

氮、磷、钾肥配施对花生生理特性及产量、品质的影响

周录英, 李向东*, 汤 笑, 林英杰, 李宗奉, 李宝龙

(山东农业大学农学院 作物生物学国家重点实验室, 山东 泰安 271018)

摘要:在田间试验条件下研究了氮、磷、钾肥配合施用对花生叶片生理特性及产量、品质的影响, 结果表明, 氮、磷、钾肥配合施用均可不同程度地提高花生叶片叶绿素含量和光合速率, 且生育中后期(饱果期)的作用大于生育中期(结荚期), $N_{300} P_{150} K_{300}$ 、 $P_{150} K_{300}$ 处理的效果好于 $N_{300} P_{150}$ 、 $N_{300} K_{300}$ 处理; 氮、磷、钾肥配合施用对提高叶片 SOD、POD 和 CAT 酶活性、增加可溶性蛋白质含量和降低 MDA 积累量均有明显作用, $N_{300} P_{150} K_{300}$ 、 $P_{150} K_{300}$ 处理的作用大于 $N_{300} P_{150}$ 、 $N_{300} K_{300}$ 处理; 氮、磷、钾肥配合施用可明显增加花生荚果和籽仁产量, 以 $N_{300} P_{150} K_{300}$ 处理产量最高, 其次是 $P_{150} K_{300}$ 处理, $N_{300} K_{300}$ 处理产量最低, $N_{300} P_{150} K_{300}$ 和 $P_{150} K_{300}$ 处理还明显提高了荚果出仁率; 氮、磷、钾肥配合施用可以不同程度提高花生籽仁中脂肪和蛋白质含量, $P_{150} K_{300}$ 和 $N_{300} P_{150} K_{300}$ 处理对脂肪和蛋白质含量均有明显增加作用, $N_{300} K_{300}$ 处理可明显提高脂肪含量, 对蛋白质的增加作用不显著, $N_{300} P_{150}$ 处理对脂肪和蛋白质的影响不大, $N_{300} P_{150} K_{300}$ 处理还可明显提高籽仁中 O/L 比值和可溶性糖含量, 从而延长花生制品的货架寿命、改善花生食用口味。

关键词:花生; 氮、磷、钾肥; 配合施用; 生理特性; 产量、品质

文章编号: 1000-0933(2008)06-2707-08 中图分类号: Q142, Q945, S565.2 文献标识码: A

Effects of N, P, K fertilizer combined application on physiological characteristics, yield and kernel quality of peanut

ZHOU Lu-Ying, LI Xiang-Dong*, TANG Xiao, LIN Ying-Jie, LI Zong-Feng, LI Bao-Long

College of Agronomy, Shandong Agricultural University, State Key Laboratory of Crop Biology, Taian, Shandong 271018, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(6): 2707 ~ 2714.

Abstract: Applying fertilizer rationally on crop is an effective measure to increase yield and improve quality. Nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K), associated with the yield formation and quality improvement in peanut, are the nutrient elements with more need in peanut growth and development. To investigate the effects of N, P, and K fertilizer combined application on physiological responses, seed weight, and kernel quality of peanut (*Arachis hypogaea*), five treatments $N_0 P_0 K_0$ (CK), $N_{300} P_{150}$ (N + P), $N_{300} K_{300}$ (N + K), $P_{150} K_{300}$ (P + K), $N_{300} P_{150} K_{300}$ (N + P + K) (the data after N, P and K indicate application kilogram numbers of N, P_2O_5 and K_2O per hectare) were designed by furrow applying at seedling stage in peanut variety Fenghua No. 1 in the Experimental Station at the Shandong Agricultural University in 2004 and 2005 with randomized complete block design and three replication. Nitrogen, P, and K combined application increased chlorophyll content and photosynthetic rate in peanut leaves, to a greater extent at middle-later stage (pod filling

基金项目:国家科技攻关资助项目(2001BA507A-07); 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD21B04-9); 山东省自然科学基金资助项目(Y2003D02)

收稿日期:2007-04-19; **修订日期:**2007-12-12

作者简介:周录英(1980~), 女, 山东安丘人, 硕士生, 主要从事花生生理生态研究. E-mail: zly@jing163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lixdong@sdau.edu.cn

Foundation item: The project was financially supported by National Key Project on Science and Technology of China (No. 2001BA507A-07, 2006BAD21B04-9); Natural Science Foundation of Shandong Province (No. Y2003D02)

Received date: 2007-04-19; **Accepted date:** 2007-12-12

Biography: ZHOU Lu-Ying, Master candidate, mainly engaged in peanut physiology ecology. E-mail: zly@jing163.com

stage) than at the middle stage (pod setting stage). Peanut treated with N + P + K and P + K had more chlorophyll and higher photosynthesis rate, when compared to N + P and N + K treatments. Nitrogen, P, and K combined application enhanced the activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CAT) and the content of soluble protein, but reduced malondialdehyde (MDA) content in peanut leaves, to greater extent in N + P + K and P + K treatments than N + P and N + K treatments. Nitrogen, P, and K combined application led to the highest pod and kernel weight, followed by P + K treatment and by N + K treatment. Peanut subjected to N + P + K and P + K treatments had an increased kernel rate. The fat and protein content were improved in peanut kernel treated with N + P + K and P + K. Peanut subjected to N + K treatment had a higher fat content. Fat and protein in peanut kernel were not influenced by N + P treatment. Peanut treated with N + P + K had an increased ratio of oleic acid to linoleic acid (O/L) and the soluble sugar content in kernel.

Key Words: peanut; N, P and K fertilizer; combined application; physiological characteristics; yield and quality

花生是我国农产品出口的重要经济作物之一,是重要的食用油源和蛋白质来源,是食品工业的理想原料,在国民经济可持续高速发展中具有重要地位。一般而论花生蛋白是一种较完全的蛋白,花生蛋白质比较富含亮氨酸、苯丙氨酸,还含有较多的谷氨酸和天门冬氨酸^[1]。另外花生籽仁还含有丰富的维生素,营养价值比较高。随着人民生活水平的不断提高和我国加入世贸组织以及食品加工业的快速发展,对花生的需求日益增多、出口渠道越来越畅通,许多外商和加工企业对花生籽仁品质提出了更高的要求。而实质上,我国花生随着出口量的增加,其商业品质不但没有提高而是有所下降^[2]。

合理施肥是提高作物产量和改善品质的有效途径,但随着大量化肥的使用造成的地下水污染和土壤结构变坏问题也越来越严重,只追求高的产量而过多的施用化肥对产品品质的负面影响日趋突出^[3]。针对上述存在的问题,对许多作物开展了氮、磷、钾不同肥料配比和微量元素补充对产量和品质的影响。近年来,有关花生施肥的研究多集中在对产量的影响方面,对花生籽仁蛋白质和油脂含量等主要品质性状影响的研究较少且不深入^[4~16];磷肥的施用受到重视,忽视了氮、钾肥及微量元素的补充,造成土壤中养分不平衡,产量不稳、品质下降、土壤可持续生产能力下降^[17];对花生施用单项肥料的研究较多,不同肥料配合施用的研究较少,有关氮、磷、钾肥配合施用对花生叶片活性氧防御系统和籽仁中蛋白质和油脂组分影响的研究国内外鲜见报道。本研究在大田条件下,研究氮、磷、钾肥配合施用对花生生理特性和籽仁蛋白质、油脂含量、油脂中油酸/亚油酸比值等主要品质性状的影响,提出改善花生籽仁品质的合理施肥方法和配比,这不但对丰富花生营养和品质的生理研究具有重要理论意义,而且对优质专用花生生产,适应我国花生出口和加工的要求具有切实的指导意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

试验于 2004 ~ 2005 年在山东农业大学农学实验站进行。试验田土壤为粘壤土、土层厚度 30 cm 基础地力为:有机质含量 11.2 g kg^{-1} ,全氮含量 0.65 g kg^{-1} ,碱解氮 93.30 mg kg^{-1} ,速效 P 18.41 mg kg^{-1} ,速效 K 77.99 mg kg^{-1} 。选用大花生品种丰花 1 号作为试验材料,试验于 5 月 10 日播种,行距 40 cm、穴距 20 cm,每穴播 2 粒,密度 25 万株/hm^2 ;氮肥用尿素、磷肥用过磷酸钙、钾肥用硫酸钾,设计 $N_{300} P_{150}$ (NP)、 $N_{300} K_{300}$ (NK)、 $P_{150} K_{300}$ (PK)、 $N_{300} P_{150} K_{300}$ (NPK) (下标数字分别表示每公顷施 N、 P_2O_5 、 K_2O 公斤数) 4 个处理,以不施肥处理作为对照,施肥处理按肥料用量和配比于苗期沟施于花生行间。小区面积 15m^2 , 3 次重复,随机区组排列。

于结荚期和饱果期取主茎倒 3 叶测定叶片叶绿素含量和光合速率;于饱果期每处理取 10 株考察植株性状,并取花生主茎倒第三复叶约 5 g,立即放入液氮罐中带回室内取出,于 -40°C 冰冻贮藏,以备测定 SOD、POD、CAT 活性及可溶性蛋白和 MDA 含量;于收获期(9 月 20 日)选有代表性地段,收获其荚果,自然风干,用

于调查荚果产量、单株结果数、公斤果数、公斤仁数和出仁率,从收获产品中挑选发育一致的荚果 10 个烘干、保存,以备测定籽仁蛋白质含量、粗脂肪含量、脂肪酸组分及含量、油酸/亚油酸比值。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)的测定 采用英国产 CIRAS-2 型光和测定系统于晴朗无风天气 10:00 ~ 14:00 时进行测定。

1.2.2 叶绿素含量的测定 采用 Arnon 法^[18]。

1.2.3 籽仁品质测定

(1)蛋白质含量测定 采用微量凯氏法^[19]。

(2)游离氨基酸含量的测定 采用茚三酮比色法^[19]。

(3)可溶性糖含量测定 采用蒽酮比色法^[20]。

(4)脂肪含量测定 参考何照范方法^[19]。

(5)脂肪酸组分测定 气相色谱法。将索氏提取法得到的脂肪-石油醚溶液旋转蒸发后,用石油醚定容至 25 ml;用移液管吸取上述脂肪溶液 1 ml 放入 7 ml 离心管中,再加入 1 ml KOH-甲醇溶液和 4 ml 蒸馏水(或重蒸水),摇匀后静置 1 ~ 2 h;取上清液放入离心管中,4℃、20000 × g 离心 10 min;取上清液 GC-2010 气相色谱仪分析,色谱柱长度 30.0 m、内径 0.53 mm、薄膜厚度为 1 μm,载气为 N₂,测定时氮气流量 27 ml/min,氢气流量 40 ml/min,空气流量 400 ml/min,FID 检测器,柱温 200℃保持 10 min,然后升温至 230℃(10℃ min⁻¹)保持 7 min,进样口温度 250℃,检测器温度 250℃,柱前压 75 kPa,进样量 1 μl。

1.2.4 SOD、POD、CAT 活性及可溶性蛋白质和 MDA 含量测定

酶液提取 叶片鲜样去主脉,剪碎,称取 0.5 g 放入研钵中,加 5 ml pH 7.8 的磷酸缓冲液,冰浴研磨至匀浆,倒入离心管中,10000 × g、冷冻离心 20 min,上清液即为酶液,置于 0 ~ 4℃保存待用。SOD 活性测定 参照王爱国法^[21],利用 SOD 抑制氮蓝四唑(NBT)在荧光下的还原作用,酶活性以抑制 NBT 还原 50% 为一个酶活性单位;POD 活性测定 愈创木酚法^[22];CAT 活性测定 参照 Chance 方法测定^[23];可溶性蛋白质含量测定 采用考马斯亮蓝 G250 法测定^[24];MDA 含量测定 采用林植芳方法^[25]。

2 结果与分析

2.1 氮磷钾配施对花生营养生长的影响

健壮的营养生长是花生产量提高和品质改善的生物基础。由表 1 分析可以看出,氮磷钾肥配合施用可以明显增加花生主茎高度和侧枝长度,但对分枝数没有明显影响。说明,氮磷钾肥配合施用对促进花生营养生长作用明显,特别是配施有氮肥的处理主茎高和侧枝长均比对照增加 14cm 以上,但花生植株过高易倒伏而影响产量,因此,在花生施肥上应注意控制氮肥用量、适当增加磷钾肥的比例。

表 1 氮磷钾肥配施对花生植株性状的影响(饱果期)

Table 1 The effect of N, P, K fertilizer combined application on some plant characteristics

处理 Treatments	主茎高 Main stem height(cm)	侧枝长 Cotyledonary branch length(cm)	分枝数 Branch number(个)
NP	60.33a	66.1a	8.17a
NK	63.33a	68.5a	9.33a
PK	53.67b	55.0b	9.17a
NPK	59.83ab	63.2ab	9.33a
CK	45.67c	47.8c	8.50a

不同小写字母代表差异显著性达 5% 显著水平,下同 Different small letters mean significant at 5% levels, the same below

2.2 氮、磷、钾肥配施对花生叶片叶绿素含量及光合性能的影响

由表 2 分析可以看出,花生 N、P、K 肥配合施用均可不同程度地提高花生叶片叶绿素含量和光合速率,且生育后期(饱果期)的作用大于生育中期(结荚期),NPK、PK 处理的效果好于 NP、NK 处理;根据大气中

CO₂浓度(C_a)和细胞间隙 CO₂浓度(C_i)可计算出光合作用的气孔限制值 L_s ($L_s = 1 - C_i/C_a$), L_s 的变化可以对影响光合作用的气孔与非气孔因素加以区分,表 2 中数据表明,N、P、K 肥配合施用可以不同程度降低 L_s ,说明,花生施肥可以改善气孔因素,特别是后期施肥的作用更加明显;另外,从 Chla/Chlb 值可以看出,N、P、K 肥配合施用降低了生育中期叶片中 Chla/Chlb 的比值,而增加了生育后期 Chla/Chlb 的比值,表明,花生施肥增加生育中期叶绿素含量的原因主要是提高了 Chlb 的含量,而提高生育后期叶绿素含量的原因主要是延缓了 Chla 的降解。

表 2 氮磷钾肥配施对花生叶片叶绿素含量及光合性能的影响

Table 2 The effect of N, P, K fertilizer combined application on chlorophyll content and net photosynthesis rate (P_n) in peanut leaves

处理 Treatments	8 月 15 日结荚期 Pod setting stage				9 月 1 日饱果期 Pod filling stage			
	P_n	L_s	Chl(a+b)	Chla/Chlb	P_n	L_s	Chl(a+b)	Chla/Chlb
NP	24.7ab	0.398ab	2.26c	2.70b	20.7a	0.611a	1.48bc	3.24a
NK	25.2a	0.383b	2.66a	2.49b	20.9a	0.580b	2.07a	3.21a
PK	26.8a	0.394ab	2.48b	2.55b	21.4a	0.526c	1.60b	3.33a
NPK	26.0a	0.400a	2.68a	2.63b	21.7a	0.597ab	1.43bc	3.34a
CK	22.9b	0.400a	2.08d	3.01a	13.9b	0.624a	1.31c	3.18a

P_n : $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; $L_s = 1 - C_i/C_a$; chl(a+b): $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$

2.3 氮、磷、钾肥配施对花生叶片 SOD、POD 和 CAT 酶活性的影响

SOD、POD、CAT 是植物体内的 3 种保护酶,SOD 是植物活性氧酶促清除系统中的关键酶,可催化超氧阴离子快速歧化成 H₂O₂ 和 O₂,POD 和 CAT 是清除过氧化物的关键酶。较高的保护酶活性可以使植物保持较高的生理活性、延缓植物衰老。由表 3 可以看出,氮、磷、钾肥配合施用可不同程度地提高花生叶片中各保护酶活性,从对 3 种保护酶活性的提高作用看,NPK、PK 处理的效果好于 NP、NK 处理,表明,氮、磷、钾肥配合施用可以提高花生叶片生理活性,延缓叶片衰老。

2.4 氮、磷、钾肥配施对花生叶片可溶性蛋白质和 MDA 含量的影响

叶片内的可溶性蛋白质大多是具有活性的各种酶类,如催化 CO₂ 固定的 RuBPCase 含量就接近叶片总可溶性蛋白质的 50%,所以叶片的可溶性蛋白质含量可以作为叶片生理活性指标之一。MDA 是植物受到逆境胁迫时膜脂过氧化作用的最终产物,其含量的高低反映了植物细胞膜受伤害程度。表 3 结果表明,氮、磷、钾肥配合施用可不同程度地提高叶片可溶性蛋白含量和降低 MDA 积累量,NPK、PK 处理的效果好于 NP、NK 处理。

表 3 氮磷钾肥配施对花生叶片中 Pr、MDA 含量及 SOD、CAT、POD 活性的影响(饱果期)

Table 3 The effect of N, P, K fertilizer combined application on the soluble protein and MDA content and the activity of SOD, POD and CAT in leaves

处理 Treatments	SOD (unit/gFW)	POD ($\Delta 470/\text{gFW}$)	CAT (H ₂ O ₂ mg/gFW/min)	可溶性 Pr (mg/gFW)	MDA (mol/gFW)
NP	521.97b	12.98a	1.23cd	10.18bc	6.65b
NK	547.56ab	10.64b	1.48bc	11.13ab	6.96ab
PK	555.83a	13.40a	1.73ab	12.72a	6.77b
NPK	571.65a	13.30a	1.95a	11.29ab	6.78b
CK	516.59b	10.51b	1.06d	8.18c	7.59a

2.4 氮、磷、钾肥配施对花生产量的影响

产量是施肥效果的最终体现。由表 4 可以看出,不同氮、磷、钾肥配施处理均可明显增加花生荚果和籽仁产量,以 NPK 处理产量最高,其次是 PK 处理,NK 处理产量最低。与对照相比,施肥的增产作用主要是提高了单株结果数、降低了公斤果数(增加了果重),NPK 和 PK 处理还明显提高了荚果出仁率。说明在中高产条

件下,N、P、K 肥配合施用和 P、K 肥配施对花生的增产作用较大,花生应注重配施钾肥。

表 4 氮磷钾肥配施对花生产量的影响

Table 4 The effect of N, P, K fertilizer combined application on yield in peanut

处理 Treatments	产量 Yield(kg/hm ²)	籽仁产量 Kernel yield(kg/hm ²)	单株结果数 Pods per plant(No.)	公斤果数 Pods per kg(No.)	出仁率 Kernel rate(%)
NP	4499b	3166.4b	8.3ab	564.97ab	70.38ab
NK	4342b	3079.8b	7.9ab	552.49b	70.93ab
PK	4635ab	3316.8ab	8.7a	528.03bc	71.56a
NPK	4953a	3536.4a	8.5a	485.44c	71.40a
CK	3950c	2760.3c	6.7b	591.72a	69.88b

2.5 氮、磷、钾肥配施对花生籽仁品质的影响

花生籽仁中脂肪和蛋白质是花生的重要品质指标。由表 5 可以看出,氮、磷、钾肥配合施用可以不同程度提高花生籽仁中脂肪和蛋白质含量。NK 处理可明显提高脂肪含量,对蛋白质的增加作用不显著,PK 和 NPK 处理对脂肪和蛋白质含量均有明显增加作用,NP 处理对脂肪和蛋白质的影响不大。说明,在本试验条件下,钾肥对花生品质的改善作用最大,其次是磷肥和氮肥,氮磷钾肥配合施用的效果最好。油酸/亚油酸(O/L)比值是花生制品的耐储藏指标,较高的 O/L 比值可以延长储藏时间、提高花生制品货价寿命。本试验结果表明(表 5),NP 肥配施和 NK 肥配施可明显提高油酸含量,NP 肥配施和 NPK 肥配施由于明显降低了亚油酸含量,因此,明显提高了 O/L 比值。另外,可溶性糖含量会影响到花生食用口感,也是影响花生品质的一项指标,由表 5 结果可以看出,氮、磷、钾肥配合施用可明显提高籽仁中可溶性糖含量、改善花生食用口味。

表 5 氮磷钾肥配施对花生籽仁品质的影响

Table 5 The effect of N, P, K fertilizer combined application on kernel quality of peanut

处理 Treatments	脂肪 Fat (%)	蛋白质 Protein (%)	可溶性糖 Soluble sugar (%)	棕榈酸 Palmitic acid(%)	油酸 Oleic acid (%)	亚油酸 Linoleic acid (%)	油酸/亚油酸 O/L
NP	50.62ab	23.47ab	13.59b	12.65a	43.97a	37.99b	1.148a
NK	51.18a	22.73ab	14.26b	13.42a	44.01a	41.10a	1.071ab
PK	51.14a	24.55a	14.62b	12.81a	42.50ab	41.08a	1.035b
NPK	50.73a	23.87a	15.24a	12.70a	42.82ab	37.17b	1.152a
CK	48.11b	21.65b	14.66b	12.98a	41.34b	39.81a	1.038b

3 讨论

施肥是提高花生产量和改善品质的重要措施之一。氮、磷、钾是花生生长发育和产量品质形成过程中吸收较多的营养元素,是花生生产上施用较多的肥料种类。以往对花生施用单项肥料的研究较多^[5,7~9,11,15,16,26],不同肥料配合施用的研究较少^[4,7,12,27],有关施肥对花生生长发育和产量影响的研究较多,对花生生理特性和籽仁品质影响的研究较少且不深入^[4,7,12,14]。前人研究发现施氮、钾肥的花花生生长前期和中期,植株生长健壮,叶片较大且厚,呈深绿色,到生长后期叶片仍呈绿色,光合功能延长,而且可增加单株果数,提高饱果率、百果重和产量^[26]。王华松等研究表明,施肥对花生的增产作用,氮、磷、钾配合大于氮、钾配合大于氮、磷配合^[12]。本试验在土壤基础地力为有机质含量 11.2 g kg⁻¹,全氮含量 0.65 g kg⁻¹,碱解氮 93.30 mg kg⁻¹,速效 P 18.41 mg kg⁻¹,速效 K 77.99 mg kg⁻¹的条件下研究表明,氮磷钾肥配合施用对促进花生营养生长作用明显,特别是配施有氮肥的处理主茎高和侧枝长均比对照增加 14cm 以上,因此,在花生施肥上应注意控制氮肥用量、适当增加磷钾肥的比例,以免造成花生植株过高而倒伏。不同氮、磷、钾肥配施处理均可明显增加花生荚果和籽仁产量,以 NPK 处理产量最高,其次是 PK 处理,NK 处理产量最低,说明在中高产条件下,N、P、K 肥配合施用和 P、K 肥配施对花生的增产作用较大,花生应注重配施钾肥。

花生籽仁蛋白质、脂肪含量及其脂肪酸组分是花生重要品质指标,而脂肪酸组分中的油酸/亚油酸比值(O/L)是花生制品的耐储藏指标,较高的O/L可延长储藏时间、提高花生制品的货价寿命。有研究表明,N、P、K肥配合施用可提高籽仁中粗脂肪含量,对改善花生脂肪酸组分提高油用品质有一定作用^[9,28],甄志高等在地力基础为有机质含量 6.5 g kg^{-1} ,全氮含量 0.98 g kg^{-1} ,碱解氮 83 mg kg^{-1} ,速效P 38.1 mg kg^{-1} ,速效K 132.1 mg kg^{-1} 的条件下,研究表明,花生不同肥料配比处理间籽仁蛋白质含量大小顺序是 $\text{NPK} > \text{NK} > \text{N} > \text{NP} > \text{CK} > \text{PK}$,籽仁脂肪含量大小顺序是 $\text{PK} > \text{CK} > \text{NPK} > \text{NP} > \text{NK} > \text{N}$ ^[7],张吉民等研究发现,施用NPK三元复合肥对提高花生总糖、蔗糖含量有一定作用,但对花生油脂中的脂肪酸和O/L影响不大^[13]。本研究表明,PK和NPK处理对脂肪和蛋白质含量均有明显增加作用,NK处理可明显提高脂肪含量,对蛋白质的增加作用不显著,NP处理对脂肪和蛋白质的影响不大,NPK处理还可明显提高籽仁中O/L比值和可溶性糖含量,从而延长花生制品的货价寿命、改善花生食用口味。说明,在本试验条件下,钾肥对花生品质的改善作用最大,其次是磷肥和氮肥,氮磷钾肥配合施用的效果最好。由此看来,本研究与以往人们的研究结果并不尽相同,而且有些结果是截然不同的,这可能是因为试验的地力水平、选用的品种、施肥的比例和时期不同所造成的。

SOD、POD、CAT是植物体内的3种保护酶,较高的保护酶活性可以提高植物清除活性氧等超氧化物的能力,使植物保持较高的生理活性、延缓植物衰老;叶片的可溶性蛋白质含量是叶片生理活性指标之一,MDA是植物膜脂过氧化作用的最终产物,其含量的高低反映了植物细胞膜受伤害的程度。有关施氮、磷、钾肥配合施用对花生叶片生理特性的研究较少,对SOD、POD、CAT酶活性、可溶性蛋白质和MDA含量影响的研究还未见报道,本试验研究表明,氮、磷、钾肥配合施用对提高花生叶片SOD、POD和CAT酶活性、增加可溶性蛋白质含量和降低MDA积累量均有明显作用,NPK、PK处理的作用大于NP、NK处理,表明,施氮、磷、钾肥可以提高花生叶片生理活性,延缓叶片衰老。这是施肥增加花生产量和改善籽仁品质的生理基础。花生N、P、K肥配合施用均可不同程度地提高花生叶片叶绿素含量和光合速率,且生育后期(饱果期)的作用大于生育中期(结荚期),NPK、PK处理的效果好于NP、NK处理;施肥提高光合速率的原因,主要是降低了气孔限制值、增加了叶绿素含量,改善了叶片内部生理功能,如提高了叶片保护酶活性等。这是施肥提高花生产量和改善品质的根本原因。

References:

- [1] Qiu Q S, Li Z C, Duan S F. Studies on the effect factors of peanut qualities I. peanut varieties. *Journal of Peanut Science*, 2001,30(3): 21–26.
- [2] Feng H S, Wan S B, Zhang J C. Discuss on peanut qualities and strategies in improving the qualities. *Journal of Peanut Science*, sup. 2003,32: 30–33.
- [3] Yan J C, Lei H Z. The development tendency and inspiration of ecological agriculture in the world. *World Agriculture*, 2005,1:7–10.
- [4] Zhang H L, Dong H, Wang X, *et al.* The effect of different fertilizers combined application on growth and yield of peanut. *Rain Fed Crops*, 2005, 25(2):111–112.
- [5] Wang R, An J W, Zhang S Y, *et al.* The effect of sulphate application on the yield and quality of peanut and on the accumulation of sulphate in peanut plant. *Chinese Journal of Soil Science*, 1998, 29(4):177–178.
- [6] Li X D, Wang X Y, Zhang G Y, *et al.* The Regulation of Nitrogen for Peanut Senescence. *Scientia Agricultura Sinica*, 2000,33(5):30–35.
- [7] Zhen Z G, Duan Y, Wang X L, *et al.* Effect of long-term fertilization on yield and quality of peanut. *Chinese Journal of Soil Science*, 2006,37(2):323–325.
- [8] Sun X S, Cheng B, Zheng Y P, *et al.* Study on the influence of S and Zn fertilizer application on wheat and peanut yields and qualities. *Journal of Laiyang Agricultural College*, 2000,17(1):20–22.
- [9] Tao Q X, Liu G R, Li Z Z, *et al.* A study on the effects of K and Mo nutrients on yield and quality of peanut in red upland. *Journal of Jiangxi Agricultural University*, 1995,17(2):149–154.

- [10] Wan S B. Consideration of several problems about peanut research and industrialization at present in China. *Review of China Agricultural Science and Technology*, 2004, 6(5).
- [11] Wu W X, Chen J J, Zhou E S, *et al.* Effects of calcium and boron on the growth, yield and quality of peanut. *Subtropical Plant Science*, 2001, 30(2):20—23.
- [12] Wang H S, Kong X M, Zhang W, *et al.* The influence of N,P and K fertilizers to Peanut yield in the black Sajiang soil. *Peanut Science and Technology*, 2000,29(2):26—27.
- [13] Zhang J M, Miao H R, Wu L R, *et al.* The effects of different soil type and fertilizer on quality character of peanut. *Journal of Peanut Science*, sup. 2003,32:372—374.
- [14] Zhang X, Jiao Y, Sun C H, *et al.* Influence of different fertilization treatment on yield and quality of peanut. *Soils and Fertilizers*, 2003, (2):30—32.
- [15] Zhou K J, Ma C Z, Xu C B, *et al.* Effects of potash fertilizer on nutrient absorption by peanut and its yield and benefit. *Chin J Appl Ecol*, 2003, 14(11):1917—1920.
- [16] Zhou S M, Fan H, Guo J H, *et al.* The effects of manure and Zn, B, Mo trace fertilizers on the yield and quality. *Journal of Henan Agricultural University*, 2003,37(4):335—338.
- [17] Hou Y L. Theory and technological system of ecological balanced fertilization. *Acta Ecologica Sinica*, 2000,20(4):653—659.
- [18] Arnon D I. Copper enzymes in isolated chloroplast, polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 1949, 24:1—5.
- [19] He Z F. The seed quality and its analytic technique of grain and oil. Beijing: Agriculture Press, 1985. 37—41,167—172.
- [20] The Biochemistry Teaching and Research Section of Biology Department of Beijing University. The Experiment instruct of Biochemistry. Beijing: Higher Education Press, 1979.
- [21] Wang A G, Luo G H, Shao C B. A study on the superoxide dismutase of soybean seeds. *Acta Phytophysiol Sin*, 1983,9(1):77—83.
- [22] Huadong Teachers University. Test Guide of Laboratory of Plant Physiology. Beijing: The People's Education Press, 1980.
- [23] Chance B. Methods on Enzymology. New York: Academic Press, 1955. 2: 764—765.
- [24] Bradford M M. A rapid and sensitive methord for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analysis of Biochemistry*, 1976, 72:248—254.
- [25] Lin Z F, Li S S, Lin G Z, *et al.* Superoxide dismutase activity and lipid peroxidation in relation to senescence of rice leaves. *Acta Bot Sin*, 1984, 26(6): 605—615.
- [26] Wang X Q, Zhang S Z, He Y C, *et al.* The yield increasing effect and economic application amount of N and K fertilizers on summer peanut. *Chinese Journal of Soil Science*, 2000, 31(5):213—214.
- [27] Yao J P, Liang Y Y, Yang X D. Research on the fitting dosage and cooperate proportion of N,P and K in high yield peanut field. *Peanut Science and Technology*, 1989, (2):18—21.
- [28] Wang H J, Zhou Y L, Luo Y K, *et al.* Effects of a compound fertilizer of organic NPK made of concretions of black-liquor in paper-making on peanut. *Journal of Southwest Agricultural University*, 2001,23(3):267—269.

参考文献:

- [1] 邱庆树, 李正超, 段淑芬. 花生品质的影响因素研究 I. 品种因素. *花生学报*, 2001,30(3): 21~26.
- [2] 封海胜, 万书波, 张建成. 试论我国花生品质及改良提高策略. *花生学报(增刊)*, 2003,32:30~33.
- [3] 颜景辰, 雷海章. 世界生态农业的发展趋势和启示. *世界农业*, 2005, 1:7~10.
- [4] 张海楼, 董环, 王宣, 等. 不同肥料配施对复种花生生长和产量的影响. *杂粮作物*, 2005,25(2):111~112.
- [5] 汪仁, 安景文, 张士义, 等. 施硫对花生产量品质及植株体内硫积累的影响. *土壤通报*, 1998, 29(4):177~178.
- [6] 李向东, 王晓云, 张高英, 等. 花生衰老的氮素调控. *中国农业科学*, 2000,33(5):30~35.
- [7] 甄志高, 段莹, 王晓林, 等. 长期定位施肥对花生产量和品质的影响. *土壤通报*, 2006,37(2):323~325.
- [8] 孙秀山, 成波, 郑亚萍, 等. S、Zn 对小麦、花生产量及品质的影响研究. *莱阳农学院学报*, 2000,17(1):20~22.
- [9] 陶其骧, 刘光荣, 李祖章, 等. 红壤旱地的钾、铝营养对花生产量与品质影响的研究. *江西农业大学学报*, 1995, 17(2):149~154.

- [10] 万书波. 对当前我国花生科研及产业化若干问题的思考. 中国农业科技导报, 2004, 6(5)
- [11] 吴文新, 陈家驹, 周恩生, 等. 钙硼对花生生长、产量和品质的影响. 亚热带植物科学, 2001, 30(2): 20 ~ 23.
- [12] 王华松, 孔显民, 张伟, 等. 氮磷钾配施对砂姜黑土花生产量的影响. 花生科技, 2000, 29(2): 26 ~ 27.
- [13] 张吉民, 苗华荣, 吴兰荣, 等. 不同类型土壤和肥料对花生品质性状的影响. 花生学报(增刊), 2003, 32: 372 ~ 374.
- [14] 张翔, 焦有, 孙春河, 等. 不同施肥结构对花生产量和品质的影响. 土壤肥料, 2003, (2): 30 ~ 32.
- [15] 周可金, 马成泽, 许承保, 等. 施钾对花生养分吸收、产量与效益的影响. 应用生态学报, 2003, 14(11): 1917 ~ 1920.
- [16] 周苏玫, 樊骅, 郭俊红, 等. 有机肥及锌硼钼微肥对花生产量和品质的影响. 河南农业大学学报, 2003, 37(4): 335 ~ 338.
- [17] 侯彦林. “生态平衡施肥”的理论基础和技术体系. 生态学报, 2000, 20(4): 653 ~ 659.
- [19] 何照范. 粮油籽粒品质及其分析技术. 北京: 农业出版社, 1985. 37 ~ 41, 167 ~ 172.
- [20] 北京大学生物学生物化学教研室. 生物化学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 1979.
- [21] 王爱国, 罗广华, 邵从本. 大豆种子超氧化物歧化酶的研究. 植物生理学报, 1983, 9(1): 77 ~ 83
- [22] 华东师范大学. 植物生理学实验指导. 北京: 人民教育出版社, 1983. 143 ~ 144.
- [25] 林植芳, 李双顺, 林桂珠, 等. 水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化作用的关系. 植物学报, 1984, 26(6): 605 ~ 615.
- [26] 王学勤, 张书中, 何延成, 等. 氮钾肥对夏花生的增产效应及经济施用量. 土壤通报, 2000, 31(5): 213 ~ 214.
- [27] 姚君平, 梁裕元, 杨新道. 高产花生氮磷钾适宜用量和配比的研究. 花生科技, 1989, (2): 18 ~ 21
- [28] 汪怀建, 周跃龙, 罗远阔, 等. 造纸黑液固化物有机 NPK 对花生的效应研究. 西南农业大学学报, 2001, 23(3): 267 ~ 269.