核桃配方施肥研究较少^[13],且主要集中在施肥对生长和产量的研究方面。本研究以7年生早实核桃品种辽核4号为试材,根据土壤肥力状况,采用氮(N)、磷(P)、钾(K)配方施肥试验,研究对辽核4号核桃产量、品质影响最佳的N、P、K肥料水平组合、施肥量及其配比,为核桃科学施肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于陕西省商洛市商州区杨峪河镇张底村国家核桃良种基地。海拔900 m,最高温度40.8℃,最低温度-11.8℃。年均气温12.8℃,日照1 860~2 130 h,年均降水量740 mm,无霜期约210 d。试验地向阳背风,管理水平中等。核桃株距为4.5 m,行距为4.5 m,平均株高为5 m,平均胸径为23 cm。园地土壤类型为褐土,土壤有机质为1.12%,土壤全效氮为0.0815%,土壤速效氮为18.38 mg/kg,土壤速效磷为2.16 mg/kg,土壤速效钾为157.37 mg/kg,土壤pH值为7.70。

1.2 试验材料及试验设计

以7年生早实核桃良种“辽核4号”为试材,于2016—2017年以穴状施肥法在核桃萌芽期、幼果发育期和硬核期进行施肥。各时期施肥比例分别为:氮肥5:3:2、磷肥4:3:3、钾肥2:3:5。试验采用“3414”试验方案的部分处理(表1)。每处理3次重复,每重复5株树,采用随机区组排列,并设置保护行。在萌芽前取土样测定土壤养分及pH值,

采果前进行产量调查,果实成熟后采样烘干后测定果实品质指标。供试肥料:尿素(N 46%),重过磷酸钙(P_2O_5 44%),硫酸钾(K_2O 51%)。

表1 核桃施肥试验方案(纯N、P、K量/株)

Table 1 Test scheme for fertilization of walnut
(pure N,P,K Amount/strain)

处理编号	水平组合	N(g)	P(g)	K(g)
1	$N_1P_2K_2$	1(345)	2(345)	2(345)
2	$N_2P_0K_2$	2(690)	0	2(345)
3	$N_2P_3K_2$	2(690)	3(517.5)	2(345)
4	$N_2P_2K_0$	2(690)	2(345)	0
5	$N_1P_1K_2$	1(345)	1(172.5)	2(345)
6	$N_1P_2K_1$	1(345)	2(345)	1(172.5)
7	$N_2P_1K_1$	2(690)	1(172.5)	1(172.5)

1.3 试验方法

1.3.1 土壤采集及养分测定 在施肥前,用土壤采集器按“S”形布设20个采样点,采样点以树干为中心向外延伸到树冠边缘的2/3左右,每株对角采2个点,取土深度为30~40 cm。取样完毕后,将各样点土样混匀,用四分法取土送检测定土壤指标(由西北农林科技大学测试中心测定)。

1.3.2 施肥 基肥采用环状沟施肥法,于2015年秋季果实采收后(9月25日)施入,每株施有机肥35 kg,施肥深度为40~60 cm。追肥采用穴状施肥法,分别于次年核桃萌芽期,幼果发育期,硬核期3个时期施肥,3个时期N、P、K施肥比例分别为:5:3:2、4:3:3和2:3:5,施肥深度为20~30 cm,不同处理N、P、K施肥量见表1。

1.3.3 品质指标测定 果实成熟后,在每处理树同部位东西南北4个方向各采取60个果实,烘干后测定坚果品质指标。将各点采摘的果品进行充分混合、干燥。按四分法取样送检(西北农林科技大学测试中心)测定核仁蛋白质含量、脂肪含量和脂肪酸组成。总蛋白含量采用凯氏定氮法(GB/T5009.5-2010),总脂肪含量的测定采用索氏提取法(GB/T5009.6-2003)测定,脂肪酸组成及含量采用水解提取-气相色谱法(GB/T 22223-2008)测定。

1.3.4 数据处理 采用EXCEL软件进行数据处理;采用SPSS21.0软件进行方差及相关性分析。

2 结果与分析

2.1 氮磷钾配方施肥对核桃产量的影响

从表2中可看出,各处理之间的单位冠幅产量、出仁率、单果重差异显著。单位冠幅产量在95.77~176.91 g/m²,单位冠幅产量最大的是处理1,最小的为处理5;出仁率在54.65%~60.71%,出仁率最高的为处理4,最低的为处理7;单果重在11.71~14.56 g,单果重最大的为处理1,最小的为处理4。

表2 不同施肥处理对核桃产量的影响

Table 2 Yield of walnut under the different fertilizing treatments

处理编号	单位冠幅产量 (g·m ⁻²)	出仁率 /%	单果重 (g·个 ⁻¹)
1	176.91±26.32a	57.37±8.47b	14.56±1.82a
2	153.51±28.74b	57.06±9.67b	12.46±2.17bc
3	136.37±23.46c	58.67±10.52a	12.33±1.88bc
4	129.49±18.75d	60.71±7.26a	11.71±1.73c
5	95.77±22.09g	58.59±9.08a	12.68±2.01b
6	119.14±25.23f	57.36±11.27b	14.26±2.36a
7	123.68±19.26e	54.65±8.31b	13.94±1.92a

注:同列不同字母表示 $P < 0.05$ 水平差异显著。

2.2 氮磷钾配方施肥对核桃品质指标的影响

2.2.1 不同施肥处理对核桃蛋白质、脂肪含量的影响 由表3可知,7个处理核仁蛋白质含量在17.2~20.59 g/100 g,其中,处理4最高(20.59/100 g)。脂肪含量在58.89~69.27 g/100 g,其中处理7最高(69.27 g/100 g)。方差分析结果显示,不同处理

脂肪含量($P = 0.190 > 0.05$)、蛋白质含量($P = 0.756 > 0.05$)差异不显著。

表3 不同施肥处理对核桃蛋白质、脂肪含量影响

Table 3 Effects of different fertilizing treatments on the content of protein and fat in walnut (g/100 g)

处理编号	蛋白质	脂肪
1	17.20	63.63
2	18.53	58.89
3	19.67	62.65
4	20.59	66.91
5	17.67	62.94
6	17.32	68.69
7	17.24	69.27

2.2.2 不同施肥处理对核桃脂肪酸含量的影响 由表4可知,7个处理核仁饱和脂肪酸含量在8.18%~9.48%,不饱和脂肪酸含量在90.52%~91.82%。处理2饱和脂肪酸含量(9.48%)、棕榈酸含量(6.50%)最高,处理6硬脂酸含量(3.20%)最高。处理4不饱和脂肪酸含量(91.82%)最高,处理6油酸含量(18.14%)最高,处理1亚油酸含量(68.38%)最高,处理7亚麻酸含量(11.33%)最高。在不饱和脂肪酸中,油酸含量在14.96%~19.97%,亚油酸含量在69.92%~75.04%,亚麻酸含量在10.02%~12.38%。

方差分析结果表明,各处理饱和脂肪酸、硬脂酸、棕榈酸、油酸、亚麻酸、亚油酸及不饱和脂肪酸含量差异均不显著。

表4 不同施肥处理对核桃脂肪酸含量的影响

Table 4 Effects of different fertilizing treatments on the content of fatty acids in walnut

处理编号	脂肪酸组分/%						
	饱和脂肪酸			不饱和脂肪酸			
	棕榈酸	硬脂酸	总计	油酸	亚油酸	亚麻酸	总计
1	5.84	3.04	8.88	13.61	68.38	9.13	91.12
2	6.50	2.98	9.48	13.79	66.47	10.26	90.52
3	5.98	3.09	9.07	14.83	65.74	10.36	90.93
4	5.56	2.62	8.18	15.71	65.5	10.61	91.82
5	5.99	3.15	9.14	15.72	64.98	10.16	90.86
6	6.04	3.20	9.24	18.14	63.46	9.16	90.76
7	5.62	2.88	8.50	14.54	65.63	11.33	91.50
显著性(P)	0.187	0.268	0.150	0.242	0.765	0.754	0.150

2.3 N、P、K与核桃产量及品质指标的相关性分析

2.3.1 N、P、K与核桃产量指标的相关性 从表5中可看出,核桃出仁率与P肥呈极显著正相关,相关系数为0.838;与N肥呈不显著正相关,相关系数为0.255;与K肥呈不显著负相关,相关系数为-0.452。核桃单位冠幅产量与K肥呈极显著正相关,相关系数为0.901;与N肥呈显著正相关,相关系数为

0.554;与P肥呈不显著负相关,相关系数为-0.291。

表5 N、P、K与核桃产量指标的相关性

Table 5 Correlation between N,P,K and walnut yield index

产量指标	N	P	K
出仁率/%	0.255	0.838**	-0.452
单位冠幅产量/(g·m ⁻²)	0.554*	-0.291	0.901**

注: * 表示极显著相关($P < 0.01$), * 表示显著相关($P < 0.05$)。下同。

2.3.2 N、P、K 与核桃品质指标的相关性分析 由表 6 知, N 与亚麻酸之间呈显著正相关, 相关系数为 0.821, 与蛋白质含量呈正相关, 相关系数为 0.637,

其他品质指标相关性不大。P 与各品质指标相关性不大。K 与不饱和脂肪酸呈显著性负相关, 相关系数为 0.758, 与脂肪呈负相关, 相关系数为 -0.733。

表 6 N、P、K 与核桃品质指标的相关性

Table 6 Correlation between N,P,K and walnut quality index

处理	油酸	亚油酸	亚麻酸	不饱和脂肪酸	蛋白质	脂肪
N	-0.161	-0.185	0.821*	0.261	0.637	-0.04
P	0.284	-0.069	-0.265	0.284	0.337	0.31
K	-0.458	0.406	-0.306	-0.758*	-0.389	-0.733

3 结论与讨论

本研究表明, 不同 N、P、K 施肥处理对核桃单位冠幅产量、单果重、出仁率影响显著, 对饱和脂肪酸含量、不饱和脂肪酸含量、蛋白质含量、脂肪含量影响不显著。

处理 1 的单位冠幅产量(176.91 g/m²)、单果重(14.56)、亚油酸含量(68.38%)最高, 其施肥量是: N 为 345 g/株、P 为 345 g/株、K 为 345 g/株, 施肥比例为 N : P : K = 1 : 1 : 1, 水平组合为 N₁P₂K₂。说明在中等水平的 P、K 条件下, 较低水平的 N 肥及 N、P、K 施肥量相等的情况下能显著提高核桃产量及亚油酸含量。这与李志国^[12]在猕猴桃、梁智^[13]等在核桃、柴仲平^[7]在枣上的研究结果基本一致。

已有研究表明, N 肥是影响核桃出仁率、核仁脂肪含量和蛋白质含量的主要肥料^[14]。适量施 N 对核桃坚果出仁率、核仁粗蛋白含量存在正效应^[15]。本研究表明, 处理 4 的出仁率(60.71%)、不饱和脂肪酸(91.82%)和蛋白质含量(20.59 g/100 g)最高, 其施肥量是 N 为 690 g/株、P 为 345 g/株、K 为 0 g/株, 施肥比例为 N : P : K = 2 : 1 : 0, 水平组合为 N₂P₂K₀。该结果与前人研究结果基本一致, 说明施 N 较多、施 P 在中等水平下, 不施 K 肥核桃出仁率、不饱和脂肪酸含量及蛋白质含量仍然较高, 可见 K 肥对其影响不大, 也可能与试验地土壤速效钾含量(157.37 mg/kg)较高有关, 其原因有待于进一步探究。

处理 7 脂肪含量(69.27 g/100 g)、亚麻酸含量(11.33%)最高, 其施肥量是 N 为 690 g/株、P 为 172.5 g/株、K 为 172.5 g/株, 施肥比例为 N : P : K = 4 : 1 : 1, 水平组合为 N₂P₁K₁。说明施 N 肥较多、P 和 K 在较低水平下, 有利于脂肪和亚麻酸的合成。郭向华^[14]的研究表明, N 肥是核桃核仁脂肪含量的主要肥料, 本研究结果与其相似。

本研究还表明, N 肥与单位冠幅产量、亚麻酸含量呈显著正相关; P 肥与出仁率呈显著正相关, 与各品质指标相关性不大; K 肥与单位冠幅产量呈显著

正相关, 与不饱和脂肪酸呈显著负相关。说明 N、P、K 肥对核桃产量均有显著影响, 这与常志帅^[15]、陈虹^[16]、梁智^[13]等在核桃上的研究结果基本一致。N 肥与核仁亚麻酸含量关系密切, 说明适当增施 N 肥, 其亚麻酸含量越高。P 肥对核桃品质影响较小, 说明 P 肥使用量与核桃品质关系不大。K 肥与不饱和脂肪酸呈显著负相关, 说明增施 K 肥, 不饱和脂肪酸含量会降低, 其原因还有待于进一步探究。

参考文献:

- [1] 李敏, 刘媛, 孙翠, 等. 核桃营养价值研究进展[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(6): 166-170.
- [2] LI M, LIU Y, SUN C, et al. Research progress on nutritional value of walnuts[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(6): 166-170. (in Chinese)
- [3] 赵登超, 侯立群, 韩传明. 我国核桃新品种选育研究进展[J]. 经济林研究, 2010, 28(1): 118-121.
- [4] ZHAO D C, HOU L Q, HAN C M. Advances in research on new variety breeding of walnut in China[J]. Nonwood Forest Research, 2010, 28(1): 118-121. (in Chinese)
- [5] 徐效圣, 傅力, 李建飞, 等. 鲜核桃营养成分分析及风味物质 GC-MS 研究[J]. 食品工业, 2012, 33(11): 188-190.
- [6] XU X S, FU L, LI J F, et al. Main nutritional components of fresh walnut and GC-MS analysis of volatile[J]. Food Industry, 2012, 33(11): 188-190. (in Chinese)
- [7] 李月娥, 刘福喜, 谢天永, 等. 施肥量对杭晚蜜柚初结果树产量与果实品质的影响[J]. 福建果树, 2008(12): 24-25.
- [8] 孟庆翠, 刘淑明, 孙丙寅. 配方施肥对花椒产量的影响[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(3): 105-108.
- [9] MENG Q C, LIU S M, SUN B Y. The effect of balanced fertilization on yield of *Zanthoxylum bungeanum* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(3): 105-108. (in Chinese)
- [10] 席瑞卿, 赵晓进, 张考学, 等. 不同施肥水平对苹果产量、品质及养分平衡的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(2): 141-145.
- [11] XI R Q, ZHAO X J, ZHANG K X, et al. Effect of different fertilizing level on yield and quality and nutrient equilibrium of apple[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2010, 19(2): 141-145. (in Chinese)
- [12] 柴仲平, 王雪梅, 孙霞, 等. 不同氮磷钾配比滴灌对灰枣产量与品质的影响[J]. 果树学报, 2011, 28(2): 229-233.
- [13] CHAI Z P, WANG X M, SUN X, et al. Influence of N, P, K

- with drip irrigation on yield and fruit quality of huizao jujube [J]. Journal of Fruit Science, 2011, 28(2): 229-233. (in Chinese)
- [8] 刘璇,王渭玲,徐福利,等.黄土丘陵区梨枣树氮、磷、钾施肥效应与施肥模式[J].林业科学,2013,49(2):21-26.
- LIU X,WANG W L,XU F L,*et al.* Effects and models of N, P, K fertilization for *Ziziphus Jujuba* cv. Lizao trees in loess hilly region[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2013, 49(2): 21-26. (in Chinese)
- [9] 魏典典,张刚,刘淑明.配方施肥对文冠果光合作用的影响[J].西北林学院学报,2014,29(3):27-31.
- WEI D D,ZHANG G,LIU S M. Effect of fertilization with formula on photosynthesis of *Xanthoceras sorbifolia* [J]. Journal of Northwest Forestry University,2014,29(3):27-31. (in Chinese)
- [10] 胡厚臻,侯文娟,潘启龙,等.配方施肥对刨花润楠幼苗生长和光合生理的影响[J].西北林学院学报,2015,30(6):39-45.
- HU H Z,HOU W J,PAN Q L,*et al.* Effects of formulated fertilization on the growth and photosynthetic physiology of *Machilus pauhui* seedlings[J]. Journal of Northwest Forestry University,2015,30(6):39-45. (in Chinese)
- [11] 陈丽楠,刘秀春,王炳华.优化配方施肥对葡萄产量及品质的影响[J].中国果树,2014(2):33-36.
- [12] 李志国,曾华,聂新星,等.施用不同氮、磷、钾肥和有机肥对‘红阳’猕猴桃生长及产量的影响[J].植物科学学报,2015,33(1):98-108.
- LI Z G,ZENG H,NIE X X,*et al.* Effect of different N,P,K and organic fertilization rates on growth and yield of actinidia chinensis‘Hongyang’ [J]. Plant Science Journal, 2015, 33(1): 98-108. (in Chinese)
- [13] 梁智,邹耀湘,张计峰.新疆南疆核桃树氮磷钾肥料效应试验研究[J].新疆农业科学,2010,47(5):958-963.
- LIANG Z,ZOU Y X,ZHANG J F. Effect of N,P and K fertilizers on walnut tree in Southern Xinjiang[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2010, 47(5): 958-963. (in Chinese)
- [14] 郭向华.主要矿质元素含量与早实核桃产量质量的关系[D].石家庄:河北农业大学,2006.
- [15] 常志帅.盛果期新温185号核桃根施氮磷钾肥的几种生物学效应研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2014.
- [16] 陈虹,董玉芝,朱小虎,等.新疆早实核桃品种测土配方施肥肥效试验初报[J].新疆农业科学,2010,47(8):584-589.
- CHEN H,DONG Y Z,ZHU X H,*et al.* Preliminary discussion on the effects of fertilizer experiment with “3414” design in precocious walnut [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2010, 47(8): 584-589. (in Chinese)

(上接第 112 页)

- [13] 王华.葡萄与葡萄酒试验技术操作规范[M].西安:西安地图出版社,1990.
- [14] GB 5009.93-2010,食品安全国家标准;食品中硒的测定[S].
- [15] 谭周磁,陈平,陈嘉勤,等.硒在水稻上的应用Ⅲ.稻田土壤硒含量及施硒对水稻产量与米质的影响[J].湖南师范大学自然科学学报,1997,20(3):63-66.
- TAN Z C,CHEN P,CHEN J Q,*et al.* Applied research of Se on riceⅢ. research of influence on rice-production and qualitative of Se content of rice-field soil and by applying Se[J]. Acta Sci. Nat. Univ. Norm. Hunan, 1997, 20 (3): 63-66. (in Chinese)
- [16] 胡秋辉,杨方美,潘根兴,等.喷施硒对大豆品质和大豆食品硒水平的影响[J].中国油料作物学报,2001,23(3):43-46.
- HU Q H,YANG F M,PAN G X,*et al.* Influence of foliar application of selenium on seed quality and selenium levels of soybean food[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2001, 23(3):43-46. (in Chinese)
- [17] 张艳玲,潘根兴,胡秋辉,等.叶面喷施硒肥对低硒土壤中大豆不同蛋白组成及其硒分布的影响[J].南京农业大学学报,2003(1):37-40.
- ZHANG Y L,PAN G X,HU Q H,*et al.* Effect of foliar application of selenium on composition and selenium content of seed proteins of soybean grown in a low-Se soil[J]. Journal of Nanjing Agricultural University,2003(1):37-40. (in Chinese)
- [18] 高德凯,梁银丽,李文平,等.叶面喷施富硒肥对冬枣营养品质的影响及相关性分析[J].北方园艺,2015(13):37-39.
- GAO D K,LIANG Y L,LI W P,*et al.* Effect of spraying Se fertilizer on *Zizyphus jujuba* cv. Dongzao nutritional quality and its correlation analysis[J]. Northern Horticulture, 2015 (13):37-39. (in Chinese)
- [19] 王宝枝,王茂广.富硒金丝小枣的开发与培育[J].北方果树,2007(3):75-76
- [20] 万洪富.生态环境中的硒及植物对它的吸收和转换[J].土壤学进展,1988,16(6):541-546.
- [21] 彭耀湘,陈正法.硒的生理功能及富硒水果的开发利用[J].农业现代化研究,2007,28(3):381-384.
- PENG Y X,CHEN Z F. Physiological function of selenium and development utilization of rich selenium fruits[J]. Research of Agricultural Modernization, 2007, 28 (3): 381-384. (in Chinese)