



不同施肥处理对甘肃河西干旱区棉田土壤有机质和氮素的影响

张学昕^{1,2}

(1. 甘肃农业大学 资源与环境学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 临夏州农产品质量安全监督管理站, 甘肃 临夏 731100)

摘要:研究甘肃河西半干旱区不同氮磷配施下棉田土壤有机质、土壤全氮、碱解氮含量及其相关性特点,为该区域土壤有机质作为土壤氮素养分变化的早期预测指标提供依据。以石棉 721 号为试验材料,氮磷两因素随机区组设计大田试验,共设 10 处理,结合室内常规分析方法测定土壤有机质、土壤全氮、碱解氮含量。结果表明:土壤有机质含量与播前相比,5 层土壤中有有机质含量均降低。从施肥处理来看,5 层土壤中 N_3P_2 处理有机质含量最高,且有机质含量 $N_2P_3 > N_2P_2 > N_2P_1 > N_2P_0$,但差异不显著; 0~20 cm、20~40 cm 土壤中有有机质含量 $N_3P_2 > N_2P_2 > N_1P_2 > N_0P_2$ 。表明施用氮磷肥后,土壤有机质含量减少有所减缓。吐絮期各土层中,各施肥处理土壤全氮含量均高于对照(CK),各个土层中 N_3P_2 处理土壤全氮含量最高,表明增加氮素投入量均可提高土壤全氮含量。土壤碱解氮含量与播前相比,40~60 cm 土层中,除 N_3P_2 处理外,其余处理土壤碱解氮含量均比播前减小,其余 4 层土壤中各处理碱解氮含量均比播前减小;各个土层中以 N_3P_2 处理土壤碱解氮含量最高。除 N_3P_2 、 N_2P_2K 处理外,各个处理土壤有机质与土壤全氮均达到显著或极显著直线正相关;各个处理土壤有机质与土壤碱解氮无显著或极显著相关。因此土壤有机质可以作为指示土壤氮素状况的灵敏指标。

关键词:棉花;土壤有机质;土壤全氮;土壤碱解氮

中国是世界上最大的棉花消费国,也是最大的棉花生产国,人们对棉花的产量和品质的需求日益提高^[1]。棉花是西北地区主要作物之一,对西北农业的发展起着至关重要的作用。但土壤肥力低下,限制了产量的提高^[2]。棉花生长的好坏,产量的高低,除了与光、热、水、土因子有关外,主要还与使用的肥料有密切的关系。随着“质量兴农,绿色兴农,品牌强农”战略的实施,对棉花合理施肥提出了更高的要求^[3]。因此,探明棉田土壤有机质和氮素的变化规律,对棉花高产施肥措施的制定具有重要意义。有关施肥对土壤有机质和氮素的影响,国内外学者已有较多研究,李科江等^[4]研究了高碳类有机肥对土壤有机无机复合状况及腐殖质结合形态有较好的效果。薛坚等^[5]研究表明,秸秆还田比对照有增加土壤有机质和养分含量、增强土壤蓄水保水性能、提高生物活性的作用,使土壤有较高的肥力水平。高宗等^[6]研究表明,有机肥与氮磷化肥配施的效果最好,耕层土

壤有机质、全氮年均相对增加 1%~4%,土壤速效氮、磷、钾持平或有所提高。张电学等^[7]研究表明,长期单施常量氮磷钾化肥,是土壤有机无机复合性质有变劣的趋势。段建南等^[8]对长期不同施肥处理下土地生产力和土壤肥力的变化进行了研究,结果表明连续施肥既能持续增产,又能提高土壤抗逆性。毕建杰等^[9]研究表明,土壤全氮、有效氮、铵态氮、硝态氮都有随棉花施氮水平提高的趋势,棉花苗期的生长受施肥水平影响较大,其中施氮 0.05 g·kg⁻¹ 土壤效果比较好,施氮量 0.2 g·kg⁻¹ 土壤效果比较差,施氮水平很高不利于棉花苗期的生长。综合相关研究表明,单施有机肥、氮磷钾肥配施或有机无机肥料配施均可明显增加土壤有机质含量。氮是农业生产中最重要的养分限制因子,施入的氮肥对土壤含氮量的影响决定于它在土壤中的净残留量。河西走廊地区光热资源丰富,日照时间长,棉花单产水平高,是甘肃省主要的棉花生产基地。有关河西走廊地区对常规棉栽培,干物质、养分积累的相关研究较多,而对在甘肃河西地区特殊的气候和种植条件下,对棉田土壤有机质和氮素变化规律及特点的研究较少。为

收稿日期:2018-10-07

作者简介:张学昕(1986-),男,硕士,农艺师,从事土壤养分有效性与高效利用研究。E-mail:gszhangxx@163.com。

此,本研究在甘肃河西干旱区开展不同施肥处理对土壤有机质、土壤全氮和碱解氮的影响以及在作物不同的生育期内 0~20 cm 土壤中土壤碱解氮的动态变化特征,分析土壤有机质与土壤全氮和碱解氮的相关性,间接地了解该地区土壤的质量状况,为该地区土壤有机质作为土壤氮素养分变化的早期预测指标提供一定依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验区概况

该区海拔高度 1 260 m,干旱少雨、蒸发量大、日照长、热量丰富,年均太阳辐射 6 196 MJ·m⁻²,日

照时数 3 088 h,年均气温 7.6℃,≥10℃积温 3 039℃,无霜期为 157 d,年均降雨量 66.4~104 mm,蒸发量 1 240 mm,属于大陆沙漠干旱性气候。前茬作物为西瓜。供试土壤为砂壤土,试验区土壤基本性状见表 1。

1.2 材料

供试棉花品种为石棉 721。供试肥料氮肥为尿素(46% N),甘肃刘化(集团)有限责任公司生产;磷肥为过磷酸钙(12% P₂O₅),湖北新洪磷化工股份有限公司生产;钾肥为硫酸钾(50% K₂O),山东海化股份有限公司生产。

表 1 试验区土壤的主要理化性质
Table 1 Basic properties of soil in experiment

采样深度/cm Soil depth	有机质 Organic matter	全氮/ (g·kg ⁻¹) Total N	全磷/ (g·kg ⁻¹) Total P	全钾/ (g·kg ⁻¹) Total K	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹) Alkaline-hydrolyzable N	速效磷/ (mg·kg ⁻¹) Available P	速效钾/ (mg·kg ⁻¹) Available K	pH (水:土=1:1)
0~20	17.59	0.17	0.91	22.51	22.39	21.27	159.46	8.11
20~40	14.88	0.11	0.83	25.09	14.86	15.35	146.41	8.11
40~60	10.40	0.09	0.94	18.35	13.15	6.29	144.22	8.10
60~80	6.57	0.09	0.83	18.35	10.96	7.18	100.71	-
80~100	5.30	0.09	0.8	15.84	12.01	6.83	80.35	-

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验于 2011 年 4 月在甘肃省张掖市高台县罗城乡花墙子村大田进行。试验共设 10 个处理:(1)CK(对照,不施肥)、(2)N₀P₂(N 0 kg·hm⁻², P₂O₅ 135 kg·hm⁻²)、(3)N₁P₁(N 240 kg·hm⁻², P₂O₅ 90 kg·hm⁻²)、(4)N₁P₂(N 240 kg·hm⁻², P₂O₅ 135 kg·hm⁻²)、(5)N₂P₀(N 300 kg·hm⁻², P₂O₅ 0 kg·hm⁻²)、(6)N₂P₁(N 300 kg·hm⁻², P₂O₅ 90 kg·hm⁻²)、(7)N₂P₂(N 300 kg·hm⁻², P₂O₅ 135 kg·hm⁻²)、(8)N₂P₃(N 300 kg·hm⁻², P₂O₅ 180 kg·hm⁻²)、(9)N₃P₂(N 360 kg·hm⁻², P₂O₅ 135 kg·hm⁻²)、(10)N₂P₂K(N 300 kg·hm⁻², P₂O₅ 135 kg·hm⁻², K₂O 75 kg·hm⁻²)。试验采用随机区组设计,10 个处理,重复 3 次,小区面积 54 m²,总面积为 1 620 m²。

氮肥 30%作为基肥,70%作为追肥,磷肥和钾肥全部作为基肥施用,基肥在播种前开沟施入耕作层。6 月 19 日(盛蕾期)施入氮肥总量的 20%;7 月 16 日(盛花期)施入氮肥总量的 30%,8 月 7 日(盛铃期)施入氮肥总量的 20%。供试肥

料氮肥为尿素(46% N)、磷肥为过磷酸钙(12% P₂O₅)、钾肥为硫酸钾(50% K₂O)。采用沟灌,全生育期灌水 3 次,每次追肥 1 d 后灌水。其它管理措施同一般大田。

1.3.2 测定项目及方法 分别于 2011 年 4 月 10 日/5 月 20 日、6 月 19 日、7 月 16 日、8 月 7 日、和 10 月 3 日,对应棉花播种前、苗期、盛蕾期、盛花期、盛铃期、吐絮期,分别采集各小区 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm 和 80~100 cm 土层的土壤。采样按梅花形样点多点采集后,剔除杂草、石砾,每个点以 20 cm 为一层采集 0~100 cm 土层土壤样品,将相同土层点的土样混合均匀后用四分法留取 1 kg 左右作为一个土层的样品,装入聚乙烯塑料袋,标记密封,带回室内风干过筛备用。土壤有机质用重铬酸钾-外加热法、土壤全氮用半微量凯氏法,土壤碱解氮用碱解扩散-硼酸吸收法^[10]。

1.3.3 数据分析 所获数据用 Excel 2003 进行数据初步分析和表格制作,用 SPSS 13.0 进行方差和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对棉田土壤有机质的影响

将不同处理在棉花吐絮期分层测定的土壤有机质含量与土层深度做回归分析(表2),可见,各个处理土壤有机质含量与土层深度均达到显著或极显著直线负相关。与播前相比,棉花吐絮期在0~20 cm 土壤中,各处理有机质含量均减小,减量范围为 0.01~3.78 g·kg⁻¹,减幅平均为 6.18%,N₃P₂处理减量最小,CK 处理减量最大。20~40 cm 土壤中,各处理有机质含量均比播前下降,有机质含量减量范围为 0.33~

5.10 g·kg⁻¹,降幅平均为 16.94%;N₃P₂处理减幅最小,CK 处理减幅最大。40~60 cm 土壤中,各处理有机质含量均比播前减小,减量范围为 1.26~3.33 g·kg⁻¹,减幅平均为 18.51%,N₂P₃处理减幅最小,N₂P₀处理减幅最大。60~80 cm 土壤中,各处理有机质含量均比播前降低,减量范围为0.10~1.13 g·kg⁻¹,减幅平均为 11.99%,N₂P₃处理减幅最小,N₂P₀处理减幅最大。80~100 cm 土壤中,各处理有机质含量均比播前减少,减量范围为0.03~1.07g·kg⁻¹,减幅平均为 9.62%,N₂P₃处理减幅最小,N₂P₁处理减幅最大。

表2 棉花吐絮期土壤有机质含量

Table 2 The content of soil organic matter in cotton boll opening stage

处理 Treatment	有机质/(g·kg ⁻¹) Organic matter					土壤有机质(y)与土层深度(x)的回归方程 The regression between soil organic matter and depth	相关系数(r) Correlation coefficient
	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	60~80 cm	80~100 cm		
CK	13.81 a	9.78 a	7.86 a	5.47 a	5.06 a	y=-0.109x+14.936	-0.964**
N ₀ P ₂	14.84 a	10.60 ab	8.42 a	5.51 a	4.75 a	y=-0.1264x+16.408	-0.976**
N ₁ P ₁	16.30 b	11.51 abc	8.65 a	5.57 a	4.82 a	y=-0.1445x+18.043	-0.973**
N ₁ P ₂	16.84 b	12.18 abcd	8.84 a	5.61 a	4.71 a	y=-0.1542x+18.888	-0.977**
N ₂ P ₀	16.85 b	12.30 abcd	7.07 a	5.44 a	4.51 a	y=-0.1577x+18.693	-0.956*
N ₂ P ₁	16.96 b	12.48 abcd	8.88 a	6.06 a	4.23 a	y=-0.1594x+19.286	-0.987**
N ₂ P ₂	17.00 b	12.56 abcd	8.76 a	6.23 a	4.81 a	y=-0.1536x+19.085	-0.980**
N ₂ P ₃	17.39 b	13.61 bcd	9.14 a	6.47 a	5.27 a	y=-0.1569x+19.79	-0.980**
N ₃ P ₂	17.58 b	14.55 cd	8.50 a	5.71 a	5.02 a	y=-0.1698x+20.457	-0.967**
N ₂ P ₂ K	17.46 b	14.03 d	8.63 a	5.75 a	4.72 a	y=-0.1688x+20.246	-0.976**

同列数值后不同小写字母表示 5%水平差异显著,**代表极显著相关(P<0.01),*代表显著相关(P<0.05),n=5。下同。

Significant difference in 5% level between different lowercase letters after the same column of values,** stands for significant correlation(P<0.01),* stands for significant correlation(P<0.05),n=5. The same below.

由表2可以看出,棉花吐絮期在0~20 cm 土壤中,各处理有机质含量比对照(CK)高 1.03~3.77 g·kg⁻¹,增幅平均为 21.67%;N₃P₂肥处理高于其它处理,CK 与 N₀P₂差异不显著,但二者显著低于其它处理,其它处理之间差异不显著。20~40 cm 各处理的含量比对照(CK)高 0.82~4.77 g·kg⁻¹,增幅平均为 29.31%,但只有 N₂P₃、N₃P₂、N₂P₂K 肥处理效果显著高于对照。40~60 cm、60~80 cm 土壤中,除 N₂P₀处理外,其它施肥处理有机质含量均高于对照(CK),增量分别为 0.56~1.28 g·kg⁻¹、0.04~1.00 g·kg⁻¹,增幅平均分别为 11.04%、7.20%,各处理之间无显著

差异。80~100 cm 处理中,除 N₂P₃处理外,其它处理有机质含量均小于对照(CK),减量范围为 0.04~0.83 g·kg⁻¹,减幅为 7.19%,各处理之间无显著差异。总体上,在0~40 cm 土壤中增施氮肥比增施磷肥更能有效减少土壤有机质的消耗,增施钾肥对土壤有机质无显著影响。相对于40~100 cm 土壤,增施氮磷钾肥后对土壤有机质无显著影响。可见施用氮磷肥后,土壤有机质含量降幅略有减缓^[11],其原因在于,化肥增加了作物的生物量,使归还土壤的根茬、枯枝落叶等残留有机物也相应增加。

2.2 不同施肥处理对棉田土壤全氮的影响

棉花吐絮期土壤全氮含量随着土层深度的增加,各处理全氮随之减小。将不同处理在棉花吐絮期分层测定的土壤全氮含量与土层深度做回归分析(表 3),除 CK、N₃P₂ 处理外,各处理土壤全氮含量与土层深度均达到显著或极显著直线负相关。与播前相比,棉花吐絮期在 0~20 cm 土壤中,除对照(CK)、N₀P₂ 处理外,其它处理全氮含量比播前均增加,增量范围为 0.03~0.08 g·kg⁻¹,增幅平均为 29.41%。20~40 cm、40~60 cm 土壤中,除对照(CK)处理外,其它各处理含量均比播前增加,增量分别为 0.02~0.07 g·kg⁻¹、0.04~0.11 g·kg⁻¹,增幅平均分别为 42.42%、69.14%。60~80 cm 土壤中,除对照(CK)、N₀P₂、N₁P₁、N₁P₂ 处理外,其它各处理含量均比播前增加,增量范围为 0.01~0.09 g·kg⁻¹,增幅平均为 46.30%。80~100 cm 土层中,除 N₃P₂ 处理外,其它各处理含量均比播前减小,减量为 0.01~

0.03 g·kg⁻¹,减幅平均为 17.28%。

由表 3 可知,棉花吐絮期 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm、80~100 cm 土层中,各施肥处理土壤全氮含量均高于对照(CK)。0~20 cm 土壤中,除 CK、N₀P₂ 处理外,其它处理之间无显著差异。20~40 cm、40~60 cm 土壤中,各处理含量均显著地高于对照 CK,增量分别为 0.05~0.10 g·kg⁻¹、0.06~0.13 g·kg⁻¹。60~80 cm 土层中,N₂P₃、N₃P₂、N₂P₂K 处理土壤全氮含量较高,但三者之间差异不显著。除 N₂P₃ 处理外,N₃P₂、N₂P₂K 处理土壤全氮含量显著高于其它处理。80~100 cm 土层中,土壤全氮含量在各处理之间无显著差异。各个土层中 N₃P₂ 处理土壤全氮含量最高,说明增加氮磷肥配施量可以提高土壤全氮含量以及土壤固氮能力。各土层中 N₂P₂ 与 N₂P₂K 处理之间无显著差异,说明增施钾肥对土壤全氮无显著影响。

表 3 棉花吐絮期土壤全氮含量

Table 3 The content of total N in cotton boll opening stage

处理 Treatment	全氮/(g·kg ⁻¹) Total N					土壤全氮(y)与土层深度(x)的回归方程 The regression between soil total N and depth	相关系数(r) Correlation coefficient
	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	60~80 cm	80~100 cm		
CK	0.16 a	0.08 a	0.07 a	0.07 a	0.06 a	y=-0.0011x+0.151	-0.813
N ₀ P ₂	0.17 ab	0.13 b	0.13 b	0.08 ab	0.08 a	y=-0.0012x+0.187	-0.949 *
N ₁ P ₁	0.20 abc	0.14 bc	0.15 bc	0.09 ab	0.08 a	y=-0.0015x+0.219	-0.942 *
N ₁ P ₂	0.21 abc	0.15 bc	0.13 b	0.09 ab	0.07 a	y=-0.0017x+ 0.232	-0.981 * *
N ₂ P ₀	0.21 abc	0.15 bc	0.14 b	0.10 ab	0.07 a	y=-0.0017x+ 0.233	-0.981 * *
N ₂ P ₁	0.21 abc	0.16 bcd	0.14 b	0.11 bc	0.08 a	y=-0.0016x+0.233	-0.990 * *
N ₂ P ₂	0.21 bc	0.16 cd	0.17 bc	0.11 bc	0.08 a	y=-0.0016x+0.239	-0.956 *
N ₂ P ₃	0.23 c	0.17 cd	0.14 b	0.14 cd	0.08 a	y=-0.0017x+0.251	-0.957 *
N ₃ P ₂	0.25 c	0.18 d	0.20 c	0.18 d	0.09 a	y=-0.0016x+0.276	-0.874
N ₂ P ₂ K	0.24 c	0.17 cd	0.17 bc	0.15 d	0.07 a	y=-0.0018x+0.268	-0.936 *

2.3 不同施肥处理对棉田土壤碱解氮的影响

棉花吐絮期在 0~100 cm 土层中,土壤碱解氮含量先降低后增加又降低。将不同处理在棉花吐絮期分层测定的土壤碱解氮含量与土层深度做回归分析(表 4),可知各个处理土壤碱解氮含量与土层深度无显著相关。与播前相比,在 0~20 cm、20~40 cm 土壤中,各处理碱解氮含量均比播前减小,减量分别为 10.06~12.48 mg·kg⁻¹、

3.45~8.06 mg·kg⁻¹,平均减幅分别为 51.51%、36.39%,N₃P₂ 减幅最小,CK 减幅最大。40~60 cm 土层中,除 N₃P₂ 处理外,其余处理土壤碱解氮含量均比播前减小,减量为 0.36~3.47 mg·kg⁻¹,减幅平均为 14.10%。60~80 cm 中,各处理碱解氮含量均比播前减小,减量为 0.24~2.89 mg·kg⁻¹,减幅平均为 13.46%,N₃P₂ 和 N₂P₂K 减幅最小,CK 减幅最大。80~100 cm 中,各处理碱解氮含量均

比播前减小,减量为 3.59~6.13 mg·kg⁻¹,减幅平均为 43.18%,N₃P₂减幅最小,N₀P₂减幅最大。

由表 4 可知,棉花吐絮期 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm 土层中,各施肥处理土壤碱解氮含量均高于对照(CK),增量分别为 0.23~2.42 mg·kg⁻¹、1.16~4.61 mg·kg⁻¹、0.93~4.50 mg·kg⁻¹、0.69~2.65 mg·kg⁻¹,平均增幅分别为 10.62%、43.33%、21.85%、19.48%。80~100 cm 土层中,除 N₀P₂ 处理外,其它处理土壤碱解氮含量均高于对照(CK),增量为 0.23~2.43 mg·kg⁻¹,增幅为 15.47%。

表 4 棉花吐絮期土壤碱解氮含量
Table 4 The content of available nitrogen content in soil at cotton boll opening stage

处理 Treatment	碱解氮/(mg·kg ⁻¹) Available N					土壤碱解氮(y)与土层深度(x)的回归方程 The regression between soil available and soil nitrogen depth	相关系数(r) Correlation coefficient
	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	60~80 cm	80~100 cm		
CK	9.91 a	6.80 a	9.68 a	8.07 a	5.99 a	y=-0.0329x+10.061	-0.602
N ₀ P ₂	10.14 a	7.96 ab	10.61 ab	8.76 ab	5.88 a	y=-0.0386x+10.986	-0.647
N ₁ P ₁	10.26 a	8.64 abc	10.83 ab	8.99 ab	7.15 a	y=-0.0294x+10.935	-0.643
N ₁ P ₂	10.26 a	8.88 abcd	10.83 ab	9.10 ab	6.22 a	y=-0.0393x+11.416	-0.698
N ₂ P ₀	10.37 a	9.22 abcde	11.07 ab	9.22 ab	7.03 a	y=-0.0334x+11.386	-0.689
N ₂ P ₁	10.72 ab	9.68 bcde	11.53 ab	9.45 ab	6.92 a	y=-0.0392x+12.009	-0.710
N ₂ P ₂	11.18 abc	9.91 bcde	11.64 ab	9.45 ab	6.45 a	y=-0.0496x+12.702	-0.769
N ₂ P ₃	11.41 abc	10.84 cde	12.68 bc	10.37 ab	7.03 a	y=-0.0462x+13.235	-0.693
N ₃ P ₂	12.33 c	11.41 e	14.18 c	10.72 b	8.42 a	y=-0.0426x+13.965	-0.635
N ₂ P ₂ K	11.99 ab	11.18 de	12.79 bc	10.72 b	7.15 a	y=-0.0507x+13.808	-0.739

2.4 棉花生育期土壤碱解氮的动态变化

由表 5 可知,在苗期,各施肥处理与对照无显著差异。不同施氮量的比较,当施磷量为 P₂(135 kg·hm⁻²)时,从 N₁到 N₃,随着氮素水平增加土壤碱解氮含量降低,但差异不显著;增施磷肥对土壤碱解氮含量影响不明显。在盛蕾期,各施肥处理与对照 CK 无显著差异。当施磷量为 P₂(135 kg·hm⁻²)时,从 N₁到 N₃,随着氮素水平增加,土壤碱解氮含量随之升高,其中,N₁P₂与 N₂P₂处理差异显著,N₂P₂与 N₃P₂处理差异不显著;增施磷肥可以提高土壤碱解氮的含量,但差异不显著。在盛花期,各施肥处理与对照 CK 无显著差异。当施磷量为 P₂(135 kg·hm⁻²)时,从 N₁到 N₃,随着氮素水平增加,土壤碱解氮含量降低,差异不显著;增施磷肥可以提高土壤碱解氮的含量,但差异不显著。盛铃期,当施磷量为 P₂(135 kg·hm⁻²)时,从 N₁到

不同施氮量间的比较,各个土层中 N₃P₂处理土壤碱解氮含量高于 N₀P₂、N₁P₂、N₂P₂处理,尤其是在 0~60 cm 土壤中差异显著,60~100 cm 土壤中差异不显著。不同施磷量间的比较,各层土壤中 N₂P₃处理土壤碱解氮含量高于 N₂P₀、N₂P₁、N₂P₂处理,但无显著差异。各个土层中 N₃P₂处理土壤碱解氮含量最高,说明增施氮肥可以提高土壤碱解氮含量以及土壤固氮能力。各土层中 N₂P₂与 N₂P₂K 处理之间无显著差异,说明增施钾肥对土壤碱解氮无显著影响。

N₃,随着氮素水平增加,土壤碱解氮含量增加,其中,N₁P₂与 N₃P₂处理差异显著,N₁P₂与 N₂P₂处理差异不显著,N₂P₂与 N₃P₂处理差异不显著;增施磷肥可以提高土壤碱解氮的含量,且 N₂P₁与 N₂P₃处理差异显著。吐絮期,增施氮磷肥均能提高土壤碱解氮含量,与对照相比,增加幅度为 2.32%~22.41%,N₃P₂与 CK 处理差异显著,其余处理与对照差异不显著。当施磷量为 P₂(135 kg·hm⁻²)时,从 N₁到 N₃,随着氮素水平增加,土壤碱解氮含量增加,其中,N₃P₂与 N₁P₂处理差异显著;增施磷肥可以提高土壤碱解氮的含量,但差异不显著。说明增施一定量氮肥与磷肥配施可以改善土壤肥力状况,增加土壤氮素,尤其对碱解氮有明显的促进作用。但是单施无机肥料,氮素的积累较少,基本平衡稳定^[12]。

2.5 土壤有机质与土壤全氮、碱解氮的相关性

将不同处理在棉花吐絮期分层测定的土壤有机质与土壤全氮含量做回归分析,结果列于表 6。除 N₃P₂、N₂P₂K 处理外,各个处理土壤有机质与土壤全氮均达到显著或极显著直线正相关。另将

不同处理在棉花吐絮期分层测定的土壤有机质与土壤碱解氮含量做相关分析,但各个处理土壤有机质与土壤碱解氮不显著正相关。因此,土壤有机质可以反映土壤全氮含量。

表 5 不同施肥处理 0~20 cm 土壤碱解氮含量

Table 5 Alkali—hydrolyzable nitrogen content in 0—20 cm soil treated with different fertilizers					
处理 Treatments	碱解氮/(mg·kg ⁻¹) Available N				
	苗期 Seeding stage	盛蕾期 Budding period	盛花期 Flowering period	盛铃期 Bell period	吐絮期 Boll opening period
CK	19.57 ab	16.37 abc	16.37 abc	17.63 bc	9.91 a
N ₀ P ₂	18.44 a	14.75 ab	16.37 abc	15.10 ab	10.14 a
N ₁ P ₁	18.33 a	16.83 abc	17.52 c	14.30 a	10.26 a
N ₁ P ₂	18.94 ab	13.83 a	17.41 c	16.14 ab	10.26 a
N ₂ P ₀	20.86 b	15.67 abc	15.68 ab	14.98 a	10.37 a
N ₂ P ₁	19.02 ab	15.56 abc	15.79 ab	15.91 ab	10.72 ab
N ₂ P ₂	18.79 ab	18.44 bc	16.37 abc	17.63 bc	11.18 abc
N ₂ P ₃	19.37 ab	19.36 c	15.91 ab	19.02 c	11.41 abc
N ₃ P ₂	18.67 ab	19.25 bc	17.06 bc	18.90 c	12.33 c
N ₂ P ₂ K	20.86 b	19.14 bc	14.98 a	16.83 abc	11.99 ab

表 6 不同施肥处理土壤有机质与土壤全氮之间的回归方程和相关系数

Table 6 The regression functions and coefficients between soil organic matte activities and total N under different fertilization		
处理 Treatment	土壤全氮(y)与土壤有机质(x)的回归方程 The regression between soil total N and organic matter	相关系数(r) Correlation coefficient
CK	y=0.0104x+0.0004	0.914 *
N ₀ P ₂	y=0.0091x+0.0378	0.971 * *
N ₁ P ₁	y=0.0099x+0.0395	0.953 *
N ₁ P ₂	y=0.0109x+0.025	0.992 * *
N ₂ P ₀	y=0.0096x+0.0452	0.943 *
N ₂ P ₁	y=0.0096x+0.0467	0.990 * *
N ₂ P ₂	y=0.0095x+0.0522	0.917 *
N ₂ P ₃	y=0.0101x+0.0473	0.938 *
N ₃ P ₂	y=0.0077x+0.1009	0.738
N ₂ P ₂ K	y=0.0095x+0.0635	0.858

3 结论与讨论

从土壤剖面来看,土壤有机质含量 0~20 cm>20~40 cm>40~60 cm>60~80 cm>80~100 cm,且各个处理土壤有机质含量与土层深度均达到显著或极显著直线负相关。与播前相比,5 层土壤中有机质含量均降低,0~40 cm 土层中

N₃P₂减幅最小,40~100 cm 土层中 N₂P₃减幅最小,这与史吉平等^[13]研究结果基本一致。从施肥处理来看,棉花吐絮期在 0~20 cm、20~40 cm 土壤中,各处理有机质含量比对照(CK)高,N₃P₂处理有机质含量最高;40~60 cm、60~80 cm 土壤中,除 N₂P₀处理外,其它施肥处理有机质含量均

Effects of Different Fertilization Treatments on Soil Organic Matter and Nitrogen in Cotton Field in Hexi Arid Area of Gansu Province

ZHANG Xue-xin^{1,2}

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;
2. Linxia State Agricultural Product Quality Safety Supervision and Management Station, Linxia 731100, China)

Abstract: The contents of soil organic matter, total nitrogen and alkali-hydrolyzed nitrogen in cotton field and their correlation characteristics under different nitrogen and phosphorus combinations in Hexi semi-arid region of Gansu province were studied, to provide a basis for the early prediction of soil organic matter as an index of soil nitrogen nutrient change. Shimian 721 was used as the experimental material. Randomized block design with two factors of nitrogen and phosphorus and ten treatments was made under field conditions and routine analysis of soil organic matter, total nitrogen and alkali-hydrolyzed nitrogen was done at laboratory. The results showed that, compared with the soil before sowing, the content of organic matter in five layers of soil decreased. From the fertilization treatment, the organic matter content of N_3P_2 treatment was the highest in five layers of soil, and the organic matter content was $N_2P_3 > N_2P_2 > N_2P_1 > N^2P_0$, but the difference was not significant, the organic matter content of 0-20 cm, 20-40 cm soil was $N_3P_2 > N_2P_2 > N_1P_2 > N_0P_2$. The results showed that the decrease of soil organic matter content was slowed down after applying nitrogen and phosphorus fertilizer. The total nitrogen content of all soil layers during flocculation stage was higher than that of CK, and N_3P_2 treatment had the highest total nitrogen content in all soil layers, which indicated that increasing nitrogen input could increase the total nitrogen content of soil. Compared with pre-sowing, in 40-60 cm soil layer, except for N_3P_2 treatment, the content of soil alkali-hydrolyzed nitrogen in other treatments decreased compared with pre-sowing, and the content of soil alkali-hydrolyzed nitrogen in the other four layers decreased compared with pre-sowing, and the content of soil reduced nitrogen in each layer was the highest in N_3P_2 treatment. Except for N_3P_2 and N_2P_2K treatments, soil organic matter and total nitrogen in all treatments had significant or extremely significant linear positive correlation, while soil organic matter in all treatments had no significant or extremely significant correlation with soil alkali-hydrolyzed nitrogen. Therefore, soil organic matter can be used as a sensitive indicator of soil nitrogen status.

Keywords: cotton; soil organic matter; soil total nitrogen; soil available nitrogen

《黑龙江农业科学》理事会

理事长单位	代表	理事单位	代表
黑龙江省农业科学院	院长 李文华	黑龙江生物科技职业学院	院长 李承林
副理事长单位	代表	农垦科研育种中心哈尔滨研究所	所长 姚希勤
黑龙江省农业科学院佳木斯水稻研究所	所长 鄂文顺	黑龙江农业职业技术学院	院长 于 波
黑龙江省农业科学院五常水稻研究所	所长 张广柱	鹤岗市农业科学研究所	所长 姜洪伟
黑龙江省农业科学院克山分院	院长 邵立刚	伊春市农业技术推广中心	主任 张含生
黑龙江省农业科学院黑河分院	院长 张立军	甘南县向日葵研究所	所长 孙为民
黑龙江省农业科学院绥化分院	院长 陈维元	萝北县农业科学研究所	所长 张海军
黑龙江省农业科学院牡丹江分院	院长 张太忠	黑龙江省农垦科学院水稻研究所	所长 解保胜
常务理事单位	代表	黑龙江八一农垦大学农学院	院长 郭永霞
勃利县广视种业有限责任公司	总经理 邓宗环	绥化市北林区农业技术推广中心	主任 张树春
内蒙古丰垦种业有限责任公司	董事长 徐万陶	黑龙江省齐齐哈尔农业机械化学学校	校长助理 张北成