

化肥减量配施黄腐酸对盐渍化土壤养分及花生生长的影响

孙晨, 槐国龙, 王斌, 孙九胜, 杨志莹, 单娜娜

(新疆农业科学院土壤肥料与农业节水研究所, 乌鲁木齐 830091)

摘要:【目的】研究化肥与黄腐酸有机肥配施对盐渍化土壤养分及花生生长的影响。【方法】设置花生盆栽试验。试验采用黄腐酸有机肥与减量化肥配施,以常规化肥施用量为对照,在基施黄腐酸有机肥 40 kg/667m²基础上,分别设减施氮磷钾化肥常规用量的 20%、40%、60%、80% 和 100%,共设置 6 个处理。分析土壤养分及花生株高、侧枝长、叶绿素含量 (SPAD 值)、干物质积累量和产量等指标,研究化肥减量、有机替代施肥模式对盐渍化土壤养分及花生生长的影响。【结果】基施黄腐酸肥料后,大幅度减施化肥依然可维持花生的正常生长,减施 20%~40% 化肥可明显促进花生生长,提高土壤养分含量,有效改良盐渍化土壤,提高土壤质量,同时也提高了花生的干物质积累量、叶绿素含量、单株结果数和单株果实重,提高产量。【结论】化肥与黄腐酸有机肥配施的优选技术方案为在施用 40 kg/667m² 黄腐酸肥料的基础上,减施 20%~40% 化肥。

关键词: 化肥减量; 黄腐酸; 花生; 土壤养分; 生长

中图分类号: S565.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-4330(2024)12-2934-09

0 引言

【研究意义】花生是我国重要的油料作物和经济作物,是我国食用植物油和蛋白质的重要来源^[1]。2021 年新疆花生种植面积和产量分别为 1.33×10^4 hm² (20 万亩) 和 0.9×10^4 t^[2]。新疆气候干旱,降水少,蒸发量大,土壤表层盐分积累较多,加之滴灌大面积使用使次生盐渍化加剧^[3]。盐碱地含有大量盐分,降低了土壤有机质和速效磷含量,严重破坏了土壤结构,同时,土壤保墒能力差,使作物吸收水分和吸收养分的能力降低,降低了肥料利用率,化肥投入量过大可导致花生生长状况变差,空果烂果严重,产量下降^[4]。因此,有必要有效合理的控制化肥施用量。黄腐酸本身是有机酸,既增加了土壤中矿质部分的溶解,提供并活化土壤养分,又通过络合作用增加养分的有效性,改善土壤理化性状。黄腐酸能够降低土壤溶液盐的浓度,降低土壤盐分,减轻盐分对作物的危害作用,提高肥料利用率,提升肥效。同时黄腐

酸含有大量的有机质,对土壤中的有害阴、阳离子起缓冲作用,有利于发根、促苗、调节植物生长,增强作物抗逆性^[5]。研究黄腐酸有机肥与减量化肥配施对盐渍化土壤养分及花生生长的影响,对于新疆盐渍化土壤改良具有重要意义。【前人研究进展】现阶段关于黄腐酸在小麦^[6]、玉米^[7] 等粮食作物及小白菜^[8]、番茄^[9-10]、辣椒^[11] 等蔬菜作物上的研究已有诸多报道,但有关黄腐酸对花生等油料作物的影响研究报道较少,已有的关于黄腐酸对花生影响的报道也主要集中于提高花生产量品质^[12-14] 以及增强抗旱性等方面^[15-16]。【本研究切入点】前人研究中有关减量化肥配施黄腐酸有机肥对花生在盐渍化土壤中的研究较少,其对盐渍化土壤养分及花生生长的影响仍不清楚,因此,有必要开展深入研究。需研究在盆栽条件下,通过将黄腐酸与减量化肥在盐渍化土壤中配合施用。【拟解决的关键问题】以花生为材料,通过对土壤养分含量、生长指标、干物质积累量、叶绿素含量及产量等指标的测定,找到最佳的施肥

收稿日期 (Received): 2024-05-13

基金项目: 新疆农业科学院青年科技骨干创新能力培养项目 (xjnkq-2022014)

作者简介: 孙晨 (1987-), 女, 新疆乌鲁木齐人, 助理研究员, 硕士, 研究方向为土壤肥料, 水肥资源高效利用, (E-mail) sunchen2010@ sina.cn

通讯作者: 单娜娜 (1976-), 女, 河南开封人, 研究员, 博士, 研究方向为农业面源污染, (E-mail) 406852066@qq.com

方案,研究不同用量的黄腐酸有机肥替代部分化肥对土壤养分及花生生长的影响,为实现养分资源高效利用、调控土壤肥力提供理论和技术参考。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验于 2022 年 5 ~ 9 月在新疆明珠花卉市场开展,试验土壤类型为砂壤土。表 1

供试花生品种为大白沙。供试肥料:黄腐酸有机肥:含黄腐酸 $\geq 50\%$ (质量分数), $N - P_2O_5 - K_2O \geq 10\%$,有机质 $\geq 60\%$,中、微量元素 $\geq 0.5\%$ 。常规化肥:氮肥为尿素($N \geq 46\%$),磷肥为过磷酸钙($P_2O_5 \geq 14.3\%$),钾肥为硫酸钾($K_2O \geq 51\%$),乐钙($15.5 - 0 - 0 - 19CaO + Te$)。

1.2 方 法

1.2.1 试验设计

种植 30 盆。盆大小为 70 cm $\times$ 35 cm $\times$ 40 cm,每盆土重 25 kg。试验共设 6 个处理,每个处

理 3 次重复,每盆种 3 株。试验以常规化肥施用量($N\ 8\ kg/667m^2$ 、 $P_2O_5\ 8\ kg/667m^2$ 、 $K_2O\ 6\ kg/667m^2$)为对照(CK),在基施黄腐酸有机肥 40 kg/667m²基础上,分别设减施氮磷钾化肥及钙肥常规用量的 20% (T₁)、40% (T₂)、60% (T₃)、80% (T₄)和 100% (T₅)处理。表 2

表 1 供试土壤基本性质
Tab. 1 Basic physical and chemical properties of soils

项目 Items	数值 Value
pH 值 pH value (g/kg)	7. 27
总盐 Total salt (g/kg)	14. 3
有机质 Organic matter (g/kg)	77
碱解氮 Alkali hydrolyzable nitrogen (mg/kg)	113. 5
有效磷 Available phosphorus (mg/kg)	42. 43
速效钾 Available potassium (mg/kg)	121

表 2 试验各处理设计与施肥总量

Tab. 2 Experimental design and total fertilization amount for each treatment

处理 Treatments	化肥比例 Chemical fertilizer (%)	尿素 Urea (g/盆)	过磷酸钙 Calcium superphosphate (g/盆)	硫酸钾 Potassium sulfate (g/盆)	乐钙 Lecalcic (g/盆)	生化黄腐酸 Biochemical fulvic acid (g/盆)
CK	100	8. 213	10. 267	5. 867	2. 933	0
T ₁	80	6. 571	8. 213	4. 693	2. 347	23. 467
T ₂	60	4. 928	6. 16	3. 52	1. 76	23. 467
T ₃	40	3. 285	4. 107	2. 347	1. 173	23. 467
T ₄	20	1. 643	2. 053	1. 173	0. 587	23. 467
T ₅	0	0	0	0	0	23. 467

1.2.2 测定指标

碱解氮含量:用碱解扩散棚酸吸收法;有效磷含量测定:用碳酸氢钠浸提 - 钼锑抗比色法;速效钾含量测定:用乙酸铵浸提 - 火焰光度计法^[17]。

形态指标及产量:分别在苗期、盛花期、结荚期、饱果期测量每盆主茎高、侧枝长、分枝数、总下针数、单株有效结果数等农艺性状。收获期采收花生,晾干后称重,计算产量。

干物质积累量:选取的植株按根、茎、叶、荚果进行分离,装入纸袋,于 105℃ 杀青 30 min,然后将温度调至 85℃ 烘干至恒重,称取并记录干重,计算植株干物质积累量。

叶绿素含量:SPAD 值采用 SPAD 叶绿素仪 (SPAD - 502 Chlorophyll Meter Model SPAD -

502)测定,每个重复测定 5 片叶子。

1.3 数据处理

原始数据通过 Excel 2010 软件整理,采用 SPSS 20.0 统计分析软件进行差异显著性及相关性分析。

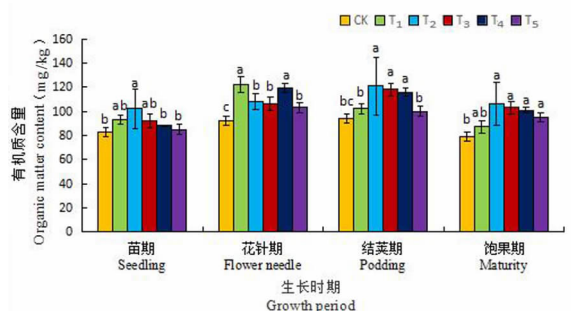
2 结果与分析

2.1 化肥减量配施黄腐酸有机肥对盐渍化土壤养分的影响

2.1.1 化肥减量配施黄腐酸有机肥对土壤有机质含量的影响

研究表明,在花生不同生育时期内,各施肥处理的土壤有机质变化从苗期开始呈上升趋势,花针期和结荚期达到最大,之后又有所下降。

苗期、结荚期和饱果期 T_2 处理土壤有机质含量最高,均显著高于 CK 处理;花针期 T_1 处理最高,为 122 mg/kg。苗期: T_2 处理比 CK、 T_4 和 T_5 处理显著升高了 22.9%、15.9% 和 20%。 T_2 处理与 T_1 、 T_4 处理差异不显著。CK、 T_3 和 T_5 处理差异不显著。花针期:与 CK 处理相比,各施肥处理中土壤有机质含量均显著增加, T_1 处理较 CK、 T_2 、 T_3 和 T_5 处理显著升高了 32.6%、13%、15.1% 和 18.4%。 T_1 和 T_4 处理差异不显著, T_2 、 T_3 和 T_5 处理差异不显著。结荚期: T_2 处理较 CK、 T_1 和 T_5 处理显著升高了 28.72%、18.63% 和 21%, T_2 、 T_3 和 T_4 处理差异不显著,CK、 T_1 和 T_5 处理差异不显著。饱果期: T_2 处理显著高于 CK 和 T_1 处理的 34.18% 和 21.84%, T_2 、 T_3 、 T_4 和 T_5 处理差异不显著,CK 和 T_1 处理差异不显著。图 1



注:不同小写字母表示差异显著,相同字母间表示差异不显著,下同

Notes: Changes of different lowercase letters indicate significant difference between treatments, same lowercase letters indicate no significant difference between treatments, the same as below

图 1 不同施肥处理下土壤有机质含量的变化

Fig. 1 Changes of different fertilization treatments on soil organic matter content

2.1.2 化肥减量配施黄腐酸有机肥对土壤碱解氮含量的影响

研究表明,随着生育期的发展,土壤中的碱解氮含量先降低后升高。整个生育期 T_2 处理最大。苗期、结荚期、饱果期, T_2 处理均显著高于其他各处理,其他各处理差异不显著。

苗期 T_2 处理比 CK、 T_1 、 T_3 、 T_4 和 T_5 处理显著升高了 32.50%、20.43%、21.29%、10.88% 和 15.73%。结荚期 T_2 处理比 CK、 T_1 、 T_3 、 T_4 和 T_5 处理显著升高了 23.98%、6.77%、12.40%、6.37% 和 3.75%。饱果期 T_2 处理比 CK、 T_1 、 T_3 、 T_4 和 T_5 处理显著升高了 20.66%、11.99%、

11.59%、6.53% 和 5.84%。花针期 T_2 处理比 CK、 T_1 、 T_3 、 T_4 和 T_5 处理显著升高了 36.60%、27.96%、30.16%、14.87% 和 23.67%,CK 与 T_4 处理差异不显著, T_1 、 T_4 和 T_5 处理差异不显著。图 2

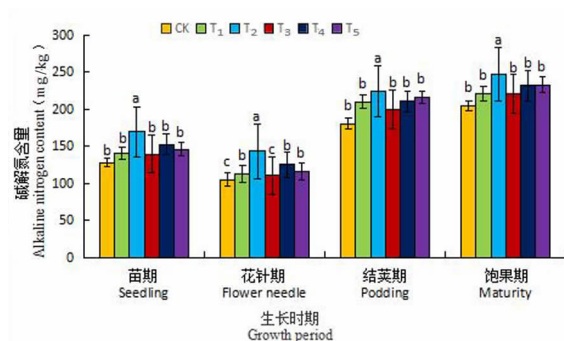


图 2 不同施肥处理下土壤碱解氮含量的变化
Fig. 2 Changes of different fertilization treatments on soil alkaline hydrolyzable nitrogen content

2.1.3 化肥减量配施黄腐酸有机肥对土壤速效磷含量的影响

研究表明,苗期, T_2 处理最高,显著高于 CK、 T_4 和 T_5 处理的 57.3%、50.8% 和 46.6%, T_1 处理显著高于 CK、 T_4 和 T_5 处理的 47.1%、41.2% 和 37.1%, T_3 处理显著高于 CK、 T_4 和 T_5 处理的 55.6%、49.2% 和 45.1%, T_1 、 T_2 和 T_3 处理间差异不显著,CK、 T_4 和 T_5 处理间差异不显著。花针期, T_1 处理最高,显著高于 CK、 T_3 、 T_4 和 T_5 处理的 42.6%、20.5%、29.5% 和 28.4%, T_1 和 T_2 处理间差异不显著,CK、 T_4 和 T_5 处理间差异不显著。结荚期, T_1 处理最大, T_1 、 T_2 和 T_3 处理均显著高于 CK、 T_4 和 T_5 处理, T_1 处理比 CK、 T_4 和 T_5 处理显著升高了 35.6%、61.5% 和 41.5%, T_2 处理比 CK、 T_4 和 T_5 处理显著升高了 31.2%、56.3% 和 36.9%, T_3 处理比 CK、 T_4 和 T_5 处理显著升高了 27.3%、51.6% 和 32.9%。 T_1 、 T_2 和 T_3 处理间差异不显著,CK 和 T_5 处理间差异不显著。饱果期, T_2 处理最高, T_1 、 T_2 均显著高于 CK、 T_3 、 T_4 和 T_5 处理。 T_1 处理比 CK、 T_3 、 T_4 和 T_5 处理显著升高了 81.3%、29.3%、31.5% 和 35.1%, T_2 处理比 CK、 T_3 、 T_4 和 T_5 处理显著升高了 86.3%、32.9%、35.2% 和 38.8%,CK 比 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 和 T_5 处理显著降低了 44.8%、46.3%、28.7%、27.5% 和 25.5%, T_1 和 T_2 处理间差异不显著, T_3 、 T_4 和 T_5 处理间差异不显著。图 3

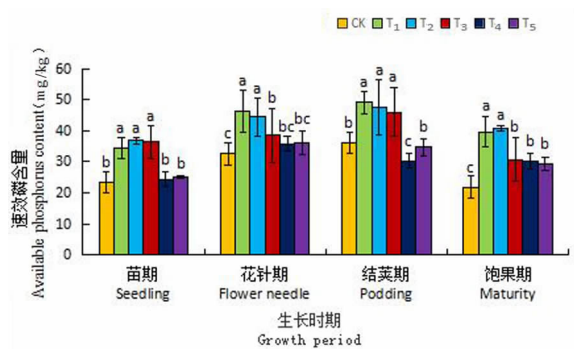


图 3 不同施肥处理下土壤速效磷含量的变化

Fig. 3 Changes of different fertilization treatments on soil available phosphorus content

2.1.4 化肥减量配施黄腐酸有机肥对土壤速效钾含量的影响

研究表明,苗期,T₁处理最高,T₁处理比CK、T₂、T₃、T₄和T₅处理显著升高了48.6%、16.4%、30.9%、54.9%和81.8%。T₂处理比CK、T₄和T₅处理显著升高了27.7%、33.1%和56.2%。T₂和T₃处理间差异不显著,CK和T₄处理间差异不显著。花针期,T₁处理最高,T₁处理比CK和T₅处理显著升高了26.1%和34.9%。T₁、T₂、T₃和T₄处理间差异不显著,CK和T₅处理间差异不显著。结荚期,T₁处理最高,T₁处理比CK和T₅处理显著升高了59.9%和24.5%。CK处理比T₁、T₂、T₃、T₄和T₅处理显著降低了37.5%、34.1%、30.5%、28.6%和22.1%。T₁、T₂、T₃和T₄处理间差异不显著。饱果期,T₂处理最高,T₂处理比CK、T₄和T₅处理显著升高了84.8%、12.7%和32.1%,CK处理比T₁、T₂、T₃、T₄和T₅处理显著降低了41.5%、45.9%、44%、39%和28.5%。T₁、T₂和T₃处理间差异不显著。图4

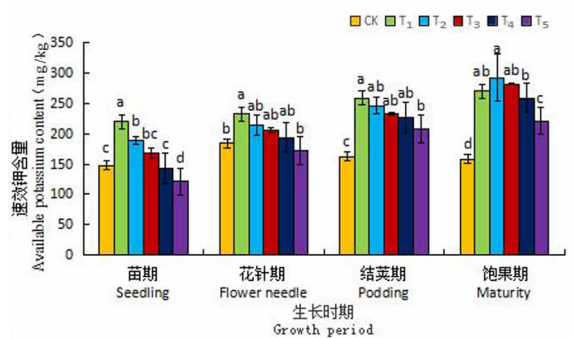


图 4 不同施肥处理下土壤速效钾含量的变化

Fig. 4 Changes of different fertilization treatments on soil available potassium content

2.2 化肥减量配施黄腐酸有机肥对花生生长的影响

2.2.1 不同施肥处理对花生主茎高的影响

研究表明,整个生育过程中T₁处理最大,T₅处理最小。出苗后30 d,T₁处理比T₄和T₅处理显著升高了33.8%和69.2%;T₂处理比T₄和T₅处理显著升高了28.8%和62.9%,CK和各处理间差异均不显著,T₄和T₅处理间差异不显著。出苗后50 d,T₁处理比CK、T₄和T₅处理显著升高了32%、35.2%和54.4%,T₂处理比CK、T₄和T₅处理显著升高了25.9%、29%和47.3%,T₅处理比CK、T₁、T₂、T₃和T₄处理显著降低了14.5%、35.2%、32.1%、26.6%和12.4%,T₁、T₂和T₃处理差异不显著,CK和T₄处理差异不显著。出苗后70 d,各处理生长趋势与出苗后50 d一致。出苗后90 d,T₁处理比CK、T₅处理显著升高了18.1%、20.7%,T₂处理比CK和T₅处理显著升高了8.2%和16.8%,T₃处理比CK和T₅处理显著升高了6%和14.4%,CK比T₅处理显著升高了8%,T₁、T₂、T₃和T₄处理间差异不显著。出苗后110 d,各处理生长趋势与出苗后90 d一致。图5

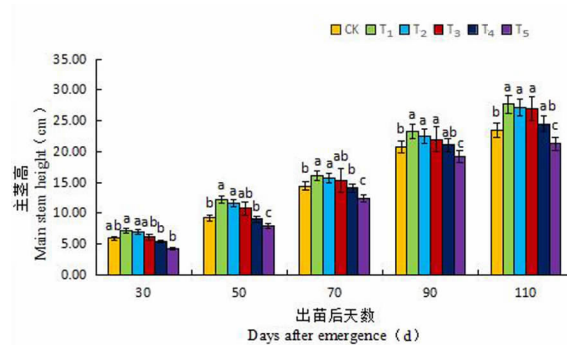


图 5 不同施肥处理下花生主茎高的变化

Fig. 5 Changes of different fertilization treatments on the main stem height of peanuts

2.2.2 不同施肥处理对花生第一对侧枝长影响

研究表明,出苗后30~50 d,T₁处理值最高,达13.21 cm,出苗后70~110 d,T₂处理值最高,出苗后70 d,T₅处理分别比T₁、T₂和T₃处理降低了20%、18.8%和17.9%,CK、T₁、T₂、T₃和T₄处理间差异不显著。出苗后90 d,T₅处理分别比T₁、T₂和T₃处理降低了15.8%、18.9%和18.1%,CK、T₁、T₂、T₃和T₄处理间差异不显著。

出苗后 110 d, CK 处理比 T_1 、 T_2 和 T_3 降低了 15.9%、18.3% 和 13.6%, T_5 处理分别比 T_1 、 T_2 和 T_3 处理降低了 20.1%、22.3% 和 18.1%, T_1 、 T_2 、 T_3 和 T_4 处理间差异不显著, CK 和 T_5 处理间差异不显著。图 6

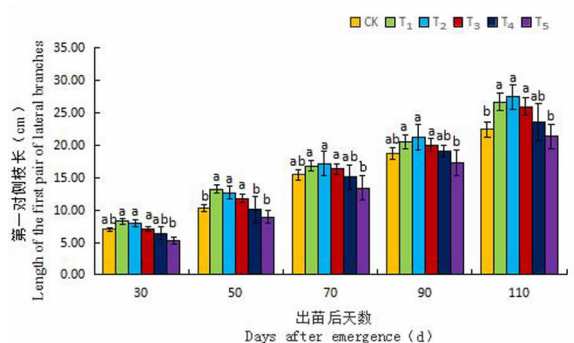


图 6 不同施肥处理下花生第一对侧枝长的变化

Fig. 6 Changes of different fertilization treatments on the length of the first pair of lateral branches in peanuts

2.2.3 不同施肥处理对花生叶片叶绿素含量的影响

研究表明, 苗期 T_2 处理叶绿素含量最大, 从花针期到饱果期 T_1 处理的花生叶片叶绿素含量一直处于最大值, 苗期、结荚期和饱果期各处理的叶绿素值差异不显著。花针期 T_1 处理分别高出 CK、 T_2 、 T_3 、 T_4 和 T_5 处理的 17.16%、7.48%、10.13%、19.36% 和 18.22%。图 7

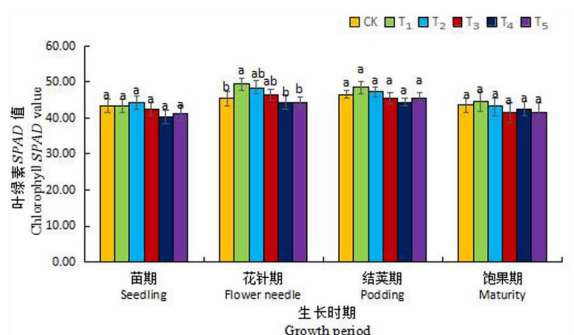


图 7 不同施肥处理下花生叶片叶绿素含量的变化

Fig. 7 Changes of different fertilization treatments on peanut of chlorophyll content

2.2.4 不同施肥处理对花生干物质累积量影响

研究表明, 达到 45.35 g, T_2 比 CK、 T_3 、 T_4 和 T_5 显著增加了 23.9%、24.1%、36.9% 和 45%, T_1 比 CK、 T_3 、 T_4 和 T_5 显著增加了 19.6%、19.8%、

32.1% 和 40%, T_1 和 T_2 处理间差异不显著, CK、 T_3 、 T_4 和 T_5 处理间差异不显著。图 8

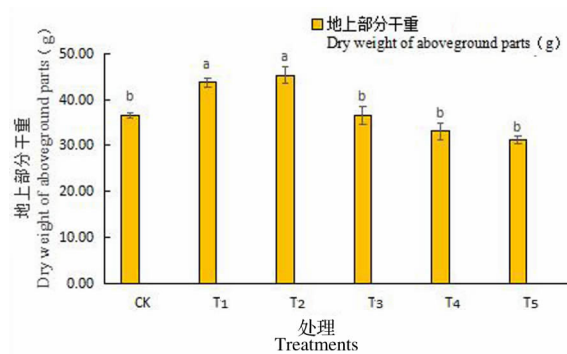


图 8 不同处理下花生地上部分干重的变化

Fig. 8 Changes of different treatments on the dry weight of peanut aboveground parts

达到 2.37 g, T_5 处理最小, 0.98 g, T_2 比 CK、 T_3 、 T_4 和 T_5 显著增加了 24.1%、25.6%、38.2% 和 48.3%, T_1 比 CK、 T_3 、 T_4 和 T_5 显著增加了 20.9%、21.7%、33.5% 和 42.4%, T_5 处理分别比 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 和 CK 处理显著降低了 55.9%、58.6%、35.9%、25.8% 和 37.6%, T_1 和 T_2 处理间差异不显著, CK、 T_3 和 T_4 处理间差异不显著。图 9

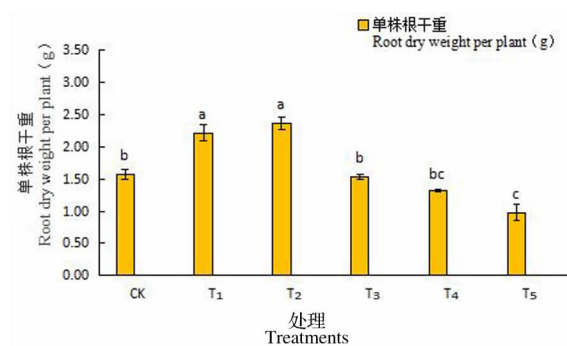


图 9 不同处理下花生根干重的变化

Fig. 9 Changes of different treatments on the dry weight of peanut roots

2.2.5 不同施肥处理对花生产量的影响

研究表明, 花生单株结果数 T_2 处理值最大, 达到 44 个, T_5 处理单株结果数最小, 29 个。 T_2 比 CK、 T_3 、 T_4 和 T_5 显著增加了 27.5%、29.6%、41.6% 和 50.9%, T_1 比 CK、 T_3 、 T_4 和 T_5 显著增加了 22.8%、23.5%、35.3% 和 44.1%, T_1 和 T_2 处理间差异不显著, CK、 T_3 、 T_4 和 T_5 处理间差异不显著。

花生单株果实重 T_2 处理值最大, 达到 81 g

(352.13kg/667m²), T₅ 处理单株果实重最小, 46 g(246.04 kg/667m²)。T₂ 比 CK、T₃、T₄ 和 T₅ 显著增加了 25.8%、26.7%、39.5% 和 49.3%, T₁ 比 CK、T₃、T₄ 和 T₅ 显著增加了 21.5%、22.6%、34.3% 和 43.8%, T₅ 处理分别较 T₁、T₂、T₃ 和 T₄ 和 CK 处理显著降低了 51.4%、54.2%、31.7%、22.1% 和 33.6%, T₁ 和 T₂ 处理间差异不显著, CK、T₃ 和 T₄ 处理间差异不显著。

基施黄腐酸肥料可促进单株结果数和单果实重的增加, 最终增加产量, 且在此基础上减施 30%~40% 化肥花生产量最高。表 3

表 3 不同施肥处理下花生产量性状的变化

Tab. 3 Changes of different treatments on basic characters of peanut yield

处理 Treatments	单株结果数(个) Number of results per plant(piece)	单株饱果数(个) Number of full fruits per plant(piece)	单株饱果重 Full fruit weight per plant(g)	单株秕果重 Weight of single plant blighted fruit(g)	单株果实重 Fruit weight per plant(g)	结实率 Seed setting rate(%)
CK	38 ± 2.56 ^b	31.59 ± 4.56 ^b	61.04 ± 5.23 ^b	6.41 ± 1.23 ^a	67.45 ± 5.23 ^b	65.1
T ₁	41 ± 3.61 ^a	38.76 ± 2.51 ^a	74.12 ± 9.41 ^a	2.24 ± 1.96 ^c	76.36 ± 9.41 ^a	76.7
T ₂	44 ± 3.94 ^a	40.35 ± 1.19 ^a	78.03 ± 6.68 ^a	3.65 ± 0.87 ^c	81.68 ± 6.68 ^a	80.3
T ₃	36 ± 4.68 ^b	31.54 ± 2.37 ^b	64.06 ± 3.93 ^b	4.46 ± 1.45 ^b	68.52 ± 3.93 ^b	75.9
T ₄	32 ± 2.85 ^b	28.12 ± 3.59 ^b	55.73 ± 4.78 ^b	3.88 ± 0.67 ^{bc}	59.61 ± 4.78 ^b	61.3
T ₅	29 ± 1.42 ^b	26.27 ± 5.73 ^b	44.21 ± 7.37 ^c	2.73 ± 1.64 ^c	46.94 ± 7.37 ^c	61.3

注:不同的小写字母表示在 5% 水平上差异显著
Notes: Different lower case letters represent significant difference at 5% level

2.2.6 产量与土壤理化性状相关性

研究表明,产量与土壤理化性状均成正相关关系,其中产量与土壤有机质、速效磷达显著相关水平($P<0.05$);土壤理化性状指标均呈正相关关系。土壤理化性状对花生产量有影响,且土壤有机质和速效磷的含量对作物产量有明显影响。表 4

表 4 产量与土壤理化性状的相关性

Tab. 4 Correlation analysis between yield and soil physicochemical properties

项目 Items	相关系数 Correlation coefficient						
	产量 Yield	总盐 Total salt	pH 值 pH value	有机质 Organic matter	碱解氮 Alkali hydrolyzable nitrogen	有效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium
产量 Yield	1						
总盐 Total salt	0.402	1					
pH 值 pH value	0.068	0.078	1				
有机质 Organic matter	0.603 **	0.418	0.237	1			
碱解氮 Alkali hydrolyzable nitrogen	0.072	0.261	-0.086	0.792 **	1		
有效磷 Available phosphorus	0.567 *	0.373	0.073	0.518 *	0.629 **	1	
速效钾 Available potassium	0.417	0.329	0.307	0.784 **	0.674 **	0.809 **	1

注: * 在 0.05 水平(双侧)上显著相关, ** 在 0.01 水平(双侧)上显著相关
Note: * Significant correlation at 0.05 level (bilateral), ** significant correlation at 0.01 level (bilateral)

3 讨论

3.1 化肥减量配施黄腐酸有机肥对土壤养分的影响

刘小媛等^[18]研究表明,化肥减量配施黄腐酸后显著提高了土壤有效磷含量。提高了土壤肥力。研究表明,合理的施肥措施能够有效提高土壤养分质量。丁维婷等^[19]研究表明,生物有机肥替代部分化肥能够提高土壤养分含量,改善土壤生物学特性,同时可以提升肥料利用率,增加经济效益。郑剑超^[10]研究表明,在温室连作土壤板结、耕层变浅和病虫害现象严重等情况下,增施生物菌肥和黄腐酸钾能活化、溶解土壤中的矿物质养分,提高连作土壤中的有效养分,增强温室土壤肥力,上述研究结论与试验结果相似,试验各处理中均是 T_1 或 T_2 处理土壤养分含量最高, T_3 或 CK 土壤养分含量最低,基施黄腐酸肥料减施 20% ~ 40% 的化肥仍可保持较高的土壤养分含量,但化肥减施过多则会使土壤养分含量降低。合理的施肥措施能够有效提高土壤养分质量并且施用黄腐酸可以有效改良盐渍化土壤。

3.2 化肥减量配施黄腐酸有机肥对花生生长的影响

前人^[20-22]研究表明,黄腐酸不仅可以促进植株的生长,还可增加作物产量、改善作物品质。高原等^[11]研究表明,在施用 600 kg/hm² 黄腐酸肥料的基础上,减少 15% ~ 30% 的氮磷钾化肥常规用量,能够显著提高提高辣椒植株的单株结果数和单果重,提高产量和品质。谷明轩^[1]等研究表明,黄腐酸通过优化花生幼苗根系形态和提高根系活力来促进花生幼苗对氮素的吸收利用,增加花生幼苗的氮素累积量,提高叶片叶绿素含量,增加花生幼苗干物质积累量,从而促进花生幼苗生长,该结果与研究结论一致,试验中, T_2 处理产量最大, T_3 处理各生长指标均低于对照,其原因可能是化肥减施量过多导致土壤中养分缺乏的缘故^[23],从而影响了作物的正常生长。

4 结论

4.1 土壤有机质含量花针期达到最大, T_1 (减施 20% 的化肥 + 100% 的黄腐酸) 处理最高为 122 mg/kg, T_3 (不施化肥 + 100% 的黄腐酸) 处理最低为 103 mg/kg;土壤碱解氮含量饱果期达到最大, T_2 (减施 40% 的化肥 + 100% 的黄腐酸) 处理最高

为 246.5 mg/kg,CK (常规化肥用量) 处理最低为 204.3 mg/kg;速效磷含量结荚期达到最大, T_1 处理最高为 49.1 mg/kg, T_4 (减施 80% 的化肥 + 100% 的黄腐酸) 处理最低为 30.4 mg/kg;速效钾含量饱果期达到最大, T_2 处理最高为 292 mg/kg,CK 处理最低为 158 mg/kg。基施黄腐酸肥料后,减施 20% ~ 40% 化肥,可提高土壤养分含量及土壤质量。

4.2 叶绿素含量花针期达到最大, T_1 处理最高为 49.29, T_3 处理最低为 44.28。地上部分干重 T_2 处理最大为 45.35 g, T_3 处理最小为 31.27 g;单株根干重 T_2 处理最大为 2.37 g, T_3 处理最小为 0.98 g;主茎高和第一对侧枝长均是在出苗后第 110 天达到最大,其中主茎高 T_1 处理最高为 27.67 cm, T_3 处理最低为 21.46 cm;第一对侧枝长 T_2 处理最高为 27.43 cm, T_3 处理最低为 21.32 cm。基施黄腐酸肥料后,减施 20% ~ 40% 化肥,可提高花生的叶绿素含量、干物质积累量、主茎高和第一对侧枝长。

4.3 花生单株结果数和单株果实重均是 T_2 处理值最大,分别为 44 个、81 g; T_3 处理最小,分别为 29 个、46 g。黄腐酸虽然可以增加土壤的有机质含量,但其本身并不含有足够的氮、磷、钾等作物所需营养元素。如果仅施用黄腐酸,而忽略施用含有这些元素的化肥,可能会导致植物营养不足,影响其生长和产量。基施黄腐酸肥料后,减施 20% ~ 40% 化肥,可提高花生单株结果数和单株果实重,提高产量。

黄腐酸具有一定的改良土壤和促进植物生长的作用,但不能完全替代化肥。因此,化肥与黄腐酸有机肥配施的优选技术方案:在施用 40 kg/667m² 黄腐酸肥料的基础上,减施 20% ~ 40% 化肥。

参考文献 (References)

- [1] 谷明轩, 刘凤珍, 孙伟, 等. 黄腐酸通过调控花生根系形态及活力促进幼苗生长[J]. 花生学报, 2023, 52(1): 63-71.
GU Mingxuan, LIU Fengzhen, SUN Wei, et al. Fulvic acid promotes seedling growth by regulating root morphology and activity of peanut[J]. *Journal of Peanut Science*, 2023, 52(1): 63-71.
- [2] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2022.
National Bureau of Statistics. *China Statistical Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2022.
- [3] 赵盼盼. 新疆干旱区花生新品种筛选与栽培技术研究[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2017: 1-3.
ZHAO Panpan. *Screening and cultivation techniques of new pea-*

- nut varieties in arid areas of southern Xinjiang* [D]. Aral: Tarim University, 2017: 1–3.
- [4] 何飞燕. 复合微生物菌剂对花生的促生作用及土壤细菌菌群变化研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2020.
- HE Feiyan. *Study on the growth promoting effect of compound microbial agents on peanut and the change of soil bacterial flora* [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2020.
- [5] 徐婷. 盐碱胁迫下花生生长发育及改良剂施用效果研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2022.
- XU Ting. *Study on the Growth and Development of Peanuts under Saline Alkali Stress and the Effect of Improving Agent Application* [D]. Shihezi: Shihezi University, 2022.
- [6] 于晟玥, 牛银星, 王泽平, 等. 黄腐酸添加量对低氮胁迫下小麦生长和根系形态的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2023, 29(2): 323–333.
- YU Shengyue, NIU Yinxing, WANG Zeping, et al. Effects of fulvic acid addition rate on wheat growth and root morphology under low nitrogen stress[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2023, 29(2): 323–333.
- [7] 于常海, 曹艳, 任孟伟, 等. 不同黄腐酸对苗期玉米生长及土壤养分含量的影响[J]. 肥料与健康, 2022, 49(3): 44–48.
- YU Changhai, CAO Yan, REN Mengwei, et al. Effects of different fulvic acids on maize growth at seedling stage and soil nutrient content[J]. *Fertilizer & Health*, 2022, 49(3): 44–48.
- [8] 刘侠. 黄腐酸对黑垆土结构及小白菜生长特性的影响研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2020.
- LIU Xia. *The effect of fulvic acid on the structure of black loessial soil and growth characteristics of pakchoi* [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2020.
- [9] GAO Wei, LI Mingyue, YANG Jun, et al. Effects of Different Application Amounts of Potassium Fulvate on Yield and Quality of Tomato and Soil Physical and Chemical Properties[J]. *Agricultural Science & Technology*, 2017, 18(12): 2392–2395.
- [10] 郑剑超. 化肥减量配施生物菌肥和黄腐酸钾对番茄生长及肥料利用率的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2022, (8): 106–110.
- ZHENG Jianchao. Effects of chemical fertilizer reduction combined with biofertilizer and fulvic acid potassium on tomato growth and fertilizer utilization rate[J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2022, (8): 106–110.
- [11] 高原, 郭晓青, 李福德, 等. 基施黄腐酸肥料情况下减施化肥提高设施辣椒产量和品质[J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(3): 594–602.
- GAO Yuan, GUO Xiaoqing, LI Fude, et al. Improvement of yield and quality of greenhouse-grown pepper through basal application of fulvic acid fertilizer under chemical fertilizer reduction[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2020, 26(3): 594–602.
- [12] 孙克刚, 郭良进, 和爱玲, 等. 黄腐酸有机肥不同用量对花生的增产效果研究[J]. 化肥工业, 2015, 42(2): 81–83.
- SUN Kegang, GUO Liangjin, HE Ailing, et al. Study of yield – increasing effect of different usage amount of fulvic acid organic fertilizer on peanuts[J]. *Chemical Fertilizer Industry*, 2015, 42(2): 81–83.
- [13] Jeong H, Bhattarai R. Exploring the effects of nitrogen fertilization management alternatives on nitrate loss and crop yields in tile-drained fields in Illinois[J]. *Journal of Environmental Management*, 2018, 213: 341–352.
- [14] 索炎炎, 张翔, 毛家伟, 等. 喷施不同有机酸与铁复混剂对花生生长发育的影响[J]. 花生学报, 2013, 42(2): 36–40.
- SUO Yanyan, ZHANG Xiang, MAO Jiawei, et al. Effects of spraying different Fe-organic acid complex on growth of peanut[J]. *Journal of Peanut Science*, 2013, 42(2): 36–40.
- [15] Puglisi E, Pascasio S, Suci N, et al. Rhizosphere microbial diversity as influenced by humic substance amendments and chemical composition of rhizodeposits[J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 2013, 129: 82–94.
- [16] 高建强, 曲杰, 程亮, 等. 不同抗旱剂处理对花生产量及主要农艺性状的影响[J]. 花生学报, 2015, 44(4): 63–66.
- GAO Jianqiang, QU Jie, CHENG Liang, et al. Effects of different drought-resistant agents on yield and main agronomic traits of peanut[J]. *Journal of Peanut Science*, 2015, 44(4): 63–66.
- [17] 詹柳琪, 郭陆垚, 黄佳华, 等. 花生玉米间作对土壤酶活性、养分及作物产量的影响[J]. 福建农业学报, 2022, 37(8): 985–994.
- ZHAN Liuqi, GUO Shengyao, HUANG Jiahua, et al. Crop yield, rhizosphere enzyme activity, and soil fertility as affected by peanut/maize intercropping[J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2022, 37(8): 985–994.
- [18] 刘小媛, 杨劲松, 姚荣江. 化肥减量配施黄腐酸降低盐渍农田 NaCl 含量提高氮磷养分有效性的协同效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(8): 1339–1350.
- LIU Xiaoyuan, YANG Jinsong, YAO Rongjiang. Synergistic effects of fertilizer reduction and fulvic acid application on decreasing NaCl content and N, P availability of salinized soil[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2021, 27(8): 1339–1350.
- [19] 丁维婷, 房静静, 武雪萍, 等. 有机肥替代化肥不同比例对黑土土壤微生物学性质及春麦产量品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2021, (2): 44–52.
- DING Weiting, FANG Jingjing, WU Xueping, et al. Effects of different ratios of organic fertilizers instead of chemical fertilizers on black soil microbiological properties and spring wheat yield and quality[J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2021, (2): 44–52.
- [20] 回振龙, 李朝周, 史文焯, 等. 黄腐酸改善连作马铃薯生长发育及抗性生理的研究[J]. 草业学报, 2013, 22(4): 130–136.
- HUI Zhenlong, LI Chaozhou, SHI Wenxuan, et al. A study on the use of fulvic acid to improve growth and resistance in continuous cropping of potato[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2013, 22(4): 130–136.

- [21] 庞强强, 陈日远, 刘厚诚, 等. 硝酸盐胁迫下黄腐酸对小白菜生长及氮代谢相关酶活性的影响[J]. 浙江农业学报, 2015, 27(12): 2136–2140.
- PANG Qiangqiang, CHEN Riyuan, LIU Houcheng, et al. Effects of fulvic acid on the growth and activities of nitrogen metabolism enzymes in pakchoi under NO_3^- stress[J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2015, 27(12): 2136–2140.
- [22] 庞晓燕. 营养液中添加不同剂量黄腐酸对基质栽培黄瓜生长、品质及产量的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2017.
- PANG Xiaoyan. *Effects of different doses of fulvic acid on the growth, quality and yield of substrate cultured cucumber*[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2017.
- [23] Ning C C, Gao P D, Wang B Q, et al. Impacts of chemical fertilizer reduction and organic amendments supplementation on soil nutrient, enzyme activity and heavy metal content[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2017, 16(8): 1819–1831.

Effects of reducing fertilizer and applying fulvic acid on soil nutrients and peanut growth

SUN Chen, HUAI Guolong, WANG Bin, SUN Jiusheng, YANG Zhiying, SHAN Nana

(Institute of Soil, Fertilizer and Agricultural Water Conservation, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

Abstract: **[Objective]** In order to explore the application effect of combined application of chemical fertilizer and humic acid organic fertilizer on saline soil and peanuts. **[Methods]** A peanut pot experiment is conducted. A combination of humic acid organic fertilizer and fertilizer application were applied in this experiment, and conventional fertilizer application rates were taken as a control. On the basis of basic application of humic acid organic fertilizer of $40 \text{ kg}/667\text{m}^2$, a total of 6 treatments were set up to reduce the conventional dosage of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers by 20%, 40%, 60%, 80%, and 100%. And by analyzing the changes in soil nutrients, peanut plant height, lateral branch length, chlorophyll content (SPAD value), dry matter accumulation and yield of plants, and other indicators, the effects of fertilizer reduction and organic substitution fertilization models on salinization soil nutrients and peanut growth were studied. **[Results]** After basic application of humic acid fertilizer, a significant reduction in fertilizer application could still maintain the normal growth of peanuts. Reducing fertilizer application by 20%–40% could significantly promote peanut growth, increase soil nutrient content, effectively improve saline soil, improve soil quality, and also increase the dry matter accumulation, chlorophyll content, number of fruit per plant, and fruit weight per plant of peanuts, thereby increasing yield. **[Conclusion]** The optimal technical solution for the combination of chemical fertilizer and humic acid organic fertilizer is to reduce the application of chemical fertilizer by 20% to 40% on the basis of applying $40 \text{ kg}/667\text{m}^2$ of humic acid fertilizer.

Key words: chemical fertilizer reduction; fulvic acid; peanuts; soil nutrients; grow

Fund projects: Innovation Ability Training Project for Young Sci – Tech Backbone Talents Sponsored by Xinjiang Academy of Agricultural Sciences (xjnkq – 20202014)

Correspondence author: SHAN Nana (1976 –), female, from Kaifeng, Henan, Ph. D., research fellow, research direction: agricultural non – point source pollution, (E – mail) 406852066@qq.com