

大气CO₂浓度升高和施氮对棉田土壤理化性质及微生物区系的影响

尹飞虎¹, 高志建², 谢宗铭³, 刘长勇⁴, 李晓兰², 李全胜³, 刘 瑜²

(1. 新疆农垦科学院, 石河子 832000; 2. 新疆农垦科学院农田水利与土壤肥料研究所, 石河子 832000;

3. 新疆农垦科学院分子农业技术育种中心, 石河子 832000; 4. 新疆农垦科学院分析测试中心, 石河子 832000)

摘要: 为明确大气CO₂浓度升高和不同施氮水平对新疆棉田土壤理化性质和土壤微生物区系状况的影响, 基于滴灌棉田管网系统, 对背景CO₂浓度(360 μmol·mol⁻¹)和高CO₂浓度(540 μmol·mol⁻¹和720 μmol·mol⁻¹)条件下不同施氮处理(0 kgN/hm²、150 kgN/hm²、300 kgN/hm²和450 kgN/hm²)的0~20 cm和20~40 cm土壤有机碳、全氮、碳酸氢根和pH值以及土壤中细菌、真菌、放线菌等指标的影响进行了评价。结果表明: 在各施氮水平上, 当CO₂浓度升高到720 μmol·mol⁻¹时, 0~40 cm土壤有机碳、全氮含量趋于减少, 土壤pH值趋于降低, 土壤碳酸氢根及总盐含量无明显变化; 在各施氮水平上, 当CO₂浓度升高到540 μmol·mol⁻¹和720 μmol·mol⁻¹时, 0~40 cm土壤中细菌和0~20 cm土壤中放线菌数量均呈增加趋势, 20~40 cm土壤中真菌的数量则呈减少趋势。研究表明, 棉田土壤理化性质和微生物区系对大气CO₂浓度升高和施氮水平有一定的响应。

关键词: 新疆; 棉田; CO₂浓度升高; 氮肥; 土壤理化性质; 土壤微生物区系

1 引言

工业革命以后, 由于人类对自然资源的过度开发和利用, 加速了大气中CO₂、CH₄等温室气体浓度的增长^[1,2]。据报道, 大气中CO₂浓度已由1750年的280 μmol·mol⁻¹增加到了2005年的379 μmol·mol⁻¹, 并且每年还以1~2 μmol·mol⁻¹的速度增加, 预计21世纪末可能上升至700 μmol·mol⁻¹左右^[3,4]。CO₂是具有温室效应的气体, 也是植物光合作用的重要原料, 其浓度升高引发全球变暖的同时, 也促进了植物的生长和对氮素的需求, 改变了根系分泌物的成分、数量及植株残体和凋落物的碳氮比^[5-11], 这些变化最终将会影响到陆地生态系统中碳库、氮库以及土壤中的微生物。而作为陆地生态系统重要组成部分的农田生态系统, 与森林和草地生态系统相比, 受人类活动和环境变化的影响更为强烈。CO₂浓度升高将很可能改变农田生态系统中土壤肥力、健康、质量以及土壤微生物群落结构, 从而对维持农田生态系统健康等产生挑战。目前对大气CO₂浓度升高条件下, 不同施氮水平上麦田、稻田等土壤理化性质及其微生物变化已有相关研究, 但对于占有中国最大播种面积, 棉花产量和质量均居全国第一, 而且区域气候和环境特征明显的新疆棉田生态系统中土壤

收稿日期: 2012-06-13; 修订日期: 2012-10-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(40973061); 公益性行业农业科研专项(20120312); “十一五”国家“863”重大专项(2006AA100218); 新疆兵团重大科技攻关项目(GKB00NKYGJ12NY)

作者简介: 尹飞虎(1954-), 男, 湖南平江人, 研究员, 博士生导师, 主要从事植物营养方面的研究。

E-mail: nkyfh@sohu.com

理化性质及其微生物区系响应的研究则少见报道^[12]。本研究基于膜下滴灌棉田管网系统，开展了棉田土壤理化性质及土壤微生物区系在不同施氮水平上对CO₂浓度升高的响应规律的小区试验研究，以期新疆棉花生产和棉田生态系统管理措施的制定提供理论指导。

2 材料与方法

2.1 试验地概况

试验于2010年在新疆石河子市国家农业科技园区(86°01.471'E, 44°20.540'N)进行。该区年降水量125.0~207.7 mm, 年蒸发量1946 mm, 年均气温7.5~8.2℃, 年日照时间2526~2874 h, 生长季日照时数为1900~2000 h, 年无霜期160 d左右, ≥10℃的活动积温为3570℃~3729℃。试验地土壤为灰漠土, 土壤耕层(0~40 cm)有机碳10.5 g/kg土, 碱解氮286.3 mg/kg土, 速效磷35 mg/kg土, 速效钾368 mg/kg土, pH值为8.3。供试陆地棉(*Gossypium hirsutum*)品种为新陆早33号, 于2010年4月25日采用机械铺膜播种, 1膜4行双毛管配置, 棉花宽窄行播种, 种植行距(20+50+20)cm, 株距为12 cm(图1)。滴灌毛管铺设在棉花窄行中间, 棉花密度为1.95×10⁵株/hm²。

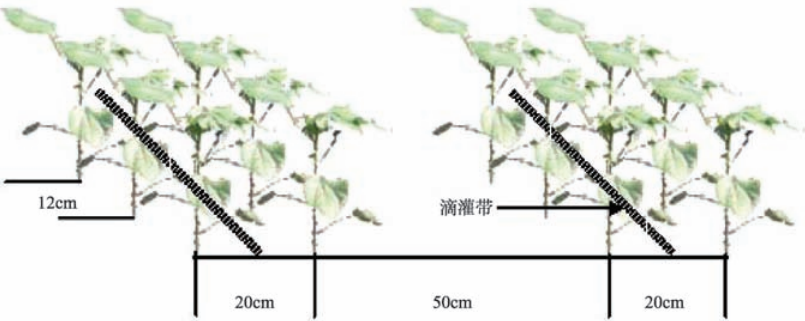


图1 棉花膜下滴灌栽培模式图

Fig. 1 Cotton cultivation pattern using drip irrigation under plastic film

2.2 试验设计

试验采用裂区设计方法, 为两因素(CO₂浓度和施氮量)完全随机设计。其中主区为CO₂浓度处理, 共3个大气CO₂浓度, 分别为: C360(对照, 新疆本底CO₂浓度为360 μmol·mol⁻¹)、C540(本底增加0.5倍为540 μmol·mol⁻¹)和C720(本底增加1倍为720 μmol·mol⁻¹), 2次重复; 副区为氮肥处理, 设置4个施氮(以纯氮计)水平, 分别为: N0(0 kgN/hm²)、N1(150 kgN/hm²)、N2(300 kgN/hm²)和N3(450 kgN/hm²), 共计12个处理, 12个副区。主区与主区间设保护行, 副区间相邻(图2), 副区面积为14 m²(2.8 m×5 m)。主区四周分别用透光塑料膜(大棚用蓝膜)包围, 膜高度为1.5 m; 副区滴灌设置和管理同大田, 支管规格为Φ63PE管, 附管规格为Φ32PE管。每处理设单独施肥装置, 可精确控制施肥量, 以氮定磷钾肥(N:P₂O₅:K₂O=1:0.35:0.15), 全部随水滴灌施入。在棉

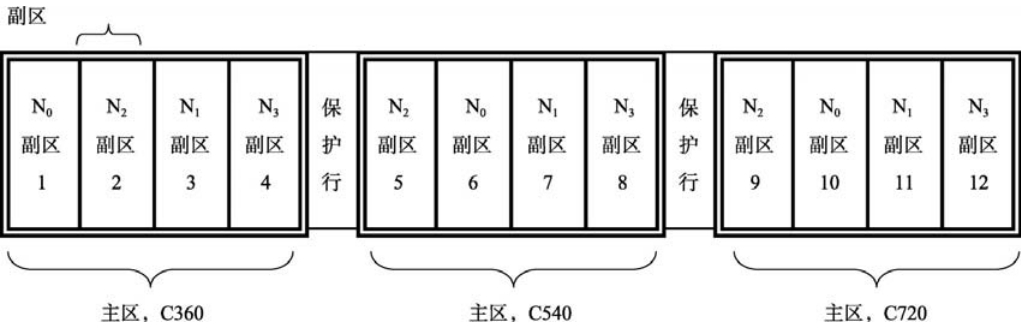


图2 试验裂区设计

Fig. 2 Split-plot experiment

花盛花期期间（持续20天），每天中午12:00~15:00运用副管滴灌带的滴头将CO₂钢瓶中的CO₂气体均匀分布于整个副区内，同时采用CO₂浓度监测仪对膜下CO₂浓度进行连续监测，根据浓度的变化随时调整通气量，CO₂气体浓度误差控制在目标值的5%以内。棉花生育期的其他管理措施与大田相同。

于棉花盛花期期间，在释放CO₂之前和连续释放CO₂气体20天之后，分别在各小区以“S”形随机选择5个密集分布点用土钻采集土壤样品，共采集两次。采集深度分别为0~20 cm和20~40 cm，样品采集后，5个样点的样品混合装入自封袋后带回实验室。一部分土样直接用于土壤细菌、放线菌和真菌的平板计数，另一部分土样经自然风干后，过孔径为0.90 mm分样筛，4℃下冰箱保存，用于土壤理化性质的测定。

2.3 测定内容及方法

2.3.1 土壤微生物区系 土壤细菌、真菌、放线菌采用稀释平板法进行计数，其中细菌培养采用牛肉膏蛋白胨培养基，真菌培养采用马丁氏培养基，放线菌培养采用改良高氏一号培养基^[13]。

2.3.2 土壤理化性质 有机碳采用重铬酸钾外加热法测定，土壤全氮利用凯氏定氮法，HCO₃⁻测定采用双指示剂法，总盐采用烘干法测定，pH值用酸度计法测定^[14]。

2.4 数据处理与分析

采用Excel 2003对试验数据进行分析，并用SPSS13.0进行统计与显著性检验。

3 结果分析

3.1 大气CO₂浓度升高和施氮对棉田土壤理化性质的影响

3.1.1 大气CO₂浓度升高和施氮对棉田土壤有机碳的影响 与C360处理相比，C540处理的0~20 cm土壤有机碳变化量在0 kgN/hm²、450 kgN/hm²施氮水平上趋于升高，而在150 kgN/hm²、300 kgN/hm²施氮水平上趋于降低；20~40 cm土壤有机碳变化量总体呈现升高趋势（图3）。在各施氮水平上，与C360处理相比，C720处理0~20 cm和20~40 cm的土壤有机碳变化量呈现明显的降低趋势（ $P<0.05$ ）（图3）。说明CO₂浓度升高到720 μmol·mol⁻¹同各施氮水平的组合处理减少了土壤有机碳含量。

3.1.2 大气CO₂浓度升高和施氮对棉田土壤全氮的影响 与C360处理相比，在相同施氮

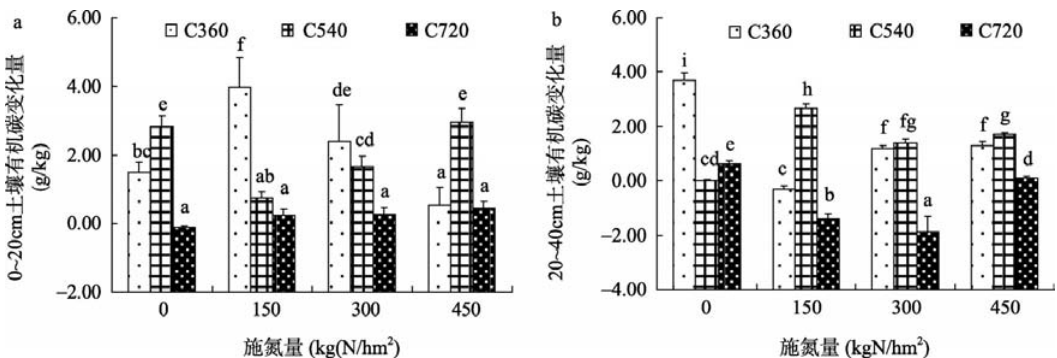


图3 大气CO₂浓度升高和施氮对土壤有机碳的影响（不同字母表示处理间差异， $P<0.05$ ；下同）

Fig. 3 Influence of elevated CO₂ and nitrogen supply on cotton field soil organic carbon (Different letters on the top of the same color columns indicate significant differences, $P<0.05$)

水平上, 0~20 cm 土壤中全氮变化量在 C540 处理时呈现升高趋势, 且在 450 kgN/hm² 施氮水平上达到最高值, 而在 C720 处理时呈现降低趋势; 但在不施氮条件下, 随着 CO₂ 浓度升高, 土壤中全氮变化量增大 (图 4a); 20~40 cm 土壤中全氮变化量在 C540 和 C720 处理时均呈现降低趋势 ($P<0.05$) (图 4b)。氮素是植物生长必须的大量元素之一, CO₂ 浓度升高后, 促进植物生长, 植物对氮素的吸收增加, 导致土壤中的氮素含量降低^[12]。

3.1.3 大气 CO₂ 浓度升高和施氮对棉田土壤碳酸氢根的影响 与 C360 处理相比, 在相同施氮水平上, 0~20 cm 土壤中碳酸氢根变化量在 C540 处理时呈现升高趋势, 在 C720 处理时随着施氮量的增加呈现先增加后减少的趋势 (图 5a); 20~40 cm 土壤中碳酸氢根变化量在 C540 和 C720 处理时, 在 0 kgN/hm²、300 kgN/hm² 施氮水平上趋于升高, 而在 150 kgN/hm²、450 kgN/hm² 施氮水平上趋于降低 (图 5b)。结果表明, CO₂ 浓度升高和施氮对土壤碳酸氢根含量的影响无明显规律。

3.1.4 大气 CO₂ 浓度升高和施氮对棉田土壤 pH 值的影响 与 C360 处理相比, 0~20 cm 和 20~40 cm 土壤 pH 变化量在 C540、C720 处理时均呈现降低趋势 (图 6)。结果表明, CO₂ 浓度升高后, 土壤酸化程度提高, 可能是在滴施 CO₂ 过程中, 部分 CO₂ 直接被土壤吸收, 降低了土壤的 pH; 也可能是 CO₂ 浓度升高后, 植物根系分泌量增多^[8], 其中分泌到土壤中的酸性物质增多所致。

3.1.5 大气 CO₂ 浓度升高和施氮对棉田土壤总盐的影响 与 C360 处理相比, 0~20 cm 和 20~40 cm 土壤总盐含量在 C540 处理时, 在 0 kgN/hm²、150 kgN/hm²、300 kgN/hm² 施氮水平上趋于降低, 在 450 kgN/hm² 施氮水平上趋于升高 (图 6)。0~20 cm 土壤总盐含量在

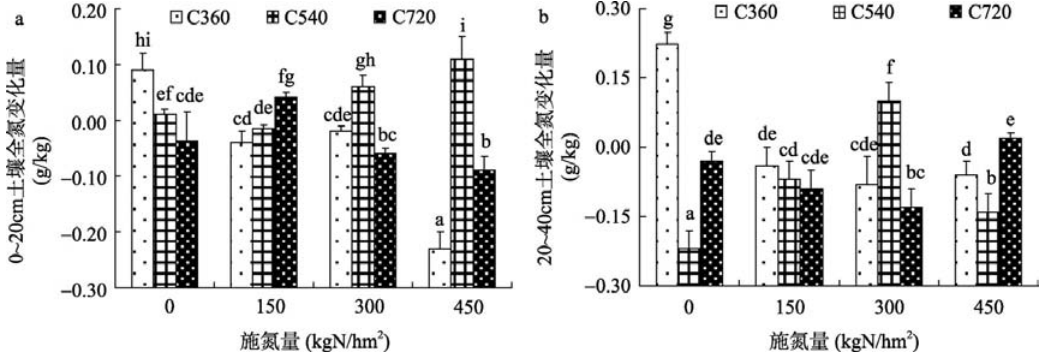


图4 大气 CO₂ 浓度升高和施氮对土壤全氮的影响 ($P<0.05$)

Fig. 4 Influence of elevated CO₂ and nitrogen supply on total nitrogen of cotton field soil ($P < 0.05$)

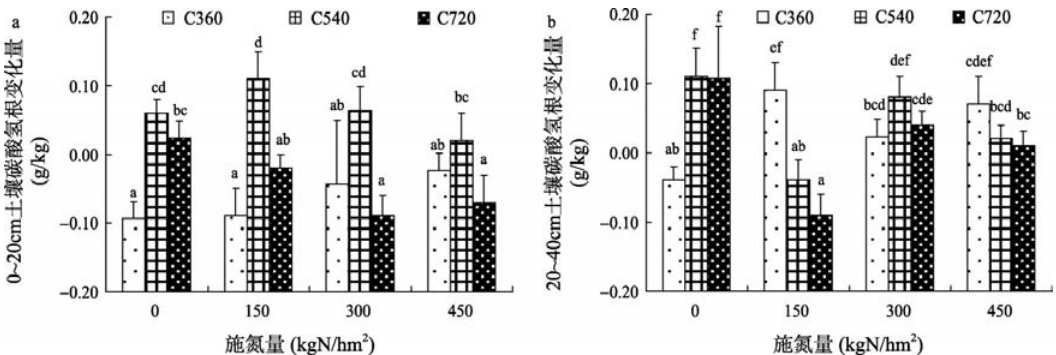
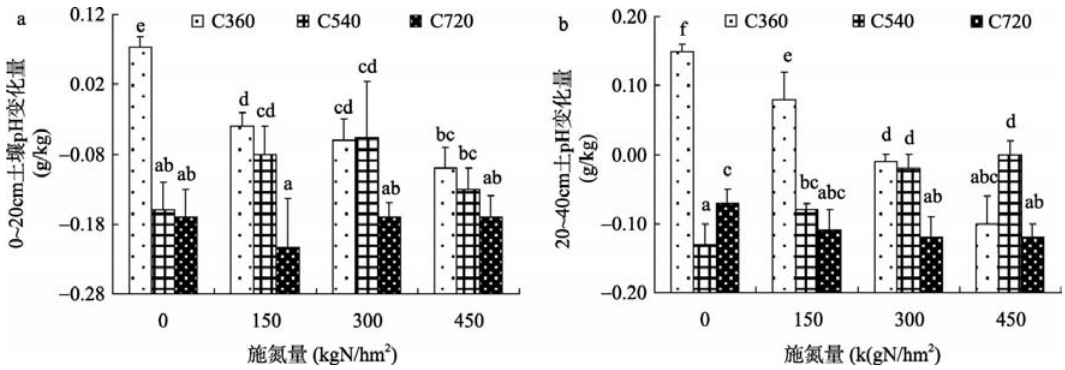
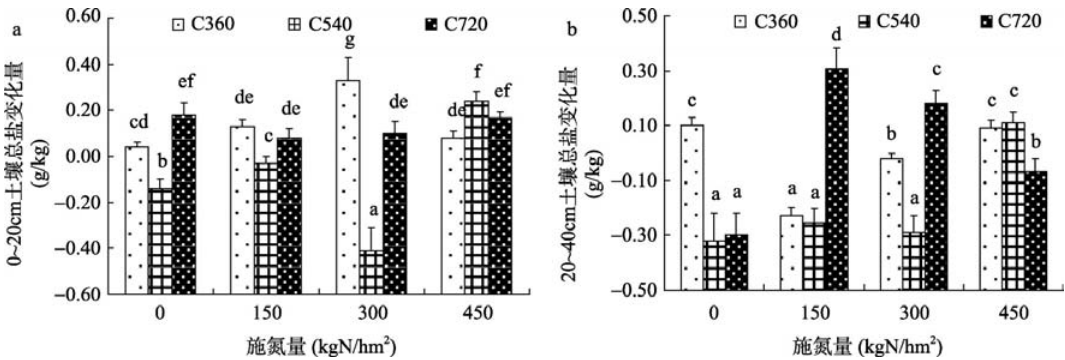


图5 大气 CO₂ 浓度升高和施氮对土壤碳酸氢根的影响 ($P<0.05$)

Fig. 5 Influence of elevated CO₂ and nitrogen supply on bicarbonate ion in soil ($P < 0.05$)

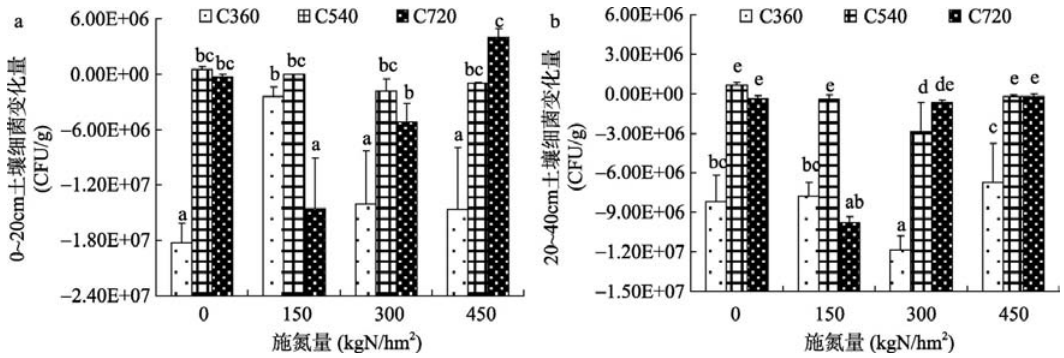
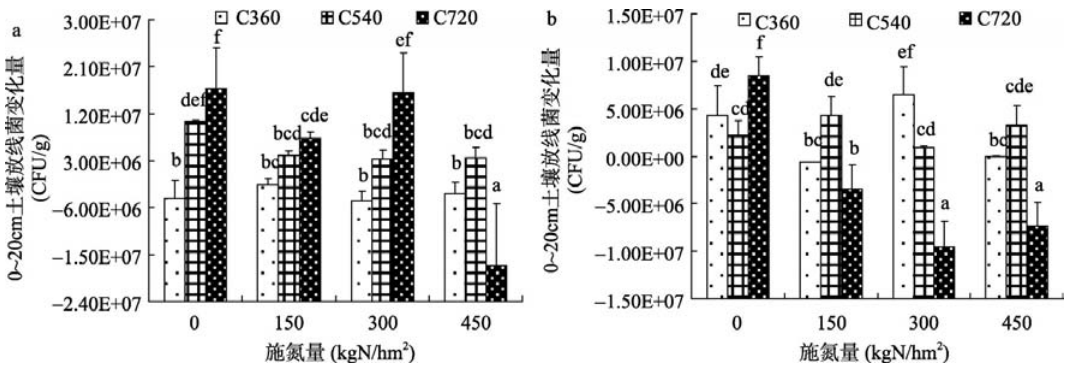
图6 大气CO₂浓度升高和施氮对土壤pH的影响 ($P<0.05$)Fig. 6 Influence of elevated CO₂ and nitrogen supply on pH value of cotton field soil ($P<0.05$)图7 大气CO₂浓度升高和施氮对土壤总盐的影响 ($P<0.05$)Fig. 7 Influence of elevated CO₂ and nitrogen supply on cotton field soil total salt ($P<0.05$)

C720处理时在150 kgN/hm²、300 kgN/hm²施氮水平上趋于降低, 在0 kgN/hm²、450 kgN/hm²施氮水平上趋于升高; 而20~40 cm土壤总盐含量在0 kgN/hm²、450 kgN/hm²施氮水平上趋于降低, 在150 kgN/hm²、300 kgN/hm²施氮水平上趋于升高 (图7)。结果表明, CO₂浓度升高和施氮对土壤总盐含量的影响无明显规律。

3.2 大气CO₂浓度升高和施氮对棉田土壤微生物区系的影响

3.2.1 大气CO₂浓度升高和施氮对棉田土壤细菌的影响 在相同施氮水平上, 与C360处理相比, C540处理的0~20 cm和20~40 cm土壤中细菌变化量均呈现升高趋势, 均在0 kgN/hm²施氮水平上增幅最大且达到最大值, 增幅分别为103%和109%, 变化量分别为5.80E+05CFU/g和7.60E+05CFU/g (图8); 与C360处理相比, C720处理的0~20 cm和20~40 cm土壤中细菌变化量随施氮水平的升高呈先增多后减少再增多的趋势, 其中在450 kgN/hm²施氮水平上达到最大值, 分别为4.00E+06CFU/g和-1.00E+05CFU/g (图8)。结果表明, CO₂浓度升高同各施氮水平的组合处理增加了0~20 cm和20~40 cm土壤中细菌的数量, 其中在CO₂浓度为540 μmol·mol⁻¹同各施氮水平耦合效应中, 主要因素为CO₂浓度升高; 而在CO₂浓度为720 μmol·mol⁻¹同各施氮水平耦合效应中, 则是两者共同发挥作用。

3.2.2 大气CO₂浓度升高和施氮对棉田土壤放线菌的影响 在相同施氮水平上, 与C360处理相比, C540和C720处理的0~20 cm土壤中放线菌变化量呈现升高趋势, 且均在0 kgN/hm²施氮水平上增幅最大且达到最大值 (1.08E+07CFU/g和1.46E+07CFU/g), 放线菌变化量增幅达10倍和13倍, 差异显著 ($P<0.05$) (图9a)。C540处理的20~40 cm土壤中

图8 大气CO₂浓度升高和施氮对土壤细菌的影响 ($P < 0.05$)Fig. 8 Influence of elevated CO₂ and nitrogen supply on cotton field soil bacteria ($P < 0.05$)图9 大气CO₂浓度升高和施氮对土壤放线菌的影响 ($P < 0.05$)Fig. 9 Influence of elevated CO₂ and nitrogen supply on cotton field soil actinomycetes ($P < 0.05$)

放线菌变化量在0 kgN/hm²、300 kgN/hm²施氮水平上趋于降低,而在150 kgN/hm²、450 kgN/hm²施氮水平上趋于升高(图9a);C720处理的20~40 cm土壤中放线菌变化量随施氮水平的增高呈现先增加后减少的趋势,在300 kgN/hm²施氮水平上达到最小值(-9.85E+06CFU/g)(图9b)。数据分析表明,CO₂浓度升高(540 μmol·mol⁻¹和720 μmol·mol⁻¹)同各施氮施氮水平的组合处理增加了0~20 cm土壤中放线菌的数量,但主要因素是CO₂浓度升高。而大气CO₂浓度升高和各施氮施氮水平的组合处理对0~40 cm土壤中放线菌数量的影响无明显规律。

3.2.3 大气CO₂浓度升高和施氮对棉田土壤真菌的影响 在相同施氮水平下,与C360处理相比,C540处理的0~20 cm土壤中真菌变化量虽然呈现升高趋势,但总体不明显,20~40 cm土壤真菌变化量总体呈现降低趋势(图10);C720处理的0~20 cm和20~40 cm土壤中真菌变化量总体呈现降低趋势,分别在N2和N1上降到最小值(-5.40E+04 CFU/g和-7.73E+04 CFU/g)(图10)。数据分析表明,CO₂浓度升高降低了土壤中真菌的数量,但施氮水平对其影响并无规律。

4 结论与讨论

4.1 结论

(1) 在各施氮水平上,当CO₂浓度升高到720 μmol·mol⁻¹时,20~40 cm土壤有机碳、

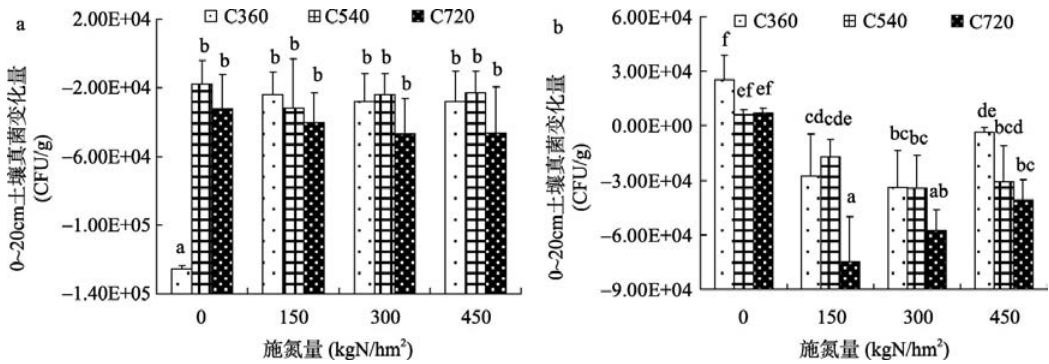


图 10 大气 CO₂ 浓度升高和施氮对土壤真菌的影响 ($P < 0.05$)

Fig. 10 Influence of elevated CO₂ and nitrogen supply on cotton field soil fungi ($P < 0.05$)

全氮的含量趋于减少, pH 值降低, 改变了土壤理化性质的部分指标。

(2) 在各施氮水平上, 当 CO₂ 浓度升高到 540 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 和 720 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 时, 0~40 cm 土壤中细菌和 0~20 cm 土壤中放线菌趋于增多, 20~40 cm 土壤中真菌趋于减少, 土壤微生物的区系组成发生改变。

4.2 讨论

本研究显示, 当 CO₂ 浓度升高到 720 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 时减少了 0~40 cm 土壤有机碳和全氮含量, 降低了土壤 pH 值。土壤有机碳是反映土壤肥力和评价土壤质量的重要指标^[15], 而氮素是植物三大营养元素之一。CO₂ 浓度升高后土壤有机碳、全氮减少, 这可能是高浓度 CO₂ 条件下, 一方面输入土壤碳量增加促进了土壤原有有机质及有机碳的分解^[16,17], 导致了有机碳含量的降低, 另一方面植物生长加快, 对土壤中氮素的需求量增多, 导致氮素含量减少。这也可能与土壤中微生物数量增多有关, 特别是与碳、氮循环相关的功能微生物的增多会加快土壤中碳、氮元素的转化速率, 从而减少了土壤有机碳和氮的储量。

土壤微生物的种类和数量多少以及活性的强弱直接关系到土壤肥力和健康^[18]。土壤微生物对 CO₂ 浓度升高响应的研究已经引起许多学者的关注, 但由于 CO₂ 浓度设置等有所不同, 所以研究结果也不尽一致。例如, 贾夏等研究表明, 在 OTC 条件下, 高浓度 CO₂ 处理对不同生长期长白赤松和红松幼苗根际土壤细菌数量起着显著的促进作用^[19]; 但 Yeates 等的研究表明, 在短时间 FACE 条件下, CO₂ 浓度升高对细菌数量有一定的影响, 而对真菌数量影响不大^[20, 21]。还有研究表明, CO₂ 浓度升高后, 细菌数量没有变化, 对细菌数量以及微生物群落结构均无明显影响^[22, 23]。本研究结果表明, CO₂ 浓度升高后, 土壤中的细菌和放线菌趋于升高。可能是由于 CO₂ 浓度升高后, 促进棉花光合作用能力, 提高同化物积累, 增加棉株根系分泌物量以及落入土壤中的残体量, 为棉田土壤微生物提供丰富 C 源、N 源及能源, 从而增加土壤中细菌和放线菌的数量^[16-9], 这为棉田土壤微生物提供丰富的 C 源、N 源及能源, 从而增加了土壤中细菌和放线菌的数量。放线菌增多有利于土壤中纤维素等物质的分解, 进而促进土壤肥力的提高和物质循环^[24], 有利于农业生产的可持续发展。随着 CO₂ 浓度的升高, 特别是当 CO₂ 浓度升高到 720 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 时, 土壤中真菌的数量趋于减少, 这对于连作棉田土壤中真菌数量增多可能会起到一定的抑制作用, 从而降低连作棉田中由真菌引起的病害如枯、黄萎病的发生, 对棉花生长起到一定的保护作用。本研究中对于土壤微生物区系变化的分析是基于传统生物学中的稀释平板法计数法, 但土壤中仅有不到 1% 的微生物是可培养的, 在后续试验中还有必要引入现代分子生物学技术^[25,26],

以便更深入地研究棉田土壤中微生物群落结构及功能对CO₂浓度升高和不同施氮水平的响应。

参考文献 (References)

- [1] Foley J A, Defries R, Asner G P et al. Global consequences of land use. *Science*, 2005, 309: 570-574.
- [2] Paul N P, Martin R P. Atmospheric carbon dioxide concentrations over the past 60 million years. *Nature*, 2000, 406 (17): 695-699.
- [3] Lowenstein T K, Demicco R V. Elevated Eocene atmospheric CO₂ and its subsequent decline. *Science*, 2006, 313 (5795): 1928.
- [4] IPCC. Climate Change 2007. Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Geneva, Switzerland: IPCC, 2007.
- [5] Hocking G P J, Meyer C P. Carbon dioxide enrichment decreases critical nitrate and nitrogen concentration in wheat. *Journals of Plant Nutrition*, 1991, 14: 571-584.
- [6] 赵天宏, 王美玉, 张巍巍, 等. 大气CO₂浓度升高对植物光合作用的影响. *生态环境*, 2006, 5(5): 1096-1100.
- [7] 欧志英, 彭长连. 高浓度二氧化碳对植物影响的研究进展. *热带亚热带植物学报*, 2003, 11(2): 190-196.
- [8] 王为民, 王晨, 李春俭, 等. 大气二氧化碳浓度升高对植物生长的影响. *西北植物学报*, 2000, 20(4): 676-683.
- [9] 蒋高明, 韩兴国, 林光辉. 大气CO₂浓度升高对植物的直接影响——国外十余年来模拟实验研究之主要手段及基本结论. *植物生态学报*, 1997, 21(6): 489-502.
- [10] Kimball B A, Mauney J R, Nakayama F S et al. Effects of increasing atmospheric CO₂ on vegetation. *Vegetation*, 1993, 104-105(1): 65-75.
- [11] Rogers H H, Runion G B, Krupa S V. Plant responses to atmospheric CO₂ enrichment with emphases on roots and the rhizosphere. *Environmental Pollution*, 1994, 83(1~2): 155-189.
- [12] 尹飞虎, 李晓兰, 董云社, 等. 干旱半干旱区CO₂浓度升高对生态系统的影响及碳氮耦合研究进展. *地球科学进展*, 2011, 26(2): 235-244.
- [13] 许光辉, 郑宏元. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社, 1986. 110-128.
- [14] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 2000. 641-670.
- [15] 徐江兵, 何园球, 李成亮, 等. 不同施肥处理红壤生物活性有机碳变化及与有机碳组分的关系. *土壤*, 2007, 37(4): 627-632.
- [16] Lamborg M R, Hardy R W F, Paul E A. Microbial Effects. CO₂ and Plants: The Response of Plants to Rising Levels of Atmospheric Carbon Dioxide. Boulder USA: Westview Press, 1983. 131-176.
- [17] Xie Z, Cadisch G, Edwards G et al. Carbon dynamics in a temperate grassland soil after 9 years exposure to elevated CO₂ (Swiss FACE). *Soil Biology and Biochemistry*, 2005, 37(7): 1387-1395.
- [18] 李俊, 沈德龙, 林先贵. 农业微生物研究与产业化进展. 北京: 科学出版社, 2011. 7-20.
- [19] 贾夏, 韩士杰, 周玉梅, 等. 不同二氧化碳浓度条件下红松和长白赤松幼苗根际土壤微生物数量研究. *应用生态学报*, 2005, 16(7): 1295-1298.
- [20] Yeates G W, Newton P C D, Ross D J. Response of soil nematode fauna to naturally elevated CO₂ levels influenced by soil pattern. *Nematology*, 1999, 1: 285-293.
- [21] 徐国强, 李杨, 史奕, . 开放式空气 CO₂ 浓度增高 (FACE) 对稻田土壤微生物的影响. *应用生态学报*, 2002, 13(10): 1358-1359.
- [22] Ronn R, Gavito M, Larsen J et al. Response of free-living soil protozoa and microorganisms to elevated atmospheric CO₂ and presence of mycorrhiza. *Soil Biology and Biochemistry*, 2002, 34(7): 923-932.
- [23] Bruce K D, Jones T H, Bezemer T M et al. The effect of elevated atmospheric carbon dioxide levels on soil bacterial communities. *Global Change Biology*, 2000, (4): 427-434.
- [24] 周德庆. 微生物学教程. 北京: 高等教育出版社, 2002. 29-33.
- [25] 车玉玲, 王慧. 微生物群落结和多样性解析技术研究进展. *生态环境*, 2005, 14(1): 127-133.
- [26] 张平究, 潘根兴. 植被恢复不同阶段下喀斯特土壤微生物群落结构及活性的变化——以云南石林景区为例. *地理研究*, 2010, 29(2): 223-234.

Influence of elevated CO₂ and nitrogen supply on cotton field soil properties and microbial flora

YIN Feihu¹, GAO Zhijian², XIE Zongming³, LIU Changyong⁴

LI Xiaolan², LI Quansheng³, LIU Yu²

(1. Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi 832000, Xinjiang, China; 2. Institute of Field Water Conservancy, Soil and Fertilizer Research, Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi 832000, Xinjiang, China; 3. Center for Molecular Agrobiotechnology and Breeding, Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi 832000, Xinjiang, China; 4. Center for Food Quality Supervision and Inspection, Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi 832000, Xinjiang, China)

Abstract: To illuminate influence of elevated CO₂ and nitrogen supply on cotton field properties and microbial flora in the plot experiment, this study investigated organic carbon, total nitrogen, bicarbonate ion, pH, total salt and soil bacteria, soil fungi, soil actinomycetes under ambient CO₂ (360 μmol·mol⁻¹) and elevated CO₂ (540 and 720 μmol·mol⁻¹) at 4 nitrogen levels (0, 150, 300 and 400 kgN/hm²). The results showed that, organic carbon, total nitrogen and pH at a soil depth of 0-40 cm tended to decrease elevated CO₂ (720 μmol·mol⁻¹) at different nitrogen levels, but less effects on soil bicarbonate ion and total salt were found. Both bacteria population at a soil depth of 0-40 cm and actinomycetes population at 0-20 cm were enlarged, but fungi population at 20-40 cm soil depth tended to decrease under elevated CO₂ concentration (540 and 720 μmol·mol⁻¹) at different nitrogen levels.

Key words: Xinjiang; cotton field; elevated CO₂ concentration; nitrogen fertilizer; soil properties; soil microbial flora