



农业资源与环境学报

中文核心期刊
中国科技核心期刊

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT

欢迎投稿 <http://www.aed.org.cn>

油菜绿肥翻压还田对新疆盐碱土壤的改良效果研究

刘慧, 李子玉, 白志贵, 刘建国

引用本文:

刘慧, 李子玉, 白志贵, 等. 油菜绿肥翻压还田对新疆盐碱土壤的改良效果研究[J]. 农业资源与环境学报, 2020, 37(6): 914–923.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0566>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

三种材料复合施用对盐碱土壤改良效果的研究

金梦野, 李小华, 黄占斌, 杨永安

农业资源与环境学报. 2020, 37(5): 719–726 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0447>

减肥条件下生物炭施用方式对土壤肥力及酶活性的影响

刘遵奇, 兰宇, 杨铁鑫, 张艺潇, 孟军

农业资源与环境学报. 2020, 37(4): 544–551 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0143>

三种纳米材料对水稻幼苗生长及根际土壤肥力的影响

尹勇, 刘灵

农业资源与环境学报. 2020, 37(5): 736–743 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0259>

基于金属理化性质与土壤生态毒性基准值关系的QICAR模型研究

孟晓琪, 李金瓶, 马虹, 王学东

农业资源与环境学报. 2020, 37(6): 1001–1008 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0508>

不同土层配方方案对土壤水稳性团聚体及有机质的影响

黄云鑫, 李裕瑞, 刘彦随, 张轩畅, 常贵蒋, 冯巍仑

农业资源与环境学报. 2020, 37(6): 894–903 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0455>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

刘慧, 李子玉, 白志贵, 等. 油菜绿肥翻压还田对新疆盐碱土壤的改良效果研究[J]. 农业资源与环境学报, 2020, 37(6): 914–923.
LIU Hui, LI Zi-yu, BAI Zhi-gui, et al. Effects of rape green manure returned to field on saline alkali soil improvement in Xinjiang[J].
Journal of Agricultural Resources and Environment, 2020, 37(6): 914–923.



开放科学 OSID

油菜绿肥翻压还田对新疆盐碱土壤的改良效果研究

刘慧, 李子玉, 白志贵, 刘建国*

(石河子大学/新疆兵团绿洲生态农业省部共建国家重点实验室培育基地, 新疆 石河子 832003)

摘要:为探讨油菜绿肥翻压对盐碱土的改良效果,在中度盐碱荒地上设置油菜绿肥翻压还田1年(T1)、翻压还田2年(T2)和无绿肥还田(CK)三个处理,研究油菜绿肥对盐碱土壤理化性状、盐组分及棉花产量的影响。结果表明:油菜绿肥翻压的效果表现为T2>T1>CK,与CK相比,T2和T1处理分别使棉花籽棉产量增加27.5%和13.5%($P<0.05$);T2处理土壤pH值和电导率比CK分别降低1.0个单位和 $0.7\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,T2处理全氮、全磷、全钾和有机质比CK分别增加44.8%、9.1%、6.5%和115.2%;油菜绿肥粉碎还田显著降低盐碱离子含量,其中,与CK相比,T2处理土壤盐基阳离子 Ca^{2+} 、 K^{+} 、 Mg^{2+} 和 Na^{+} 含量显著($P<0.05$)降低30.3%、42.7%、41.0%和30.5%,土壤盐基阴离子 Cl^{-} 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 和 HCO_3^{-} 含量显著($P<0.05$)降低39.2%、33.0%、32.2%和32.1%。研究表明,油菜绿肥能改善土壤理化性状、增加养分含量、降低盐碱离子含量,对新疆绿洲干旱区盐碱土壤具有较好的改良效果。

关键词:油菜;绿肥;盐碱土壤;土壤理化性状;盐基离子

中图分类号:S156.4;S55

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2020)06-0914-10

doi: 10.13254/j.jare.2019.0566

Effects of rape green manure returned to field on saline alkali soil improvement in Xinjiang

LIU Hui, LI Zi-yu, BAI Zhi-gui, LIU Jian-guo*

(Shihezi University/Key Laboratory of Oasis Ecology Agriculture of the Xinjiang Production and Construction Corps, Shihezi 832003, China)

Abstract: We investigated the effects of returning rape green manure to field on saline alkali soil improvement in Xinjiang. Moderately saline and alkaline wastelands were subjected to three rape green manure treatments: 1 year(T1), 2 years(T2), and no green manure(CK) to elucidate the effects of returning rape green manure on the physical and chemical properties of saline soil, soil salt composition, and cotton yield. The results showed that the effect of returning rape green manure was as follows: T2>T1>CK. Compared with CK, T2 and T1 treatments significantly($P<0.05$) increased cotton seed yield by 27.5% and 13.5%, respectively. The pH value and conductivity of T2 were 1.0 unit and $0.7\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ lower, respectively, than that of CK; Moreover, total nitrogen, total phosphorus, total potassium, and organic matter content of T2 increased by 44.8%, 9.1%, 6.5%, and 115.2%, respectively. The content of saline-alkali ions in the soil was reduced by returning rape green manure to the field. Compared with CK, the content of T2 salt composition Ca^{2+} , K^{+} , Mg^{2+} , Na^{+} , Cl^{-} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , and HCO_3^{-} significantly($P<0.05$) decreased by 30.3%, 42.7%, 41.0%, 30.5%, 39.2%, 33.0%, 32.2%, and 32.1%, respectively. The results indicated that rape green manure could improve the physical and chemical properties of soil, increase nutrient content, decrease saline-alkali ion content, and have a good effect on saline-alkali soil improvement in the oasis arid area of Xinjiang.

Keywords: rape; green manure; saline-alkali soil; soil physical and chemical properties; base ion

盐碱土是盐土与碱土的统称,我国的盐碱土面积约9 913万 hm^2 ,占可用地面积的4.88%^[1],土壤盐渍化问题在新疆绿洲农区普遍存在,盐渍化耕地占耕地面

积的37.72%^[2],严重阻碍新疆绿洲农业的发展,针对这一问题从生物、化学、农业、水利工程等方面对盐碱土进行改良已取得相关成果^[3]。

收稿日期:2019-11-17 录用日期:2020-01-02

作者简介:刘慧(1994—),女,硕士研究生,研究方向为绿洲农田生态环境。E-mail:1621154683@qq.com

*通信作者:刘建国 E-mail:l-jianguo@126.com

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(201503120)

Project supported: The Special Scientific Research Fund of Agriculture Public Welfare Profession of China (201503120)

绿肥是一种生物肥源,主要由豆科、禾本科、十字花科、菊科等组成^[4],在我国具有悠久的栽培历史,是将当季栽培的植物整株就地翻压入田,从而起到调节土壤理化性状、增加土壤养分、提升土壤肥力、改善土壤环境、丰富土壤微生物群落并增加微生物种群数量、提高作物产量的作用^[5-7]。绿肥压碱、排碱作为一项新兴的生物改良技术得到广泛应用,其主要通过改土培肥、改善土壤微生物结构和环境、降低盐碱离子含量来达到改良盐碱土的效果^[8]。种植油菜、牧草等植物可降低土壤全盐量,增加土壤有机物质、土壤微生物的量,能够有效地改善盐碱土壤的微环境,但植物品种不同,改良效果也存在差异^[9]。Bruning等^[10]通过在盐碱地栽植豆科植物作绿肥,发现豆科绿肥具有改善盐碱地土壤环境的效果。油菜作为一种新型的绿肥,含有大量的养分,其适应性广、抗逆性强,具有较强的耐盐碱适应性^[11]。国内绿肥植物对盐碱地的改良技术主要集中在绿肥植物的种植改良机制,绿肥翻压也主要围绕豆科植物箭舌豌豆、紫云英、苕子及黑麦草等。箭舌豌豆、紫云英、苕子及黑麦草的种植翻压能提高土壤酶活性,具有明显的培肥土壤的作用^[12-13]。潘福霞等^[14]研究绿肥翻压对土壤肥力的改良效应,发现箭舌豌豆、苕子的翻压能够增加土壤养分含量,提高土壤肥力。紫云英和油菜绿肥作物的翻压还田也可提升土壤肥力,增加水稻产量^[15-16]。油菜做饲料及绿肥是近些年引进新疆的新技术,油菜做绿肥对新疆盐碱土壤改良效果的研究较少。本研究在新疆北部中度盐碱土环境下,开展油菜绿肥翻压对盐碱土壤理化性状、养分、盐组分含量的影响研究,以期探明油菜绿肥翻压改良盐碱土的效果,为新疆盐碱土壤生物改良提供科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验地设在新疆生产建设兵团第八师146团(北纬44°36′1.75″,东经85°57′35.72″),位于天山北麓准噶尔盆地南部,古尔班通古特沙漠西南缘,海拔362~353 m,属典型大陆性气候,无霜期为148~187 d,年降水量为110~200 mm,年蒸发量为1 500~2 000 mm,该区域处于冲积洪积扇缘,地下水位高,强烈的蒸发加速了盐分的表聚,耕地土壤盐碱化程度较重。

1.2 试验设计

试验选择开垦两年的盐碱地,其pH为10.26,电导率为1.37~2.18 mS·cm⁻¹,质地黏重,有机质含量8.7

g·kg⁻¹,全氮含量为0.3 g·kg⁻¹,全磷含量为0.7 g·kg⁻¹,全钾14.7 g·kg⁻¹。研究设置油菜绿肥粉碎还田1年(T1)、油菜绿肥粉碎还田2年(T2)和无油菜绿肥还田处理(CK),每处理面积9.6 m×100 m,重复三次。油菜播种依照当地复播时间7月初播种,油菜品种为华油杂62号(种子由华中农业大学提供),播种量15 kg·hm⁻²,滴灌栽培,播种时追施300 kg·hm⁻²重过磷酸钙,出苗后30 d开始随水追施尿素,共计450 kg·hm⁻²,全生育期浇水4~5次,10月中旬秸秆粉碎翻耕还田,油菜绿肥地上部鲜质量67 500 kg·hm⁻²,翻耕深度25~30 cm。于2019年4月25日播种棉花,品种为“新陆早46号”,采用膜下滴灌栽培种植模式:1膜3管6行。总灌水量是5 700 m³·hm⁻²,施肥、田间管理与实际生产一致。

1.3 土样采集

试验土样采集时间为2019年6月7日(棉花蕾期)和2019年7月5日(棉花花铃期),每个处理采用五点混合取样法,用取土钻按土层深度0~20、20~40、40~60 cm进行土样采集,将同一深度土壤均匀混合后置于透明自封袋内及时带回实验室,自然风干。

1.4 测定指标及方法

将风干土壤除去植物残体及小石头,研磨后过孔径为2 mm土壤筛,测定土壤pH值、电导率、土壤盐离子,土壤全氮、全磷、全钾测定前样品过0.25 mm筛。土壤pH值测定采用电位法,所取土样为碱性土,采用1:2.5土水比进行测定;土壤电导率采用DDSJ-308F型电导率仪进行测定,土水比为1:5;土壤盐分组成含量测定:Na⁺、K⁺采用火焰光度法;CO₃²⁻、HCO₃⁻采用双指示剂-中和滴定法;Cl⁻采用硝酸银滴定法;Ca²⁺、Mg²⁺、SO₄²⁻采用EDTA滴定法;土壤全氮采用凯氏定氮法;全磷、全钾采用常规分析法。

棉花的产量指标主要调查棉花的收获株数、株高、果枝台数、单株铃数,测定棉花的单铃质量、衣分、单位面积产量。

1.5 数据分析与处理

数据处理采用Microsoft Excel 2010和SPSS 19.0软件进行数据统计分析,采用Duncan法检验数据的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 油菜绿肥翻压对土壤pH值的影响

土壤pH值是衡量土壤盐碱程度的一个重要指标。棉花蕾期T1、T2处理下土壤pH值的变化特征如

图1所示,棉花蕾期pH值在同一土层均表现为CK>T1>T2。与CK相比,T1处理的pH值在0~20、20~40 cm和40~60 cm土层分别下降了0.7、0.5、0.2个单位,T2处理降低了1.4、1.2、0.9个单位。图1A说明T2、T1处理pH值与CK在0~20、20~40 cm土层存在显著差异($P<0.05$),在40~60 cm土层T2处理pH值与CK、T1处理存在显著差异($P<0.05$),T2、T1处理pH值在各土层均存在显著差异($P<0.05$)。棉花花铃期pH值变化趋势与棉花蕾期一致。T1、T2处理pH值在0~20 cm土壤较CK分别下降了0.5、0.7个单位,在20~40 cm土壤分别下降了0.5、0.7个单位,在40~60 cm土壤分别下降了0.6、0.9个单位。同时,在0~20、20~40、40~60 cm土层中,T1、T2与CK存在显著差异($P<0.05$),但是T1与T2无显著差异($P>0.05$)。

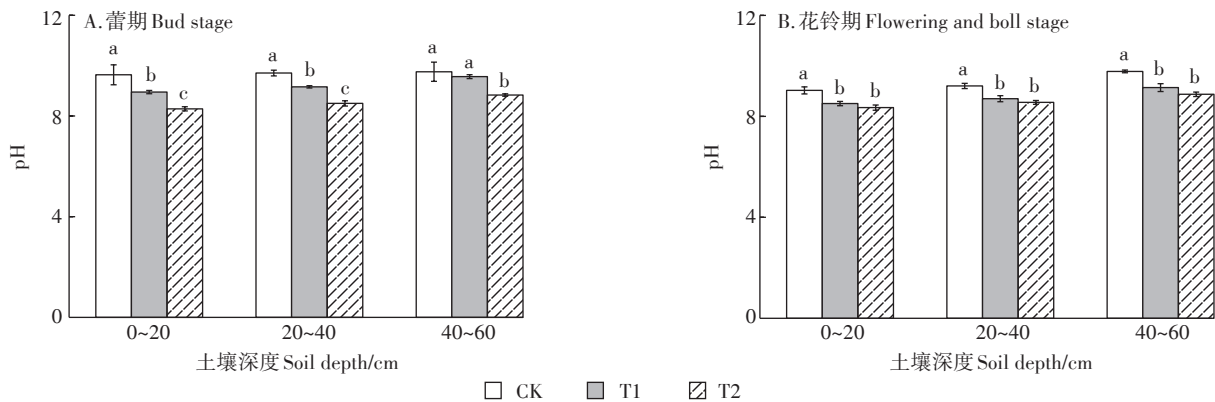
2.2 油菜绿肥翻压对土壤EC值的影响

土壤电导率(EC值)能反映土壤盐含量的变化特征,土壤EC值越大,含盐量越高。从图2可发现,棉

花蕾期、花铃期土壤EC值随着土层深度的加深而增大,均在40~60 cm土层达到最大值2.4、1.8 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 。棉花蕾期(图2A)EC值表现为CK>T1>T2,T2对土壤EC值的降低效果更显著($P<0.05$),各土层土壤EC值较CK均降低了0.8 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,T1处理在各土层较CK也显著($P<0.05$)降低土壤EC值。棉花花铃期(图2B)T1、T2对土壤EC值的降低效果同棉花蕾期一致。T1、T2、CK三个处理之间均存在显著差异($P<0.05$),T1处理土壤EC值在0~20、20~40、40~60 cm土层较CK降低了0.4、0.5、0.4 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,T2处理在0~20、20~40、40~60 cm土层较CK分别降低了0.6、0.7、0.6 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,T2降低效果更为明显。

2.3 油菜绿肥翻压对土壤养分的影响

油菜绿肥翻压后棉花蕾期、花铃期的土壤全氮含量变化如图3所示,在棉花蕾期、花铃期土壤中的全氮含量随着土壤深度的递增而逐渐降低。蕾期、花铃期各土层土壤全氮含量均表现为CK<T1<T2,CK与



不同小写字母表示同一土层深度下处理间差异显著($P<0.05$)。下同
The different lowercase letters indicate significant differences among treatments in the same depth ($P<0.05$). The same below

图1 油菜绿肥翻压对土壤pH值的影响

Figure 1 Effect of rape green manure on soil pH

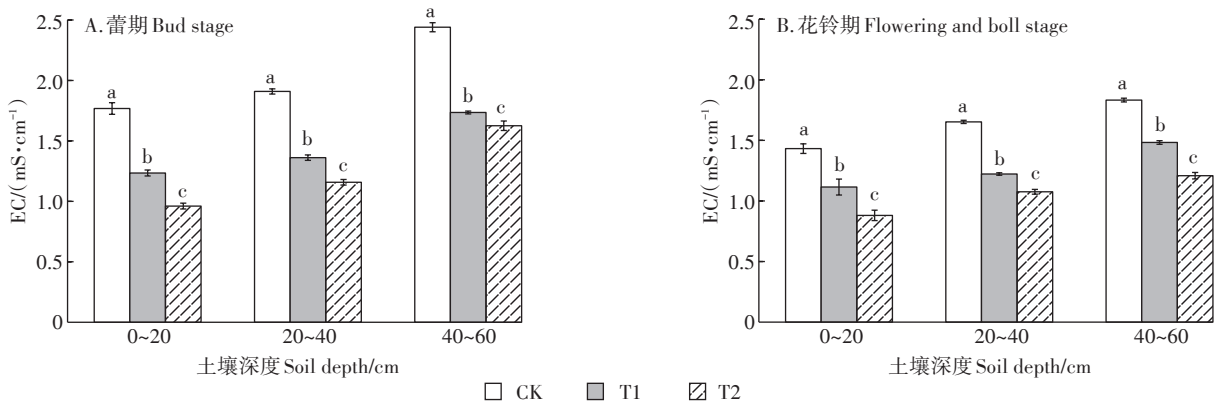


图2 油菜绿肥翻压对土壤EC值的影响

Figure 2 Effect of rape green manure on soil electrical conductivity

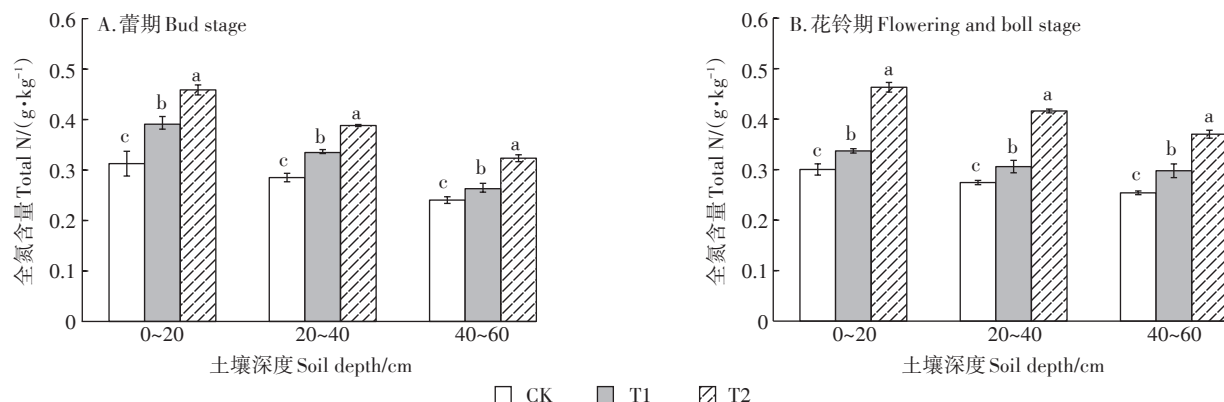


图3 油菜绿肥翻压对土壤全氮含量的影响

Figure 3 Effect of rape green manure on soil total nitrogen content

T1、T2处理存在显著差异($P<0.05$), T2与T1之间也存在显著差异($P<0.05$), 且蕾期、花铃期各处理全氮含量在0~20 cm土层含量最高。棉花蕾期(图3A) T1与CK相比, T1全氮含量在0~20、20~40 cm和40~60 cm土层分别提高25.0%、17.4%和9.4%, T2较CK增幅分别为46.7%、36.2%和34.5%。棉花花铃期(图3B)与CK相比, T1全氮含量在0~20、20~40 cm和40~60 cm土层分别提高了12.3%、11.5%和17.2%, T2较CK增幅分别是54.2%、51.6%和45.7%。

油菜绿肥翻压后, 土壤全磷含量变化如图4所示, 土壤全磷含量随着土壤深度的增加而增高。棉花蕾期(图4A)在0~20、20~40 cm和40~60 cm土层, T2与CK相比全磷含量分别提高了11.2%、14.7%和12.1%, 差异显著($P<0.05$), T1在0~20、20~40、40~60 cm土层全磷含量增加了2.7%、5.1%、4.2%。棉花花铃期, 在0~20 cm土层CK、T1、T2处理间无显著差异, 20~40 cm土层T2与CK存在显著差异, T1、T2之间无

显著差异, 40~60 cm土层中, T2处理的全磷含量较CK、T1分别增加11.0%和3.4%。

油菜绿肥翻压后土壤全钾的含量见图5, 在棉花蕾期(图5A) T2显著($P<0.05$)提高了各土层全钾含量, 较CK增加6.6%、4.5%和6.1%。棉花花铃期(图5B) T2处理较CK各土层全钾含量分别提高了7.9%、7.6%和6.5%, 差异显著($P<0.05$), T1处理在0~20、20~40 cm土层与CK处理存在显著差异, 全钾含量增加5.9%和3.5%, 在40~60 cm土层与CK无显著差异。

油菜绿肥翻压后土壤有机质含量见图6, 棉花蕾期(图6A) T1、T2中有机质含量显著($P<0.05$)提高, 其中在0~20 cm土层有机质增幅尤为明显, 有机质增幅为161.5~167.7%, 在20~40、40~60 cm土层T1与T2之间差异显著($P<0.05$)。棉花花铃期(图6B), T1、T2处理与CK之间存在显著差异, T2处理有机质含量增加更为显著($P<0.05$), 在0~20、20~40 cm和40~60 cm土层分别提高107.6%、70.1%、70.7%, 同时T1与T2处理

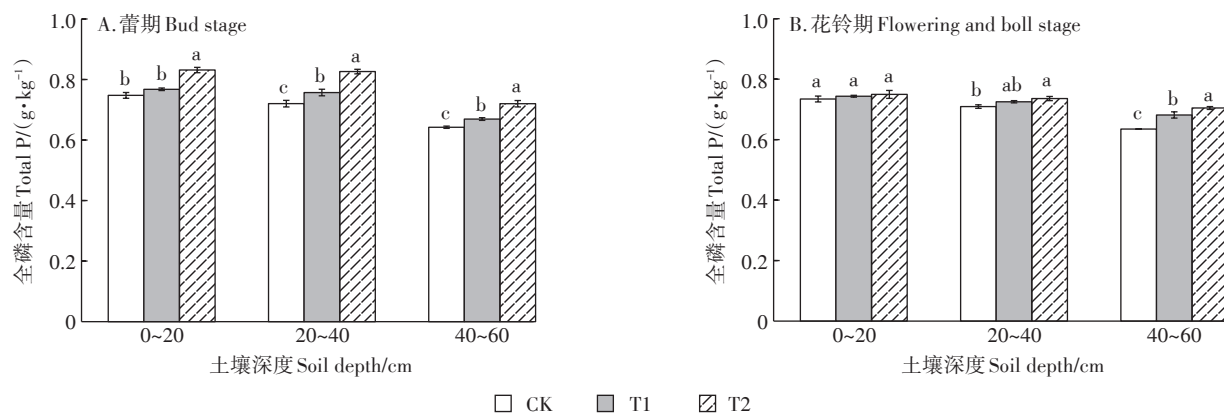


图4 油菜绿肥翻压对土壤全磷含量的影响

Figure 4 Effect of rape green manure on soil total phosphorus content

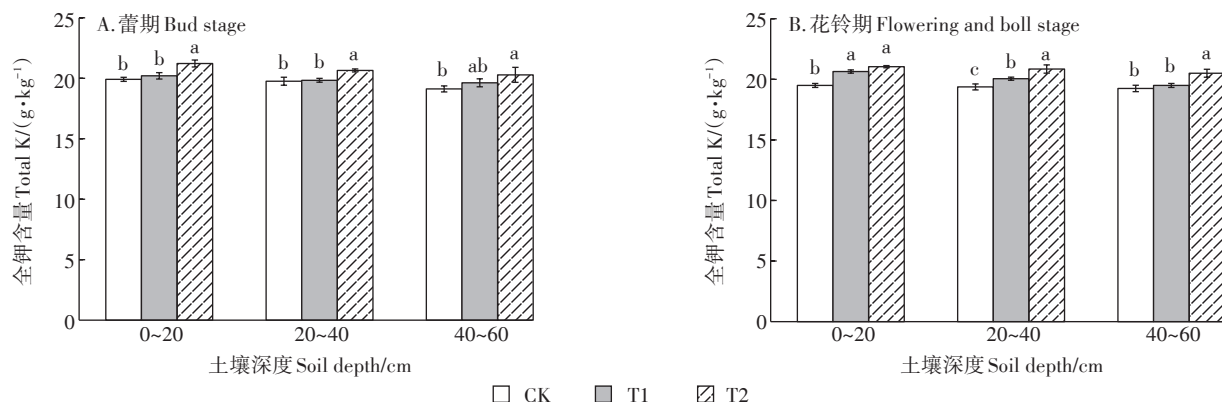


图5 油菜绿肥翻压对土壤全钾含量的影响

Figure 5 Effect of rape green manure on soil total potassium content

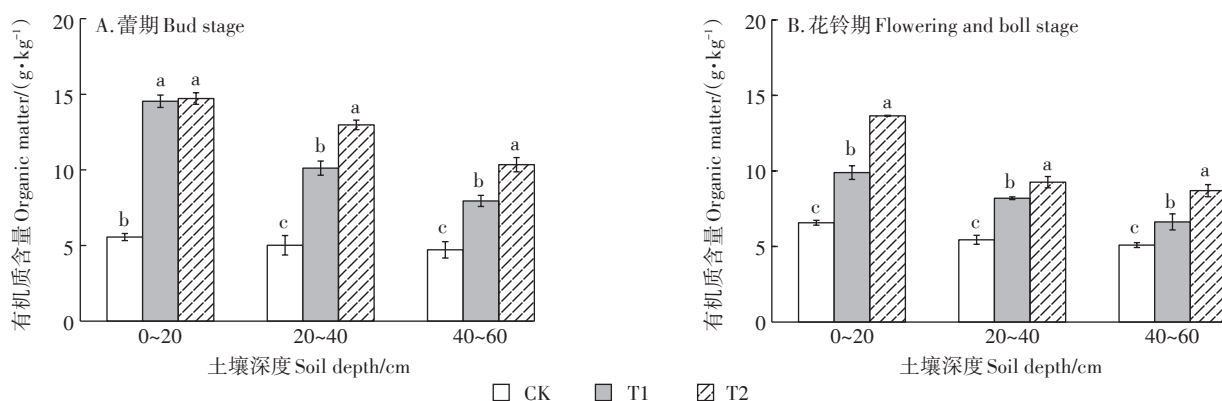


图6 油菜绿肥翻压对土壤有机质含量的影响

Figure 6 Effect of rape green manure on soil organic matter content

之间的差异也达到了显著水平($P<0.05$)。

2.4 油菜绿肥翻压对土壤盐基离子的影响

在棉花蕾期和花铃期, T1、T2处理降低了盐碱土壤中阳离子含量。如图7显示, 同一土层 Ca^{2+} 、 K^{+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 含量均表现为 $\text{T2}<\text{T1}<\text{CK}$, 并且 Ca^{2+} 、 K^{+} 、 Mg^{2+} 随着土层深度的增加呈下降的趋势, 而 Na^{+} 随着土层深度的增加而增加。在棉花蕾期, 与CK相比, T1、T2在0~20、20~40 cm和40~60 cm土层均显著($P<0.05$)降低土壤 Ca^{2+} 含量, T1处理 Ca^{2+} 含量分别降低8.4%、20.3%和18.5%, T2处理 Ca^{2+} 含量分别降低27.5%、32.4%和29.3%, 其中T1、T2均在20~40 cm土层 Ca^{2+} 含量最高且降低效果也最为明显。棉花蕾期和花铃期, K^{+} 含量在表层最高, 并向深层土壤递减, T1、T2显著降低0~20、20~40、40~60 cm土层 K^{+} 含量。在蕾期T1、T2处理在40~60 cm土层降幅达到最大, 分别降低37.1%、47.1%。 Mg^{2+} 含量在0~20 cm土层含量最高, T1、T2较CK显著($P<0.05$)降低 Mg^{2+} 含量, 在蕾期油菜绿肥还田在0~20 cm降低 Mg^{2+} 效果最好, T1、T2分别降低了40.3%和44.5%。 Na^{+} 含量随着土层深度增

加而增加, 与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 含量在土层中变化相反, T1、T2处理较CK相比 Na^{+} 含量在0~20、20~40、40~60 cm土层均显著($P<0.05$)降低, T1与T2处理在两个时期20~40、40~60 cm土层存在显著差异($P<0.05$), 且T1、T2表现为在棉花蕾期20~40 cm土层 Na^{+} 含量下降明显, 分别降低了28.3%和36.2%。

油菜绿肥翻压还田对土壤盐基阴离子的影响如图8所示, T1、T2处理均降低了0~60 cm各土层 Cl^{-} 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^{-} 含量, Cl^{-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^{-} 含量随着土层深度的增加而增加, SO_4^{2-} 含量随着土层深度的增加而降低。棉花蕾期不同处理 Cl^{-} 离子含量在20~40 cm土层含量最高, 棉花花铃期40~60 cm土层 Cl^{-} 离子含量最高, T1、T2处理在0~20 cm土层 Cl^{-} 含量降低最明显, 棉花蕾期、花铃期分别降低29.3%、42.8%和35.8%、45.6%。T1、T2处理与CK相比 SO_4^{2-} 含量在0~20、40~60 cm土层都存在显著差异($P<0.05$), T1处理 SO_4^{2-} 含量在棉花蕾期20~40 cm土层降幅最大达23.4%, 降低 $0.8 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, T2处理 SO_4^{2-} 含量在花铃期0~20 cm土层降幅最大达37.8%, 降低 $1.5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。不同处理 CO_3^{2-} 含量

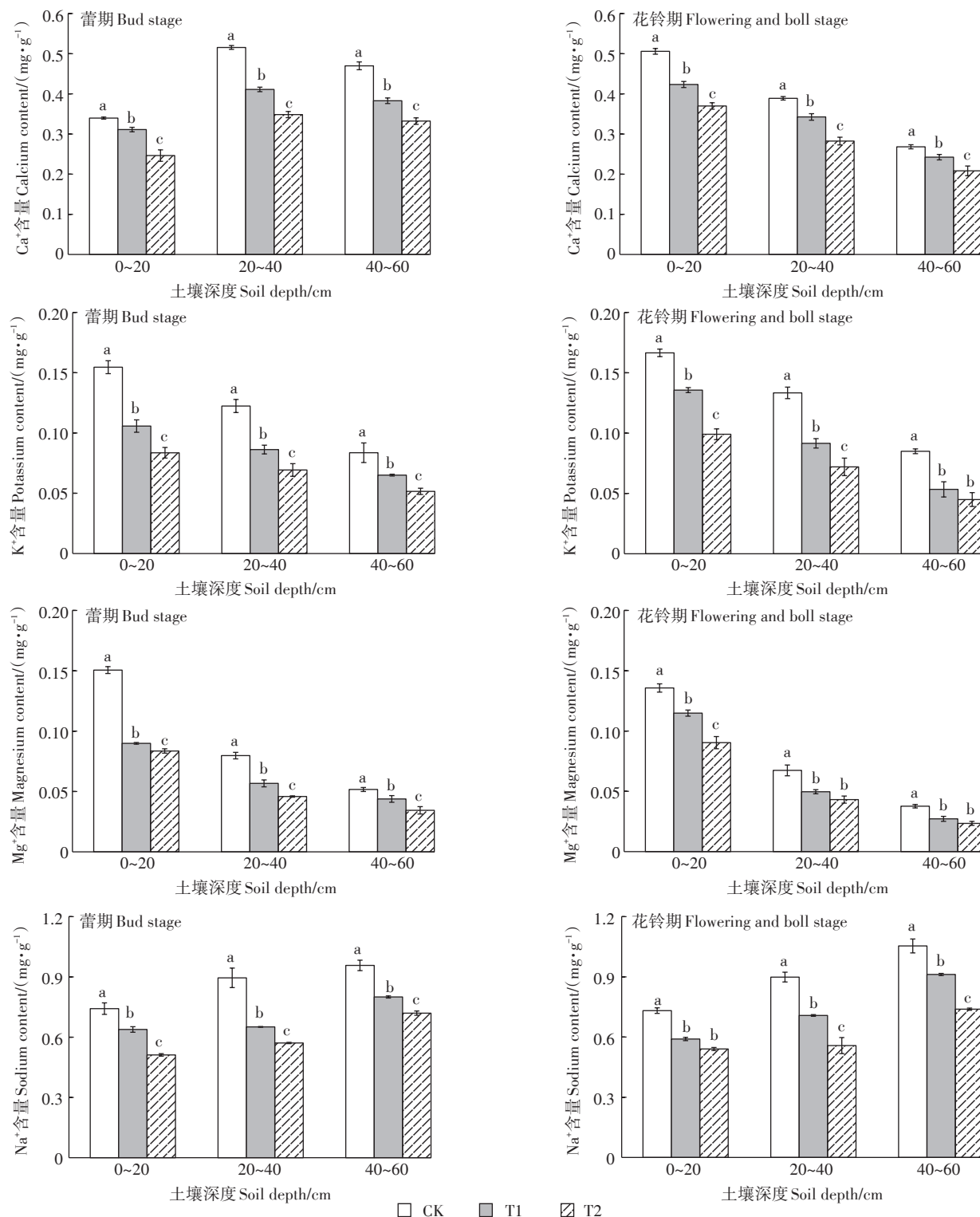


图7 油菜绿肥翻压对土壤盐基阳离子的影响

Figure 7 Effect of rape green manure on soil base cation

呈向深层土壤递增的趋势,T1、T2与CK对比,均显著($P<0.05$)降低土壤中 CO_3^{2-} 含量,T1与T2间存在显著差异($P<0.05$),T1、T2均在蕾期0~20 cm土层 CO_3^{2-} 含量降幅最大,较CK分别降低30.5%、38.7%。不同处

理 HCO_3^- 的含量表现为40~60 cm>20~40 cm>0~20 cm,相比CK,T1在蕾期0~20、40~60 cm土层均显著($P<0.05$)降低了 HCO_3^- 含量,分别降低12.6%和8.3%,T2在蕾期0~20、20~40、40~60 cm土层中 HCO_3^- 含量降幅

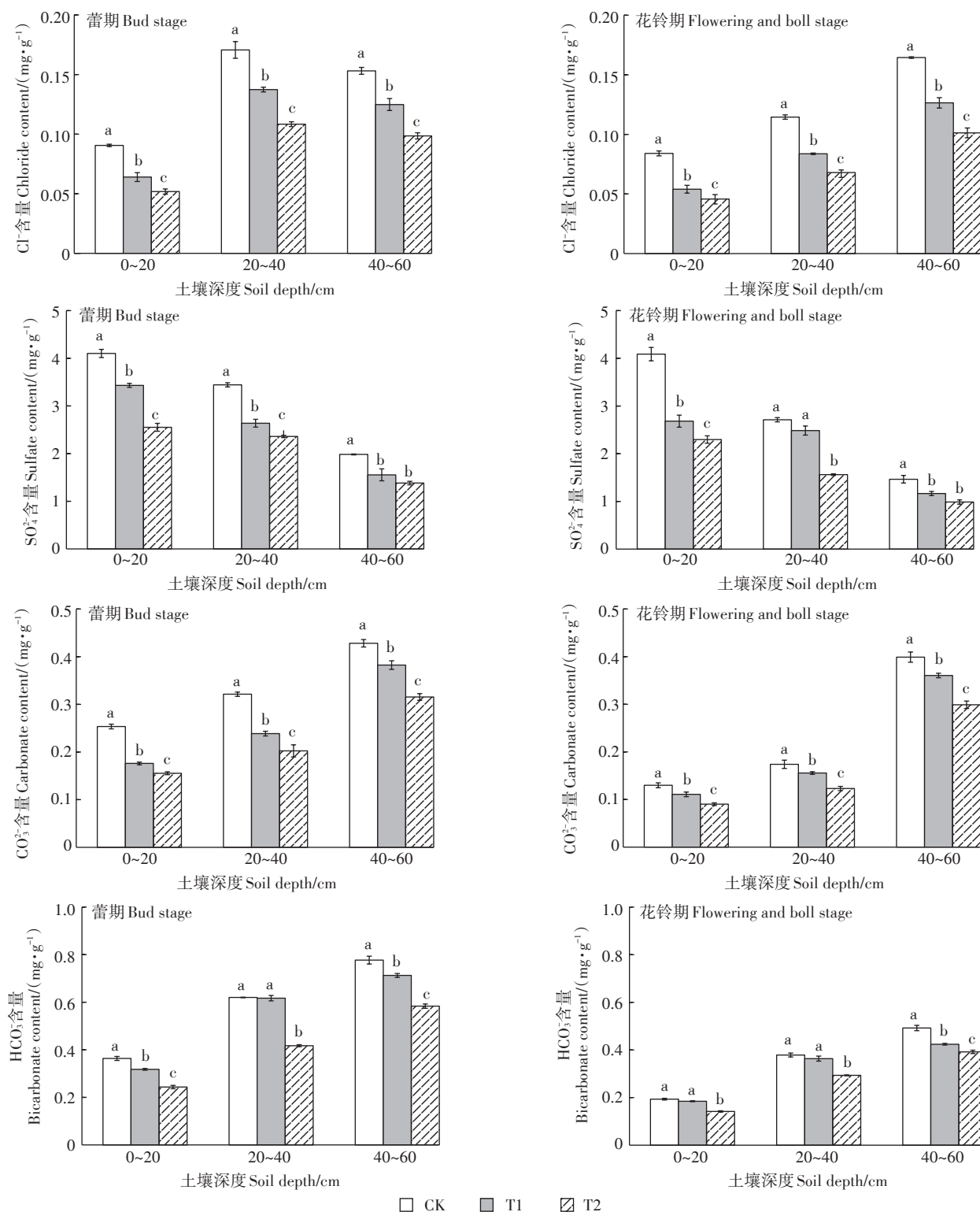


图8 油菜绿肥翻压对土壤盐基阴离子的影响

Figure 8 Effect of rape green manure on soil base anion

最大,分别降低33.1%、32.7%和24.9%,均存在显著差异。

2.5 油菜绿肥翻压对棉花产量的影响

油菜绿肥翻压对棉花产量性状的影响如表1所

示,T1、T2的收获株数与CK无显著差异,棉花株高分别增加了27.7 cm和11.1 cm,T2与CK差异显著($P < 0.05$)。T1、T2处理的棉花果枝台数较CK显著($P < 0.05$)增加36.9%和41.5%。T1、T2处理单株铃数和单

铃质量与CK差异不显著。油菜绿肥翻压还田提高棉花籽棉产量,T1、T2处理较CK分别增加13.5%和27.5%。

3 讨论

3.1 油菜绿肥翻压对土壤理化性状的影响

油菜属直根系作物,其根系在生长过程中伴随着穿刺效应,根系老化死亡后,形成许多微孔隙,可提高土壤的通气性和透水性^[17]。已有研究表明,翻压后油菜绿肥被迅速分解可供后茬作物利用,促进作物地下根系生长,增加根系数量,土壤孔隙度随之提高,达到调节土壤理化性状、改良盐碱土壤的效果^[18]。不同种类的绿肥对土壤pH的影响不一致,有研究表明黑麦草、箭舌豌豆、光叶紫花苜蓿翻压后的土壤pH降低,冬牧70、紫云英可使土壤pH升高^[19]。本研究中油菜绿肥翻压后土壤pH值和电导率均下降,与刘东洋等^[20]开展的不同品种油菜对土壤理化性状的影响研究结果一致。张旭龙等^[21]研究发现不同油菜品种对盐碱地的改良效果不同,不同油菜品种的耐盐特性也存在差异,改善盐碱土壤环境的能力不一致。

3.2 油菜绿肥翻压对土壤养分的影响

绿肥翻压还田后将自身养分转到土壤中,增加了土壤中宏量、微量养分^[22]。前人研究发现绿肥翻压还田后经腐解过程可以产生大量可溶性有机物,还可增加土壤生物的固氮能力,并提高土壤磷、钾等养分,促进土壤养分的高效循环,调节土壤养分平衡^[23-24]。油菜作为十字花科植物,具有活化土壤磷素的作用,并且本身富含氮、磷、钾元素,经土壤微生物分解后可促进植物的吸收利用,增加土壤中氮、磷、钾养分含量^[25-26]。油菜作为绿肥,其碳氮比有益于后茬作物的吸收和干物质的积累^[27]。油菜绿肥翻压还田后,土壤全氮、全磷、全钾养分积累量增多,有机质含量提高,与李文广等^[28]、张树杰等^[29]、Deng等^[30]的研究结果一致。李红燕等^[31]发现油菜绿肥翻压能活化土壤中的

有机物,并具有显著的培肥效应。绿肥的种植翻压能使地下部根系生长旺盛,土壤孔隙数量和团粒结构增加,提高土壤通气性,同时使土壤有益菌群落增加,土壤酶活性提高,促进养分的分解合成,培肥地力,能有效减少化肥的施用,对缓解土壤速效养分不足具有积极作用。

3.3 油菜绿肥不同翻压年限对土壤盐碱离子的影响

土壤胶体吸附过多的碱性阳离子会形成盐碱化土壤,盐角草在新疆盐碱地种植后,表现出良好的降盐效果,是由于盐角草增加了土壤有机物质,降低土壤盐碱离子从而达到降盐、聚盐作用^[32],与油菜绿肥翻压对盐碱土的改良效果一致。研究表明油菜在新疆中度盐碱地种植翻压后可降低土壤盐碱离子含量,是由于腐殖质含量增加,改善了土壤胶体种类和数量,从而减少土壤胶体对碱性阳离子的吸附作用,降低盐害^[33]。本研究中,与对照相比,油菜绿肥翻压1年和2年各土层碱性阳离子与碱性阴离子含量均显著降低。盐基离子变化趋势表现为:在棉花蕾期土壤 Ca^{2+} 、 Cl^- 含量随着土壤深度的增加,表现先递增再递减的趋势,说明该时期土壤 Ca^{2+} 、 Cl^- 主要集中在土壤中层,土壤中 Na^+ 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 含量随土层的递增而含量增加,表示在蕾期 Na^+ 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 累积在土壤深层,而 K^+ 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 则表现为盐基离子的表聚。在棉花花铃期 Ca^{2+} 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 积聚在表层土壤中, Na^+ 、 Cl^- 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 向深层土壤中积累。这与张如莲等^[34]探讨6种豆科绿肥对交换性盐基组分的结果一致,在绿肥翻压后,土壤养分、有机质含量、微团聚体数量增加,土壤孔隙增多,水分下渗速度加快,盐基离子向深层累积,同时绿肥的施用会增加土壤有机胶体和腐殖质数量,土壤胶体对盐组分的吸附能力提高,降低土壤中盐离子活性,从而起到脱盐的效果^[35]。

4 结论

(1)油菜绿肥翻压还田2年,与对照相比,土壤

表1 棉花产量性状调查表

Table 1 Investigation of cotton yield characters

处理 Treatments	收获株数 Total number of plants harvested/(10 ⁴ ·hm ⁻²)	株高 Plant height/cm	果枝台数 Fruit branch number	单株铃数 Boll per plant	单铃质量 Boll weight/g	衣分 Lint percentage/%	单位面积产量 Yield per unit area/ (kg·hm ⁻²)
CK	17.4±0.5a	64.8±1.4b	6.5±0.2b	4.9±0.3a	4.7±0.2a	0.41±0.00b	3 991.3±162.8b
T1	18.0±0.3a	76.0±0.3b	8.9±0.2a	5.2±0.4a	4.8±0.0a	0.44±0.00a	4 530.3±410.0ab
T2	18.6±0.5a	92.5±4.8a	9.2±0.2a	5.6±0.3a	4.9±0.1a	0.45±0.00a	5 090.7±414.3a

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

Note: Different letters within the same column indicate significant differences among treatments at 0.05 level.

pH值、电导率分别降低1.0个单位和 $0.7\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,土壤氮、磷和钾养分的含量显著提高。

(2)油菜绿肥可以显著降低盐碱地0~60 cm耕层土壤中可溶性 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 以及 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 盐基离子含量,并随着还田年限增加效果更加明显。

(3)油菜绿肥还田1年和2年使棉花产量分别增加13.5%和27.5%,对于干旱区盐碱地土壤具有较好的改良效果。

参考文献:

- [1] 杨劲松. 中国盐渍土研究的发展历程与展望[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 837-845.
YANG Jin-song. Development and prospect of the research on salt-affected soils in China[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2008, 45(5): 837-845.
- [2] 田长彦, 买文选, 赵振勇. 新疆干旱区盐碱地生态治理关键技术研究[J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7064-7068.
TIAN Chang-yan, MAI Wen-xuan, ZHAO Zhen-yong. Study on key technologies for ecological management of saline alkali land in arid area of Xinjiang[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(22): 7064-7068.
- [3] 胡明芳, 田长彦, 赵振勇, 等. 新疆盐碱地成因及改良措施研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012, 40(10): 111-117.
HU Ming-fang, TIAN Chang-yan, ZHAO Zhen-yong, et al. Salinization causes research progress of technologies improving saline-alkali soil in Xinjiang[J]. *Journal of Northwest A&F University (Natural Science)*, 2012, 40(10): 111-117.
- [4] 李子双, 廉晓娟, 王薇, 等. 我国绿肥的研究进展[J]. 草业科学, 2013, 30(7): 1135-1140.
LI Zi-shuang, LIAN Xiao-juan, WANG Wei, et al. Research progress of green manure in China[J]. *Pratacultural Science*, 2013, 30(7): 1135-1140.
- [5] Biederbeck V O, Zentner R P, Campbell C A. Soil microbial populations and activities as influenced by legume green fallow in a semiarid climate[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2005, 37(10): 1775-1784.
- [6] Elfstrand S, Hedlund K, Martensson A. Soil enzyme activities, microbial community composition and function after 47 years of continuous green manuring[J]. *Applied Soil Ecology*, 2007, 35(3): 610-621.
- [7] 王伯诚, 赖小芳, 陈银龙, 等. 带籽紫云英翻耕对水稻产量及稻田土壤性质的影响[J]. 南方农业学报, 2013, 44(3): 437-441.
WANG Bo-cheng, LAI Xiao-fang, CHEN Yin-long, et al. Effects of *Astragalus sinicus* ploughed at maturity stage on rice yield and soil properties of paddy field[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2013, 44(3): 437-441.
- [8] 殷厚民, 胡建, 王青青, 等. 松嫩平原西部盐碱土旱作改良研究进展与展望[J]. 土壤通报, 2017, 48(1): 236-242.
YIN Hou-min, HU Jian, WANG Qing-qing, et al. Advance and prospect of the research on improvement by dry farming measures of saline-alkali soils in western Songnen Plain of China[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2017, 48(1): 236-242.
- [9] 马飞, 徐婷婷, 李明, 等. 锦鸡儿植物对盐碱地土壤理化性质和细菌群落的影响[J]. 西北植物学报, 2017, 37(9): 1872-1880.
MA Fei, XU Ting-ting, LI Ming, et al. Effect of plantation of *Caragana* species on soil properties and bacterial community dynamics in saline-alkali soil[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2017, 37(9): 1872-1880.
- [10] Bruning B, Van Logtestijn R, Broekman R, et al. Growth and nitrogen fixation of legumes at increased salinity under field conditions: Implications for the use of green manures in saline environments[J]. *AoB Plants*, 2015, 7: plv010.
- [11] 朱孔志, 吴明昊, 申玉香, 等. 不同油菜品种在盐碱地的耐盐性鉴定及筛选[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(8): 1354-1356, 1364.
ZHU Kong-zhi, WU Ming-hao, SHEN Yu-xiang, et al. Salt tolerance identification and screening of different rape varieties planted at saline-alkali land[J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2018, 59(8): 1354-1356, 1364.
- [12] 李梦璐, 胡雪峰, 代会会, 等. 豆科绿肥间作对小青菜品质和土壤酶活性的影响[J]. 上海大学学报(自然科学版), 2019, 25(2): 275-281.
LI Meng-lu, HU Xue-feng, DAI Hui-hui, et al. Effects of *Brassica chinensis* intercropping leguminous green manure on vegetable quality and soil enzyme activities[J]. *Journal of Shanghai University (Natural Science)*, 2019, 25(2): 275-281.
- [13] 邓小华, 罗伟, 周米良, 等. 绿肥在湘西烟田中的腐解和养分释放动态[J]. 烟草科技, 2015, 48(6): 13-18.
DENG Xiao-hua, LUO Wei, ZHOU Mi-liang, et al. Dynamics of decomposition and nutrient release of green manures in tobacco fields in west Hunan[J]. *Tobacco Science & Technology*, 2015, 48(6): 13-18.
- [14] 潘福霞, 鲁剑巍, 刘威, 等. 不同种类绿肥翻压对土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(6): 1359-1364.
PAN Fu-xia, LU Jian-wei, LIU Wei, et al. Effect of different green manure application on soil fertility[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2011, 17(6): 1359-1364.
- [15] 程秀洲, 邢潇晨, 胡林彬, 等. 潢川地区紫云英绿肥翻压对土壤肥力、水稻产量及经济效益的影响[J]. 中国农学通报, 2018, 34(11): 74-80.
CHENG Xiu-zhou, XING Xiao-chen, HU Lin-bin, et al. Effect of incorporation of *Astragalus sinicus* on soil fertility, rice yield and economic benefits in Huangchuan County[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2018, 34(11): 74-80.
- [16] 邓力超, 李莓, 范连益, 等. 绿肥油菜翻压还田对土壤肥力及水稻产量的影响[J]. 湖南农业科学, 2018(2): 18-20.
DENG Li-Chao, LI Mei, FAN Lian-yi, et al. Effects of green manure rape returned to field on rice yield and soil fertility[J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2018(2): 18-20.
- [17] 王丹英, 彭建, 徐春梅, 等. 油菜作绿肥还田的培肥效应及对水稻生长的影响[J]. 中国水稻科学, 2012, 26(1): 85-91.
WANG Dan-ying, PENG Jian, XU Chun-mei, et al. Effects of rape straw manuring on soil fertility and rice growth[J]. *Chinese Journal of*

- Rice Science*, 2012, 26(1):85-91.
- [18] 李斌,王家平,李鲁华,等.油菜秸秆还田对盐碱地油菜根系生长发育的影响[J].新疆农垦科技,2018,41(11):24-29.
LI Bin, WANG Jia-ping, LI Lu-hua, et al. Effect of returning rape straw to the field on the growth and development of rape root system in saline-alkali soil[J]. *Xinjiang Farm Research of Science and Technology*, 2018, 41(11):24-29.
- [19] 邓小华,石楠,周米良,等.不同种类绿肥翻压对植烟土壤理化性状的影响[J].烟草科技,2015,48(2):7-10,20.
DENG Xiao-hua, SHI Nan, ZHOU Mi-liang, et al. Effects of green manure on physical and chemical properties of tobacco planting soils [J]. *Tobacco Science & Technology*, 2015, 48(2):7-10, 20.
- [20] 刘东洋,徐接亮,张风华.不同油菜品种对盐碱土壤理化性质与微生物多样性的影响[J].新疆农业科学,2019,56(2):246-257.
LIU Dong-yang, XU Jie-liang, ZHANG Feng-hua. Effects of rape varieties on soil physicochemical properties and microbial diversity in saline-alkali land in Xinjiang[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2019, 56(2):246-257.
- [21] 张旭龙,马森,吴振振,等.不同油菜品种对盐碱地根际土壤酶活性及微生物群落功能多样性的影响[J].生态学报,2017,37(5):1659-1666.
ZHANG Xu-long, MA Miao, WU Zhen-zhen, et al. Effects of *Helianthus annuus* varieties on rhizosphere soil enzyme activities and microbial community functional diversity of saline-alkali land in Xinjiang [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(5):1659-1666.
- [22] 兰延,黄国勤,杨滨娟,等.稻田绿肥轮作提高土壤养分增加有机碳库[J].农业工程学报,2014,30(13):146-152.
LAN Yan, HUANG Guo-qin, Yang Bin-juan, et al. Effect of green manure rotation on soil fertility and organic carbon pool[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, 30(13):146-152.
- [23] Islam M M, Urmi T A, Rana M S, et al. Green manuring effects on crop morpho-physiological characters, rice yield and soil properties [J]. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 2019, 25(1):303-312.
- [24] Gilardi G, Pugliese M, Gullino M L, et al. Effect of different organic amendments on lettuce fusarium wilt and on selected soilborne micro-organisms[J]. *Plant Pathology*, 2016, 65(5):704-712.
- [25] 何亮珍,郭嘉,付爱斌,等.双季稻冬闲田种植绿肥对土壤理化性质的影响[J].作物研究,2017,31(4):405-407,414.
HE Liang-zhen, GUO Jia, FU Ai-bin, et al. Effects of green manure on soil physical and chemical properties in winter fallow field of double season rice[J]. *Crop Research*, 2017, 31(4):405-407, 414.
- [26] 张建,陈金城,唐章林,等.油菜茎秆理化性质与倒伏关系的研究[J].西南农业大学学报:自然科学版,2006(5):763-765.
ZHANG Jian, CHEN Jin-cheng, TANG Zhang-lin, et al. Study on the physico-chemical properties of stem as related to lodging in rape[J]. *Journal of Southwest Agricultural University (Natural Science)*, 2006(5):763-765.
- [27] 韩配配,胡小加,廖祥生,等.盛花期油菜绿肥还田对土壤微生物和后茬花生的影响[J].中国油料作物学报,2019,41(4):638-642.
HAN Pei-pei, HU Xiao-jia, LIAO Xiang-sheng, et al. Effects of flowering rapeseed-manure returns on soil microorganism and growth of peanut[J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2019, 41(4):638-642.
- [28] 李文广,杨晓晓,黄春国,等.饲料油菜作绿肥对后茬麦田土壤肥力及细菌群落的影响[J].中国农业科学,2019,52(15):2664-2677.
LI Wen-guang, YANG Xiao-xiao, HUANG Chun-guo, et al. Effects of rapeseed green manure on soil fertility and bacterial community in dryland wheat field[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2019, 52(15):2664-2677.
- [29] 张树杰,陈灿,张红升,等.翻压油菜绿肥对枸杞产量和土壤养分含量的影响[J].干旱地区农业研究,2019,37(3):157-161.
ZHANG Shu-jie, CHEN Can, ZHANG Hong-sheng, et al. Effects of rapeseed green manuring on the fruit yield and soil nutrient content of wolfberry[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2019, 37(3):157-161.
- [30] Deng L C, Li M, Fang L Y, et al. Effects of green manure rape returned to field on rice yield and soil fertility[J]. *Agricultural Science & Technology*, 2018, 19(6):5-9.
- [31] 李红燕,胡铁成,曹群虎,等.旱地不同绿肥品种和种植方式提高土壤肥力的效果[J].植物营养与肥料学报,2016,22(5):1310-1318.
LI Hong-yan, HU Tie-cheng, CAO Qun-hu, et al. Effect of improving soil fertility by planting different green manures in different patterns in dryland[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2016, 22(5):1310-1318.
- [32] 梁飞,田长彦,尹传华,等.盐角草改良新疆盐渍化棉田效果初报[J].中国棉花,2011,38(10):30-32.
LIANG Fei, TIAN Chang-yan, YIN Chuan-hua, et al. The preliminary study of recovery effects on cotton field by *Salicornia europaea* L. in Xinjiang[J]. *China Cotton*, 2011, 38(10):30-32.
- [33] 何念鹏,吴玲,姜世成,等.扦插玉米秸秆改良松嫩平原次生光碱斑的研究[J].应用生态学报,2004,15(6):969-972.
HE Nian-peng, WU Ling, JIANG Shi-cheng, et al. Amelioration of secondary bare alkali-saline patches in Songnen Plain through inserting cornstalk[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(6):969-972.
- [34] 张如莲,李艳,刘国道,等.豆科绿肥对砖红壤交换性盐基组成的动态影响[J].热带作物学报,2011,32(7):1282-1286.
ZHANG Ru-lian, LI Yan, LIU Guo-dao, et al. Dynamic effect of green manures on composition of exchangeable base cations of latosol [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2011, 32(7):1282-1286.
- [35] 赵莉,罗建新,黄海龙,等.保护地土壤次生盐渍化的成因及防治措施[J].作物研究,2007(S1):547-550,554.
ZHAO Li, LUO Jian-xin, HUANG Hai-long, et al. The causes of secondary salinization of soil in the protected area and its control measures[J]. *Crop Research*, 2007(S1):547-550, 554.