

硒肥对覆膜花生生育及产量性状的影响

陈勇生,何慧怡,齐永文,劳方业

(广东省科学院 生物工程研究所,广东 广州 510316)

摘要:研究不同生育时期叶面喷施硒肥试验对不同花生品种生育及产量性状的影响,为富硒花生高产高效栽培技术提供参考。在田间覆膜条件下,采用二因素裂区试验设计,在不同施用时期对3个花生品种喷施液体硒肥。喷施液体硒肥对3个花生品种的生育性状影响都不大。在产量性状方面,硒肥施用时期和品种的互作效应不显著;不同施用时期下,开花期和饱果期2个时期平均施入效果最好,其花生植株的单株生产力和饱果率显著或极显著高于对照;不同品种方面,花育16号在百仁质量、百果质量、饱果率、单株果数和单株生产力这5个性状上都显著或极显著高于鲁花4号,而且花育16号的百果质量还显著高于黑玉珍,不同花生品种产量性状优劣顺序为花育16号>黑玉珍>鲁花4号。建议在实际工作中,可以根据不同的花生品种采取相适应的配套硒肥施用技术,以达到最佳的节本增效目标。

关键词:花生;硒肥;品种;生育性状;产量性状

中图分类号:S143.7;S565.01 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2020)增刊-0268-06

doi:10.7668/hbxb.20190926



Effects of Selenium Fertilizer on Growth and Yield Characteristics of Peanut with Plastic Film

CHEN Yongsheng, HE Huiyi, QI Yongwen, LAO Fangye

(Institute of Bioengineering, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510316, China)

Abstract: The influences of selenium fertilizer application by foliar spraying method in different growth stages on growth and yield characteristics for peanut of different varieties were studied to provide some reference for high yield and high efficiency cultivation techniques of peanut enriched with selenium. The experiment of spraying liquid selenium fertilizer in different growth stages on the 3 peanut varieties with plastic film under field conditions was carried out, using two-factor split plot design. Spraying liquid selenium fertilizer had little effect on all the growth characteristics of the 3 peanut varieties. For yield characteristics, the interaction between selenium fertilizer applying time and variety was not significant; Under different applying time, both the productivity and the plump pod rate per plant of average application in flowering and full fruit stages were significantly or very significant higher than CK; For different varieties, the 100-kernel weight, the 100-pod weight, the plump pod rate, the number per plant and the productivity per plant of Huayu 16 were all significantly or very significantly higher than those of Luhua 4, what's more, the 100-pod weight of Huayu 16 was also significantly higher than that of Heiyuzhen, and the peanut yield characteristics of different varieties could be increased as the following sequence: Huayu 16 > Heiyuzhen > Luhua 4. It is suggested that suitable matching application technologies of selenium fertilizer should be adopted according to different peanut varieties in order to have the best effect on decreasing cost and increasing benefit in practice.

Key words: Peanut; Selenium fertilizer; Variety; Growth characteristic; Yield characteristic

硒具有抗氧化性等许多重要的生理功能^[1-4], 被科学家誉为“生命的火种”、“具有保健作用的神

收稿日期:2020-03-17

基金项目:国家重点研发计划(2018YFD1000503);广东省科学院建设国内一流研究机构行动专项资金(2019GDASYL-0104013);广东省农业科技特派员项目

作者简介:陈勇生(1980-),男,河南信阳人,高级农艺师,硕士,主要从事生物育种研究。

通讯作者:齐永文(1978-),男,河南新乡人,研究员,博士,主要从事生物育种研究。

奇矿物”^[5]。人体缺硒会造成多种疾病,但由于硒在地壳中的分布不均匀,造成动植物的食品中硒含量存在地区性及地带性差异,地区间人体中存在硒摄入量不足^[6-7]。因此,目前富硒食品已成为食品研究开发的热点之一^[8-10]。自1973年世界卫生组织(WHO)宣布硒是人体必需的14种微量元素之一以来,国内外相关科研机构已对其进行了大量研究,包括硒的测定与分析^[8-11]、硒对作物的生长影响^[12-17]等。

其中,硒肥对花生生长影响的研究^[13-17]已经较多。张小红等^[16]研究表明,喷施液体硒肥对黑花生的生物学性状影响不大,但可提高黑花生产量和品质,钟莉传等^[17]研究结果显示,不同时期施用硒肥对花生产量提高顺序为结荚期>始花下针期>饱果期>CK(不施硒肥)>3个时期平均施用。但试验花生大多采取盆(桶)栽方式或在大田没有盖膜条件下,而关于硒肥对覆膜花生生长影响的研究则鲜有报道。本试验研究了在大田盖膜条件下,叶面喷施硒肥对3个花生品种生育及产量性状的影响,目的在于为富硒花生种植技术提供参考。

1 材料和方法

1.1 参试材料

供试硒肥为西北农林科技大学研制的“绿维康”牌有机液体硒肥(有机硒(Se)≥60 g/L);供试花生材料为鲁花4号、花育16号和黑玉珍。

1.2 试验设计

试验于2019年4-8月在广东省科学院生物工程研究所广州本部试验地进行。采用二因素裂区试验设计,主处理A为3个硒肥施用时期处理,分别为:A1(不施用硒肥的空白对照,CK)、A2(开花期全部施入,硒肥总施用量为9 000 mL/hm²)、A3:(开花期和饱果期2个时期平均施入);采用叶面喷施方式,在花生开花期-饱果期,按试验设计将硒肥以

1:500兑水后分别于5月10日、6月28日对相应小区喷施;副处理为品种,分别以B1、B2和B3表示花生品种鲁花4号、花育16号和黑玉珍;试验重复3次,共27个小区。硒肥喷施时间选在8:00-10:00,天气无风阴天或晴天,喷施时叶面正反两面都尽量均匀布满雾珠,压低喷头并采取遮挡措施,以避免各小区硒肥喷施飘移影响结果。

试验花生穴播,种植方式为起垄地膜覆盖栽培,行株距为30 cm×15 cm,每穴2粒,每个小区6穴。垄宽100 cm,垄面60 cm,人工覆膜,然后在膜上均匀撒一层土,土层厚1~2 cm,4月3日打孔播种,按设定行距精播健壮种子,同时播种预备苗,以便缺穴的地方及时移栽预备苗,保证所有小区皆达到预定留苗密度。其他栽培管理同一般大田,8月12日收获时取样考种并测产。

1.3 测定项目与方法

花生收获时,调查生育性状指标(主茎高、分枝数、侧枝长)、产量性状指标(百仁质量、百果质量、饱果率、单株果数和单株生产力),其中:主茎高是从主茎上第1对侧枝分生处到主茎顶端展开叶叶节(叶枕处)的长度。侧枝长是第1对侧枝中最大的1个侧枝长度,即由主茎与第1对侧枝连接处到侧枝顶端展开叶的叶节长度。

1.4 数据处理

采用硒肥施用时期为主处理A、品种为副处理B的裂区试验统计模型^[18],主(副)处理多重比较采用Duncan新复极差法,处理组合多重比较采用LSD法。

2 结果与分析

2.1 产量性状

从表1可知,主处理A之间在饱果率和单株生产力方面存在显著差异,而副处理B之间在百仁质量、百果质量、饱果率、单株果数和单株生产力这5个性状上都差异显著或极显著。

表1 各产量性状的方差分析

Tab.1 Variance analysis of every yield traits

变异来源 Source of variation	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square				
		百仁质量/g 100-kernel weight	百果质量/g 100-pod weight	饱果率/% Plump pod rate	单株果数 Number per plant	单株生产力/g Productivity per plant
区组 Among parents	2	386.83	2 107.8	38.83	10.951	45.453
主处理 A Main plot A	2	162.67	923.8	783.32*	8.512	12.895*
误差 Error	4	28.14	219.8	63.20	1.455	1.794
副处理 B Split plot B	2	200.27*	1 512.5**	499.81**	10.658**	18.200*
A×B	4	65.46	122.6	111.96	1.047	9.731
误差 Error	12	30.01	137.2	40.64	1.487	4.595
总变异 Total variation	26					

注:*.P<0.05; **.P<0.01。

进一步比较主处理之间的各产量性状(表 2),结果表明,在饱果率方面,主处理 A3 极显著高于对照 A1, A2 介于 A1 和 A3 之间,而且 A2 与

A1 之间、A2 与 A3 之间均无明显差异;在单株生产力方面, A2 和 A3 都显著高于对照,但 A2 与 A3 差异不显著。

表 2 主处理 A 间各产量性状比较

Tab. 2 Comparison among the main plots A on the yield traits

处理 Treatment	百仁质量/g 100-kernel weight	百果质量/g 100-pod weight	饱果率/% Plump pod rate	单株果数 Number per plant	单株生产力/g Productivity per plant
A1	70.8 ± 8.17aA	142.6 ± 21.8aA	69.5 ± 9.27bB	8.24 ± 1.13aA	7.89 ± 2.66bA
A2	78.4 ± 9.88aA	160.5 ± 20.6aA	78.1 ± 12.60abAB	9.09 ± 2.01aA	10.10 ± 2.74aA
A3	71.3 ± 8.62aA	159.8 ± 19.6aA	88.2 ± 6.28aA	7.15 ± 1.89aA	9.83 ± 3.73aA

注:同列数据后不同小写和大写字母分别表示差异显著($P < 0.05$)和极显著($P < 0.01$);平均值后列出标准差值。表 3-8 同。

Note: Data followed different small and capital letters indicated significant differences at 0.05 and 0.01 levels, respectively; Standard deviation after average. The same as Tab. 3-8.

表 3 对副处理 B 之间的产量性状进行了比较分析,结果显示, B2 品种在百仁质量、百果质量、饱果率、单株果数和单株生产力这 5 个性状上都显著或极显著高于 B1 品种,而且 B2 品种的百果质量还显著高

于 B3 品种,但在其余 4 个性状方面,与 B3 品种差异不显著;另一方面, B3 与 B1 之间,前者的百仁质量、饱果率和单株果数都显著高于后者,而在百果质量和单株生产力方面,二者差异不显著。

表 3 副处理 B 间各产量性状比较

Tab. 3 Comparison among the split plots B on yield traits

处理 Treatment	百仁质量/g 100-kernel weight	百果质量/g 100-pod weight	饱果率/% Plump pod rate	单株果数 Number per plant	单株生产力/g Productivity per plant
B1	68.4 ± 7.76bB	142.2 ± 20.2bB	70.6 ± 12.7bB	6.92 ± 1.96bB	7.76 ± 2.85bA
B2	77.6 ± 9.76aA	168.0 ± 15.1aA	85.4 ± 6.42aA	8.94 ± 1.44aA	10.60 ± 2.12aA
B3	74.5 ± 8.59aAB	152.7 ± 22.3bAB	79.8 ± 12.30aAB	8.62 ± 1.56acAB	9.44 ± 3.82abA

同一主处理 A 内不同副处理 B 的多重比较结果(表 4-6)表明,在 A1 不施晒肥和 A2 晒肥施用条件下,以种植 B2 品种的产量性状最好;在 A3 晒

肥施用条件下,种植 B2 品种的百果质量和单株果数最优,种植 B3 品种的百仁质量和单株生产力最优。

表 4 主处理 A1 下各品种间产量性状比较

Tab. 4 Comparison of the different varieties on yield traits under the main plot A1

处理 Treatment	百仁质量/g 100-kernel weight	百果质量/g 100-pod weight	饱果率/% Plump pod rate	单株果数 Number per plant	单株生产力/g Productivity per plant
B1	68.5 ± 9.13aA	135.5 ± 24.3bB	60.3 ± 5.00bB	7.41 ± 1.48aA	7.53 ± 3.66aA
B2	74.5 ± 7.94aA	158.4 ± 8.47aA	77.6 ± 2.54aA	8.80 ± 0.65aA	8.92 ± 2.01aA
B3	69.5 ± 9.47aA	133.9 ± 26.00bB	70.7 ± 9.16aAB	8.50 ± 0.93aA	7.21 ± 2.90aA

表 5 主处理 A2 下各品种间产量性状比较

Tab. 5 Comparison of the different varieties on yield traits under the main plot A2

处理 Treatment	百仁质量/g 100-kernel weight	百果质量/g 100-pod weight	饱果率/% Plump pod rate	单株果数 Number per plant	单株生产力/g Productivity per plant
B1	71.5 ± 6.81bB	146.3 ± 17.7bB	65.8 ± 8.47cB	8.22 ± 2.18aA	9.10 ± 3.05aA
B2	87.1 ± 9.98aA	176.4 ± 22.7aA	90.9 ± 2.94aA	9.71 ± 2.02aA	12.20 ± 1.85aA
B3	76.6 ± 7.53bAB	158.7 ± 13.4abAB	77.7 ± 8.66bAB	9.34 ± 2.35aA	8.89 ± 2.64aA

表 6 主处理 A3 下各品种间产量性状比较

Tab. 6 Comparison of the different varieties on yield traits under the main plot A3

处理 Treatment	百仁质量/g 100-kernel weight	百果质量/g 100-pod weight	饱果率/% Plump pod rate	单株果数 Number per plant	单株生产力/g Productivity per plant
B1	65.1 ± 8.95bA	145.0 ± 25.00bA	85.9 ± 2.07aA	5.12 ± 0.78bB	6.64 ± 2.29bB
B2	71.4 ± 3.37abA	169.3 ± 9.16aA	87.7 ± 2.09aA	8.30 ± 1.51aA	10.60 ± 1.51aAB
B3	77.3 ± 9.65aA	165.3 ± 17.70abA	90.9 ± 11.40aA	8.02 ± 1.44aAB	12.20 ± 4.85aA

主处理 A × 副处理 B 交互作用不显著(表 1), 说明不同副处理 B(品种)对不同主处理 A(硒肥施用时期)的表现基本一致。结合表 7 结果可知, 对于本次试验的 3 个品种来说, 均表现 A2 或 A3 硒肥施用时期的饱果率显著或极显著高于对照 A1 不施硒肥;

另外, B2 品种在 A2 硒肥施用时期的百仁质量和百果质量还显著高于对照 A1 不施硒肥, 而 B3 品种在 A3 硒肥施用时期的百果质量和单株生产力亦极显著高于对照 A1 不施硒肥。

表 7 不同处理组合的花生产量性状结果

Tab. 7 Results of the yield traits under different treatment combinations

处理 Treatment	百仁质量/g 100-kernel weight	百果质量/g 100-pod weight	饱果率/% Plump pod rate	单株果数 Number per plant	单株生产力/g Productivity per plant
A1B1	68.5 ± 9.13bcB	135.5 ± 19.8dD	60.3 ± 5.00dD	7.41 ± 1.48bAB	7.53 ± 3.66bcAB
A1B2	74.5 ± 7.94bcAB	158.4 ± 6.9bcABC	77.6 ± 2.54bcABC	8.80 ± 0.65abA	8.92 ± 2.01abcAB
A1B3	69.5 ± 9.47bcB	133.9 ± 21.3dD	70.7 ± 9.16cdBCD	8.50 ± 0.93abA	7.21 ± 2.90bcB
A2B1	71.5 ± 6.81bcB	146.3 ± 14.4cdBCD	65.8 ± 8.47dCD	8.22 ± 2.18abA	9.10 ± 3.05abcAB
A2B2	87.1 ± 9.98aA	176.4 ± 18.5aA	90.9 ± 2.94aA	9.71 ± 2.02aA	12.20 ± 1.85aA
A2B3	76.6 ± 7.53bAB	158.7 ± 11.0bcABC	77.7 ± 8.66bcABC	9.34 ± 2.35abA	8.89 ± 2.64abcAB
A3B1	65.1 ± 8.95cB	145.0 ± 20.4cdCD	85.9 ± 2.07abAB	5.12 ± 0.78cB	6.64 ± 2.29cB
A3B2	71.4 ± 3.37bcB	169.3 ± 7.5abA	87.7 ± 2.09abA	8.30 ± 1.51abA	10.60 ± 1.51abAB
A3B3	77.3 ± 9.65bAB	165.3 ± 14.4abAB	90.9 ± 11.40aA	8.02 ± 1.44abA	12.20 ± 4.85aA

处理组合间多重比较结果(表 7)表明, 本试验最好的处理组合是 A2B2, 其各产量性状值均表现最高, 其次为 A3B3 和 A3B2。

值得一提的是, 对表 7 中处理组合的这 5 个产量性状计算它们的简单相关系数发现, 百仁质量、百果质量对单株生产力的影响较大, 它们与单株生产力之间的简单相关系数分别为 0.817 8, 0.876 3, 并且都达到 0.05 显著水平。另一方面, 饱果率与单

株果数之间的简单相关系数为 0.043 0, 说明它们之间关系较小。

2.2 生育性状

本次试验中主(副)处理之间在主茎高、分枝数、侧枝长等生育性状方面均无显著差异, 结合表 8 可知, 9 个处理组合主茎高介于 54.8 ~ 66.3 cm、一次分枝数介于 4.9 ~ 6.3, 二次分枝数介于 2.8 ~ 5.3, 侧枝长介于 61.3 ~ 71.3。

表 8 不同处理组合和主(副)处理的花生生育性状结果

Tab. 8 Results of the yield traits under different treatment combinations and treatments

处理组合或处理 Treatment combination or treatment	主茎高/cm Stem height	一次分枝数 The 1st branch No. per plant	二次分枝数 The 2nd branch No. per plant	侧枝长/cm Branch length
A1B1	58.0 ± 3.71	5.2 ± 0.93	3.7 ± 2.87	68.0 ± 12.10
A1B2	62.7 ± 9.31	5.0 ± 0.00	3.6 ± 0.21	67.8 ± 4.96
A1B3	54.8 ± 7.76	6.0 ± 0.67	4.8 ± 1.00	63.2 ± 6.62
A2B1	59.7 ± 13.30	5.3 ± 0.58	2.8 ± 0.29	63.7 ± 8.26
A2B2	56.3 ± 6.73	5.3 ± 0.38	3.7 ± 0.70	61.3 ± 1.89
A2B3	62.0 ± 9.05	5.9 ± 0.63	5.3 ± 0.90	70.1 ± 10.40
A3B1	61.4 ± 8.57	5.2 ± 0.25	3.5 ± 0.73	66.0 ± 4.11
A3B2	66.3 ± 7.37	4.9 ± 0.10	3.5 ± 0.16	71.3 ± 7.65
A3B3	55.8 ± 3.75	6.3 ± 1.24	4.9 ± 2.60	64.6 ± 2.08
A1	58.5 ± 7.21	5.4 ± 0.74	4.0 ± 1.64	66.4 ± 7.69
A2	59.3 ± 9.07	5.5 ± 0.54	3.9 ± 1.21	65.0 ± 7.77
A3	61.2 ± 7.49	5.5 ± 0.87	4.0 ± 1.51	67.3 ± 5.42
B1	59.7 ± 8.27	5.2 ± 0.57	3.4 ± 1.54	65.9 ± 7.00
B2	61.8 ± 8.10	5.1 ± 0.25	3.6 ± 0.39	66.8 ± 6.39
B3	57.5 ± 7.11	6.0 ± 0.79	5.0 ± 1.48	66.0 ± 7.83

此外, 对表 8 中处理组合的这 4 个生育性状计算它们的简单相关系数发现, 主茎高与侧枝长、一次分枝数与二次分枝数之间的简单相关系数分别为

0.811 0, 0.828 0, 并且都达到 0.05 显著水平, 另一方面, 主茎高与一次分枝数、二次分枝数之间的简单相关系数分别为 -0.627 7, -0.351 9, 说明花生植

株随着主茎高度增加,其侧枝长也增加,但一次分枝数与二次分枝数则相应减少。

3 结论与讨论

地膜覆盖栽培花生单位面积产量,与同等条件下不覆膜相比,年均每公顷可增产花生 1 491.75 kg,增产增收效果显著^[19]。以上结果表明,在本试验条件下,叶面喷施液体硒肥对覆膜花生的主茎高、分枝数、侧枝长等生育性状影响不大,但在产量性状方面,可进一步提高覆膜花生的饱果率和单株生产力,而百仁质量、百果质量和单株果数则所受影响较小。具体来说,开花期和饱果期 2 个时期平均施入效果最好,其花生植株的单株生产力和饱果率分别显著或极显著高于对照,其次是开花期全部施入,其花生植株的单株生产力显著高于对照,其余性状则与对照差异不明显。

另外,从上述试验结果还可以看出,不同花生品种在百仁质量、百果质量、饱果率、单株果数和单株生产力等产量性状方面对不同硒肥施用时期的反应基本一致,但略有差异。

其中,鲁花 4 号和花育 16 号均为普通型直立大花生^[20-21],种皮粉红色。前者在开花期全部施入硒肥的情况下,其植株的这 5 个产量性状与对照差异不大;在开花期和饱果期 2 个时期平均施入硒肥的情况下,其产量性状中的饱果率力较对照极显著增加,但单株果数却较对照显著下降,而余下 3 个性状与不施硒的差异不大。

花育 16 号则在开花期全部施入硒肥的情况下,其植株的这 5 个产量性状都表现最好,其中百仁质量、百果质量和饱果率均显著高于对照,而在开花期和饱果期 2 个时期平均施入硒肥时,除植株的百果质量和饱果率均极显著高于对照外,其余 3 个性状与对照差异不显著。

黑玉珍为黑花生,在开花期全部施入硒肥以及开花期和饱果期 2 个时期平均施入硒肥的情况下,其植株的百果质量都极显著高于对照,而且在 2 个时期平均施入硒肥时,植株的饱果率和单株生产力亦极显著高于对照。

朱薇等^[22]研究表明,在同等施硒条件下,花生的产量指标表现出一定的品种间差异,本试验结果与上述结论一致。因此,在实际工作中,可以根据不同的花生品种采取相适应的硒肥施用技术,以达到最佳的节本增效目标。当然,以上仅是一年的春花花生试验结果,建议做进一步的多年多点试验和示范。

参考文献:

[1] Rotruck J T, Pope A L, Ganther H E, Swanson A B, Hafeman D G, Hoekstra W G. Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase [J]. *Science*, 1973, 179 (4073): 588 - 590. doi: 10.1126/science.179.4073.588.

[2] Foster L H, Sumar S. Selenium in health and disease: a review [J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1997, 37(3): 211 - 228. doi: 10.1080/10408399709527773.

[3] Ellis D R, Salt D E. Plant, selenium and human health [J]. *Current Opinion in Plant Biology*, 2003, 6(3): 273 - 279. doi: 10.1016/S1369-5266(03)00030-X.

[4] Rayman M P. The importance of selenium to human health [J]. *The Lancet*, 2000, 356(9225): 233 - 241. doi: 10.1016/S0140-6736(00)02490-9.

[5] 罗世炜, 张孟琴, 吴永尧. 植物硒的研究与利用 [J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(14): 4087 - 4088. doi: 10.13989/j.cnki.0517-6611.2007.14.003.

Luo S W, Zhang M Q, Wu Y R. Research and utilization of selenium in plants [J]. *Journal of Anhui Agri Sci*, 2007, 35(14): 4087 - 4088.

[6] 郑达贤, 李日邦, 王五一. 初论世界低硒带 [J]. *环境科学学报*, 1982, 2(3): 241 - 250. doi: 10.13671/j.hjkb.1982.03.008.

Zheng D X, Li R B, Wang W Y. A preliminary exposition on low-selenium zone in the world [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1982, 2(3): 241 - 250.

[7] 吴求亮, 杨玉爱, 谢正苗, 朱岩. 微量元素与生物健康 [M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2000: 1 - 20.

Wu Q L, Yang Y A, Xie Z M, Zhu Y. Trace elements and biological health [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Press, 2000: 1 - 20.

[8] 刘兴艳, 马建华, 朱静平, 周浩. 食品中硒的分析进展 [J]. *微量元素与健康研究*, 2005, 22(1): 26 - 28. doi: 10.3969/j.issn.1005-5320.2005.01.013.

Liu X Y, Ma J H, Zhu J P, Zhou H. Progress of the determination and speciation analysis in selenium food [J]. *Studies of Trace Elements and Health*, 2005, 22(1): 26 - 28.

[9] 张坤, 彭科怀, 杨长晓. 原子荧光法测定食品中的硒 [J]. *中国卫生检验杂志*, 2010, 20(8): 1915 - 1917.

Zhang K, Peng K H, Yang C X. Determination of selenium in food by atomic fluorescence spectrometry [J]. *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*, 2010, 20(8): 1915 - 1917.

[10] 杨玉玲, 刘元英. 食品中硒的测定和形态分析进展 [J]. *中国调味品*, 2013, 38(6): 1 - 5.

Yang Y L, Liu Y Y. Determination and speciation analysis progress of selenium in food [J]. *China Condiment*, 2013, 38(6): 1 - 5.

[11] 王锋, 李玉环, 刘群. 萃取火焰原子吸收法测定高粱种皮中的硒 [J]. *光谱学与光谱分析*, 2002, 22(3): 485 - 486. doi: 10.3321/j.issn:1000-0593.2002.03.043.

Wang F, Li Y H, Liu Q. Determination of selenium in Kaoliang seed-skin by extraction FAAS [J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2002, 22(3): 485 - 486.

[12] 李阳, 王利华, 王丽丽, 王华森, 郁有健. 镉、硒处理对碎米苣生长和生理特性的影响研究 [J]. *土壤通报*, 2017, 48(6): 1436 - 1441. doi: 10.19336/j.cnki.trtb.2017.06.22.

Li Y, Wang L H, Wang L L, Wang H S, Yu Y J. Effects of cadmium and selenium on the growth and physiological characteristics of *Cardamine Flexuosa* [J]. *Chinese*

- Journal of Soil Science*, 2017, 48(6): 1436 - 1441.
- [13] 朱薇, 杨守祥. 施硒对 3 个花生品种营养生长、生理特性及品质的影响[J]. 山东农业科学, 2015, 47(1): 72 - 75. doi:10.14083/j.issn.1001-4942.2015.01.017.
Zhu W, Yang S X. Effects of applying selenium on vegetative growth, physiological characteristics and quality of three peanut varieties [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2015, 47(1): 72 - 75.
- [14] 潘晓红, 郑甲成, 史文卫, 郝静. 不同硒肥施入量对黑花生的产量和硒含量的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2011, 46(5): 56 - 58. doi:10.13432/j.cnki.jgsau.2011.05.015.
Pan X H, Zheng K C, Shi W W, Hao J. Effects of selenium fertilization amount on the yield and selenium content of black peanut [J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2011, 46(5): 56 - 58.
- [15] 张文博, 张建华. 富硒液体肥对花生产量及品质的影响[J]. 河北农业科学, 2007, 11(6): 42 - 43. doi:10.3969/j.issn.1088-1631.2007.06.016.
Zhang W B, Zhang J H. Effects of liquid selenium fertilizer on the yield and quality of peanut [J]. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 2007, 11(6): 42 - 43.
- [16] 张小红, 张小军, 侯睿, 张相琼, 岳福良, 许明洋, 蔡丛武, 刘昌奇, 李文均. 硒肥对黑花生生长发育和品质的影响[J]. 花生学报, 2015, 44(3): 47 - 50.
Zhang X H, Zhang X J, Hou R, Zhang X Q, Yue F L, Xu M Y, Cai C W, Liu C Q, Li W J. Application effect of liquid selenium fertilizer on black peanut cultivation [J]. *Journal of Peanut Science*, 2015, 44(3): 47 - 50.
- [17] 钟莉传, 刘云, 刘义明. 硒肥施用时期对花生硒含量及产量的影响[J]. 花生学报, 2016, 45(1): 64 - 66. doi:10.14001/j.issn.1002-4093.2016.01.014.
Zhong C L, Liu Y, Liu Y M. Effects of selenium fertilizer application stages on selenium content and yield of peanut [J]. *Journal of Peanut Science*, 2016, 45(1): 64 - 66.
- [18] 唐启义. DPS ©数据处理系统——实验设计、统计分析及数据挖掘[M]. 第 2 版. 北京: 科学出版社, 2010: 105 - 114.
Tang Q Y. DPS © data processing system——experimental design, statistical analysis and data mining [M]. Second Edition. Beijing: Science Press, 2010: 105 - 114.
- [19] 中国地膜覆盖栽培研究会. 地膜覆盖栽培技术大全[M]. 北京: 农业出版社, 1988: 282 - 326.
China Academy of Plastic Film mulching. A guide to plastic film mulching techniques [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1988: 282 - 326.
- [20] 山东省花生研究所. 花生良种—鲁花 4 号[J]. 种子通讯, 1986(1): 37.
Shandong Peanut Research Institute. Improved variety of peanut - Luhua 4 [J]. *Seed Communication*, 1986(1): 37.
- [21] 李正超, 邱庆树, 吴兰荣, 胡文广, 苗华荣. 辐射与杂交相结合选育大花生新品种花育 16 号的研究[J]. 核农学报, 2001, 15(6): 368 - 370. doi:10.3969/j.issn.1000-8551.2001.06.011.
Li Z C, Qiu Q S, Wu L R, Hu W G, Miao H R. Breeding of a new cultivar of peanut by the method of hybridization combines with irradiation [J]. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 2001, 15(6): 368 - 370.
- [22] 朱薇, 刘庆, 杨守祥. 不同花生品种富硒能力[J]. 中国油料作物学报, 2016, 38(2): 260 - 266. doi:10.7505/j.issn.1007-9084.2016.02.019.
Zhu W, Liu Q, Yang S X. Selenium accumulation ability of different peanut varieties [J]. *Chinese Journal of Oil Crop Science*, 2016, 38(2): 260 - 266.