

青海高原长期复种绿肥毛叶苕子对 土壤供氮能力的影响

韩梅¹, 胥婷婷¹, 曹卫东²

(1.青海省农林科学院土壤肥料研究所, 青海 西宁 810016; 2.中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要: 利用绿肥的培肥效应, 小麦收获后复种绿肥毛叶苕子。在复种绿肥毛叶苕子的情况下, 研究后茬作物油菜生育期土壤全氮、碱解氮、硝态氮、铵态氮的时空变化。结果表明, 油菜生育期 0~100 cm 土层全氮、碱解氮、铵态氮积累量均表现为有毛叶苕子处理高于无毛叶苕子处理, 硝态氮积累量均表现为有毛叶苕子处理低于无毛叶苕子处理。毛叶苕子与化肥配施效果好, 毛叶苕子施用对提高和保持土壤全氮、碱解氮、铵态氮含量, 相比 CK 提高 9.54%~18.33%, 相比纯施化肥提高 0.94%~19.28%。化肥配施毛叶苕子处理较单施化肥土壤硝态氮含量降低 7.01%~38.51%。绿肥引入小麦(油菜)种植体系后, 对小麦(油菜)生长季内土壤氮库、氮素循环及培肥土壤产生一定影响。

关键词: 复种; 绿肥; 土壤氮库; 转化; 青海高原

中图分类号: S551⁺.2; S143.1 **文献标志码:** A

Effects of long-term green manure hairy vetch on soil nitrogen supply on the Qinghai Plateau

HAN Mei¹, XU Ting-ting¹, CAO Wei-dong²

(1. Institute of Soil and Fertilizer, Qinghai Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Xining, Qinghai 810016;

2. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: In this experiment, we studied the effect of green manure crop, hairy vetch, on spatial and temporal variation of soil N in the rapeseed field. hairy vetch was planted after wheat was harvested followed by planting rapeseed. The results showed that the total N, available N, NO_3^- -N, and NH_4^+ -N in the soil during the growth period of the rapeseed (*Brassica napus* L.) were higher than those in plots untreated with hairy velvet, however, the vetch treatment resulted in lower NO_3^- -N in the soil than that in untreated soil. The results also showed that the combination of hairy vetch green manure and chemical fertilizers had better results than CK and chemical fertilizers did along. The green manure improved the total N, available N, NO_3^- -N, and NH_4^+ -N from 9.54% to 18.33% than CK and 0.94% to 19.28% over chemical fertilizers. It also resulted in lower NO_3^- -N content in the soil in a range of 7.01% to 38.51% than chemical fertilizers. Therefore, the application of green manure in the wheat-rapeseed cropping system improves soil nitrogen, nitrogen cycling, and soil fertility during the growing season of wheat-rapeseed.

Keywords: multiple cropping; green manure; soil nitrogen; transformation; Qinghai Plateau

近年来,我国农田生态环境状况不断恶化,出现土壤肥力严重失调、土壤理化性状变差、肥料利用率下降等问题,引发出一系列环境问题,如地表水富营养化、地下水污染、温室效应等^[1-2]。农业生产中,氮肥、磷肥等无机肥料的盲目施用是导致以上问题的原因之一^[3-4]。随着我国对资源以及环境

问题的日益重视,农业逐渐向有机、循环模式发展。在农业生产长期的发展过程中,绿肥栽培、垄沟栽培、地表覆盖、秸秆还田等方式,是减少化肥施用、增加农业物质投入的重要手段,也是改善农业生态环境的需要^[5]。

农田作物生长限制的关键因素之一是氮素^[5],

研究土壤氮素在土壤中的循环问题是解决农产品质量和农田生态系统引发的环境污染的突破口。而研究氮素循环的关键就在于研究氮素的转化过程、转化机制及其影响因素^[6-8],田间减施氮肥和不同栽培模式对土壤氮素的固持释放规律有何影响,尚缺乏研究。因此,研究田间不同措施下土壤中的氮素构成情况,动态分析不同栽培培肥措施对土壤无机氮库的影响^[9-12],揭示土壤各形态氮素在数量和质量上的变化情况,对有机物料、无机化肥等资源的合理利用,减少农业生产对环境的影响都具有重要的理论及实践指导意义^[13-14]。

青海省河湟地区气候资源较为丰富,作物生长两季不足,一季有余。小麦7月上、中旬收获后到10月中旬,这三个月多月时间雨热充分;但这些地区除有少部分复种蔬菜等生育期较短的作物外,大多数土地处在裸露、闲置状态,从而造成土地的巨大浪费,还有可能导致水土流失,引起沙尘暴等环境污染。针对上述问题,构建了小麦(油菜)-豆科绿肥的生产技术模式,豆科绿肥可翻压作为绿肥,以及“留茬肥地、过腹还田”,可以有效改善生态环境,综合应用潜力巨大。本试验通过小麦收获后复种绿肥,然后翻压、留茬,研究复种绿肥对培育土壤无机氮库的影响,以探索绿肥的节肥效应,为该模式下合理施用化肥提供依据和指导。

1 试验方案

1.1 试验材料

供试绿肥品种为毛叶苕子;供试油菜品种为浩油11号;供试肥料品种分别为尿素(N 46%)、过磷酸钙(P₂O₅ 12%)。

1.2 试验地概况设计

试验地位于青海省西宁市城北区,海拔为2 300 m,气候冷凉,属高原大陆性半干旱气候。年平均气温5.9℃,作物生长期为220.2 d。全年平均气温日较差为13.5℃,年平均降水量367.5 mm,年均蒸发量为1 729.8 mm。试验区水源及灌溉条件十分方便,主要水源为北川渠。土壤类型为栗钙土,前茬作物为小麦。

1.3 试验设计

该试验是2010年开始的一个绿肥长期定位试验,模拟青海省绿肥作物适种区主栽作物小麦、油菜轮作模式,2016年以油菜为主作,试验采用随机区组设计。试验共设5个处理,分别为:(1)100%化肥+绿肥根茬(F100+GM 根茬);(2)不施肥+绿肥根茬(F0+GM 根茬,CK);(3)100%化肥+绿肥翻压

(F100+GM 翻压);(4)不施肥(F0);(5)100%化肥(F100)。油菜100%的施肥量为N54.6 kg·hm⁻²、P₂O₅69.0 kg·hm⁻²。绿肥根茬即绿肥盛花期将地上部分刈割,地下部分翻入土壤;绿肥翻压即绿肥盛花期将绿肥地上、地下部全部翻入土壤。4次重复,小区面积20.0 m²(5.0 m×4.0 m)^[15]。

1.4 试验实施

3月17日,进行油菜播种,播量7.5 kg·hm⁻²。播种前将肥料均匀撒施,深翻。

毛叶苕子于上年在小麦收获后进行播种,播量105.0 kg·hm⁻²,播种后立即灌水。需压青的处理区,将该区收获的毛叶苕子铡切成10 cm左右,然后进行翻压,毛叶苕子翻压量为20 000 kg·hm⁻²。

1.5 土壤采集

分别在油菜播种期、苗期、花期、成熟期对不同层次0~10 cm、20~40 cm、50~60 cm、70~80 cm、90~100 cm土壤进行采集,共采集样品180个。

1.6 测定项目

土壤全氮、碱解氮、硝态氮、铵态氮含量。

1.7 测定方法

土壤全氮用凯氏定氮法,土壤碱解氮用碱解扩散法,硝态氮、铵态氮采用0.01 mol·L⁻¹的CaCl₂浸提TRAACS-2000型连续流动分析仪测定^[16]。

试验数据采用Excel 2003进行数据整理,用DPS软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对油菜产量的影响

产量结果(表1)表明,所有施100%化肥处理的产量都高于不施肥料处理,毛叶苕子收割、留茬处理产量均比纯施肥料处理高。施100%化肥条件下,翻压毛叶苕子处理比毛叶苕子收割留根茬处理产量高,增产率达10.12%,说明翻压绿肥处理比绿肥

表1 不同处理对油菜产量的影响

Table 1 Effects of different treatments on rapeseed yield			
处理 Treatment	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	较对照 F0 增产 Increase over F0 /(kg·hm ⁻²)	较对照 F0 增幅 Increase over F0/±%
F100+GM 根茬	1815.08ab	800.03	44.08
F0+GM 根茬	1185.05c	170.00	14.35
F100+GM 翻压	1905.09a	890.04	46.72
F0	1015.05c	-	-
F100	1730.09b	715.04	41.33

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。
Note: Diefferent lowercase letters after the same columm indicate significant difference between treatments(P<0.05).

收割留茬处理效果好。在不施肥条件下,绿肥收割留茬比不种绿肥增产效果好。

2.2 绿肥种植对土壤全氮时空变化影响

不同施肥方式对青海高原农田耕层土壤全氮有显著影响,有机物料的投入都能不同程度地提高青海农田土壤氮素养分的含量和作物产量。通过复种绿肥,后茬作物油菜 0~100 cm 土壤全氮含量随土层深度的增加而逐渐减小。油菜施基肥前,土壤全氮整体含量较低;油菜苗期土壤全氮整体含量较高,土壤全氮含量变化顺序为苗期>花期>成熟期>播种前(见图 1)。

不同施肥处理间 0~20 cm 土壤全氮含量差异显著,与不施肥处理相比,施肥显著提高了土壤全氮含量,其中化肥配施毛叶苕子处理较单一施肥土壤全氮含量有所提高。土壤全氮含量排在前三位的是 F100+GM 翻压、F100+GM 根茬、F0+GM 翻压,其中 F100+GM 翻压效果最好,土壤全氮含量与 CK 相比提高 28.69%,与 100%化肥相比提高 7.87%。结果表明,化肥配施绿肥毛叶苕子能够提高土壤全氮含量。

2.3 绿肥种植对土壤碱解氮时空变化影响

复种绿肥对后茬作物油菜土壤碱解氮有不同程度的影响(图 2)。通过后茬作物油菜不同生育期 0~100 cm 土壤剖面土壤碱解氮比较,油菜土壤碱解

氮含量随土层深度的增加而逐渐减小。根据生育期比较,土壤碱解氮含量变化顺序为苗期>成熟期>花期>播种期。不同施肥处理间 0~20 cm 土壤碱解氮含量差异显著,与不施肥处理相比,施肥显著提高了土壤碱解氮含量。各生育期土壤碱解氮含量排在前三位的是 F100+GM 根茬、F100+GM 翻压、F100。土壤碱解氮含量则是随着绿肥的施入而增高,绿肥的投入能提高土壤碱解氮。

2.4 绿肥种植对土壤硝态氮的影响

复种绿肥对后茬作物油菜土壤硝态氮也有不同程度的影响(图 3)。通过后茬作物油菜不同生育期 0~100 cm 土壤剖面土壤硝态氮比较,油菜土壤硝态氮含量随土层深度的增加呈减小趋势。根据生育期比较,土壤硝态氮含量变化顺序为苗期>花期>成熟期>播种期。0~20 cm 及 30~40 cm 土壤硝态氮含量递减幅度较大,之后随土层深度的增加土壤硝态氮含量递减幅度变慢。不同施肥处理间 0~20 cm 土壤硝态氮含量差异显著,与不施肥处理相比,施肥显著提高了土壤硝态氮含量。长期不施肥时土壤本身矿化的硝态氮也通过降水向土壤深层移动,但移动数量较少。各施肥处理的土壤硝态含量明显高于不施肥处理,其中化肥配施毛叶苕子处理较单一施肥土壤硝态氮含量有所降低,相比 100%化

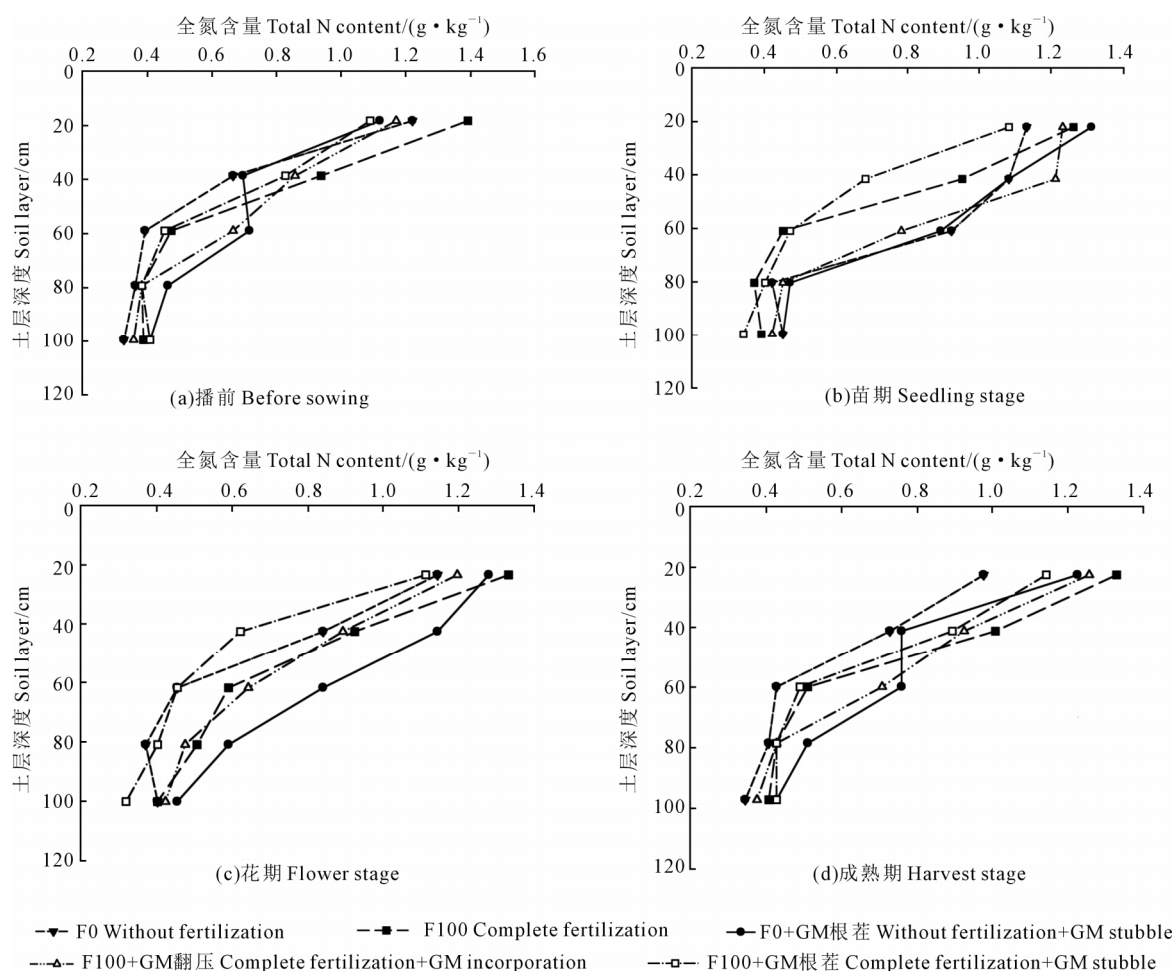


图 1 不同生育期油菜土壤全氮含量的变化

Fig.1 Change of soil total N at different rapeseed growth stages

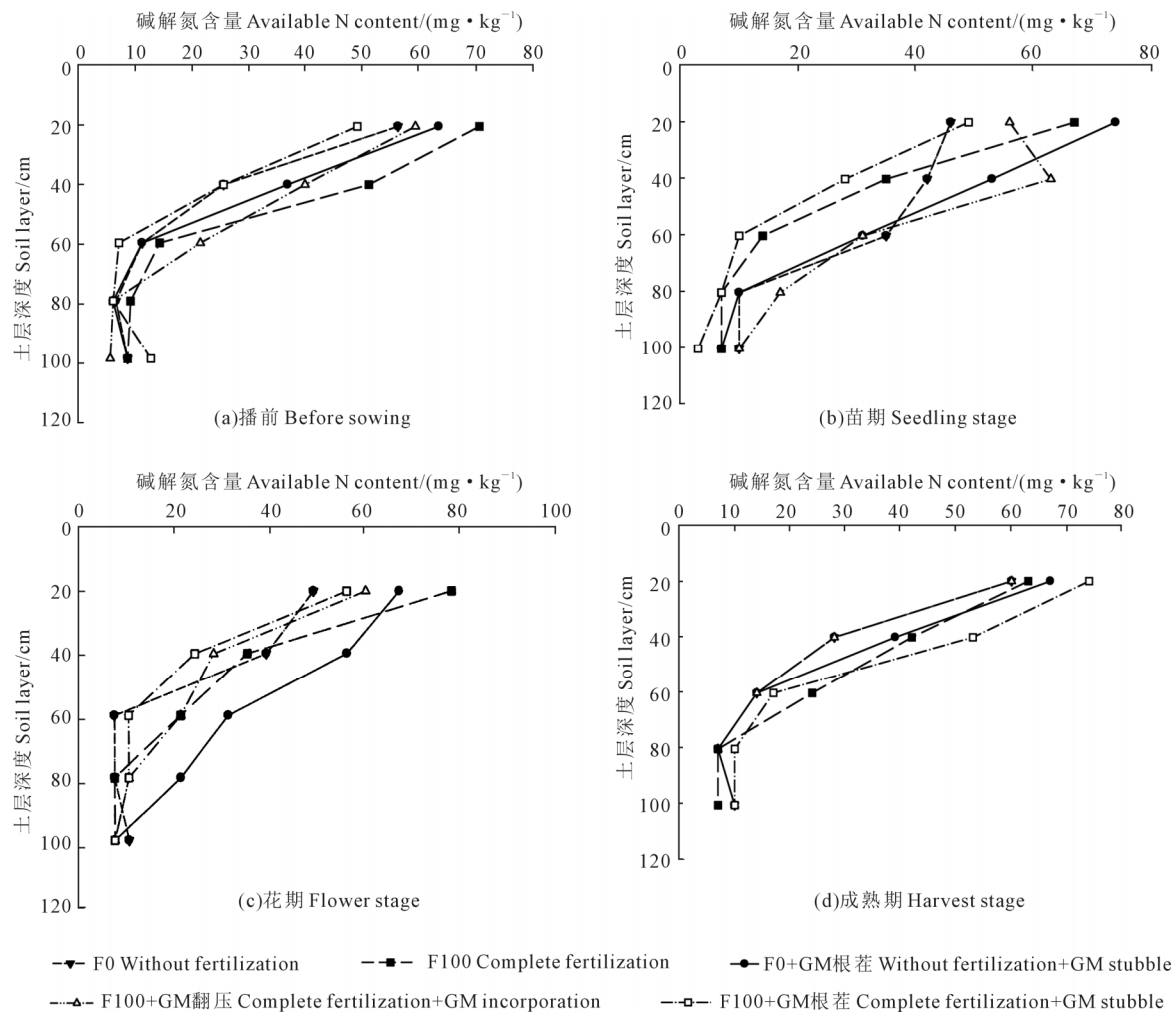


图 2 不同生育期油菜土壤碱解氮含量的变化

Fig.2 Changes of soil available N at different rapeseed growth stages

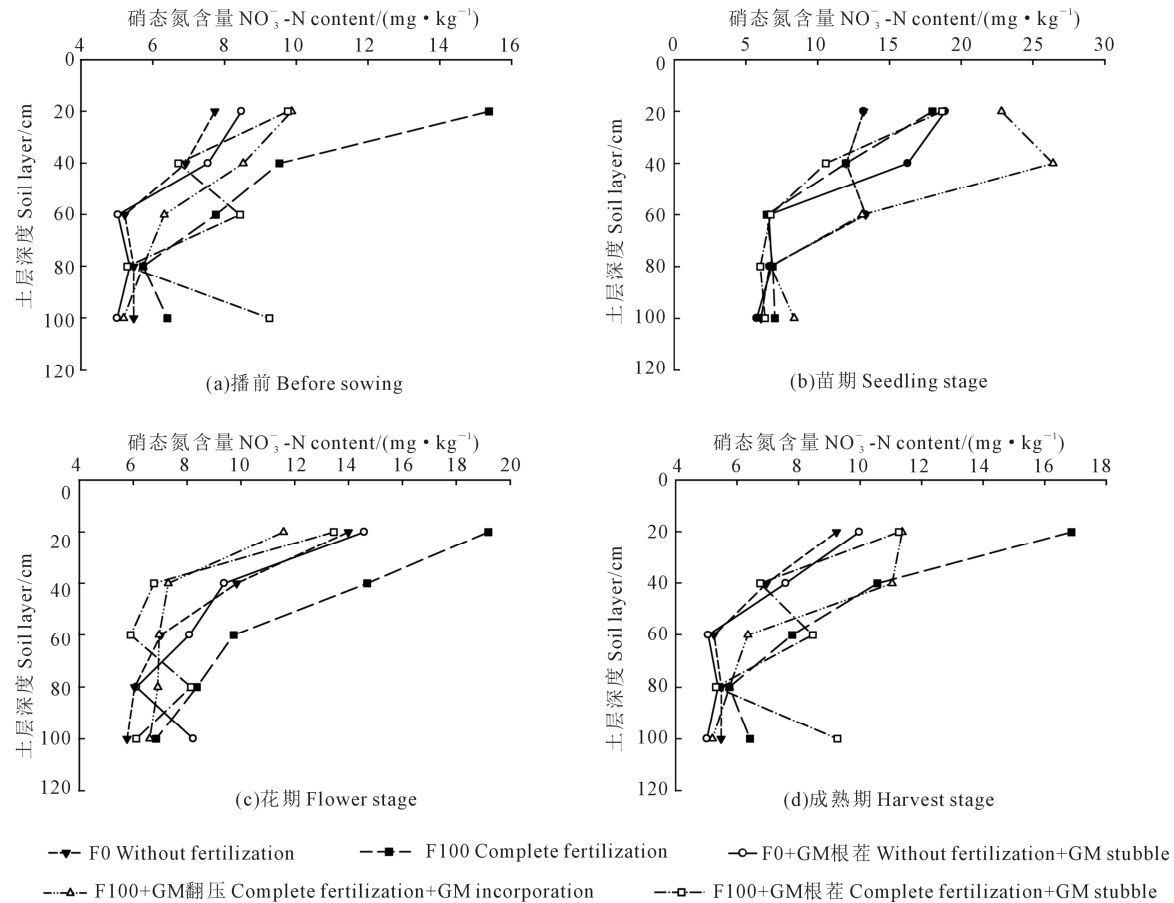


图 3 不同生育期油菜土壤硝态氮含量的变化

Fig.3 Changes of $\text{NO}_3^- - \text{N}$ in soil at different rapeseed growth stages

肥降低 7.01%~38.51%。表明化肥施用对土壤硝态氮含量起决定作用^[17],长期施肥增加了 NO_3^- -N 向深层运移的数量,而绿肥种植减少 NO_3^- -N 向深层运移的数量。

2.5 绿肥种植对土壤铵态氮的影响

复种绿肥对后茬作物油菜土壤铵态氮影响程度较小(图 4)。通过后茬作物油菜 0~100 cm 土壤剖面土壤铵态氮比较,油菜土壤铵态氮含量随土层深度的增加呈现下降趋势,递减幅度减慢。根据生育期比较,土壤铵态氮含量变化顺序为花期>成熟期>苗期>播种期。不同施肥处理间 0~20 cm 土壤铵态氮含量接近,差异不显著。与不施肥处理相比,化肥配施毛叶苕子处理较单一施肥显著增加了土壤铵态氮含量,较 CK 提高 9.54%~18.33%,较 100%化肥提高 0.94%~19.28%。

3 讨 论

本文探讨了施用绿肥毛叶苕子情况下油菜生育期土壤全氮、碱解氮、硝态氮、铵态氮含量的时空变化。长期复种绿肥毛叶苕子增加了后茬作物土壤氮库的总贮量,尤其是翻压绿肥能使土壤氮库显

著增加,提高氮素养分的有效性;而单施化肥只能维持土壤氮素肥力,长期不施肥处理由于没有肥料的施入,土壤全氮含量越来越低、氮库贮量减小^[18-19]。

豆科绿肥作物本身富含氮素,其鲜草还田作为绿肥输入油菜-绿肥生产系统,氮素除部分或被植株当季吸收利用或通过各种途径损失外^[20-21],还有部分残留于土壤中,对后茬作物具有一定后效^[22-24]。与单施尿素相比,尿素配施毛叶苕子显著降低了油菜生育期土壤中硝态氮含量,却增加了土壤全氮、碱解氮、铵态氮含量。毛叶苕子氮对土壤中总氮和各形态无机氮的贡献率均显著低于尿素氮^[25-26]。与长期单施化肥相比,有机肥与化肥配施降低了土壤中胡敏酸分子缩合度并提高其能态而延缓老化^[27],这可能是尿素配施绿肥毛叶苕子显著提高土壤总氮含量的原因之一。

油菜生育期 0~100 cm 土层土壤全氮、碱解氮、铵态氮积累量均表现为有毛叶苕子处理高于无毛叶苕子处理,硝态氮积累量均表现为有毛叶苕子处理低于无毛叶苕子处理,这可能与毛叶苕子生长季对土壤硝态氮的吸收利用有关^[28]。绿肥和化肥配

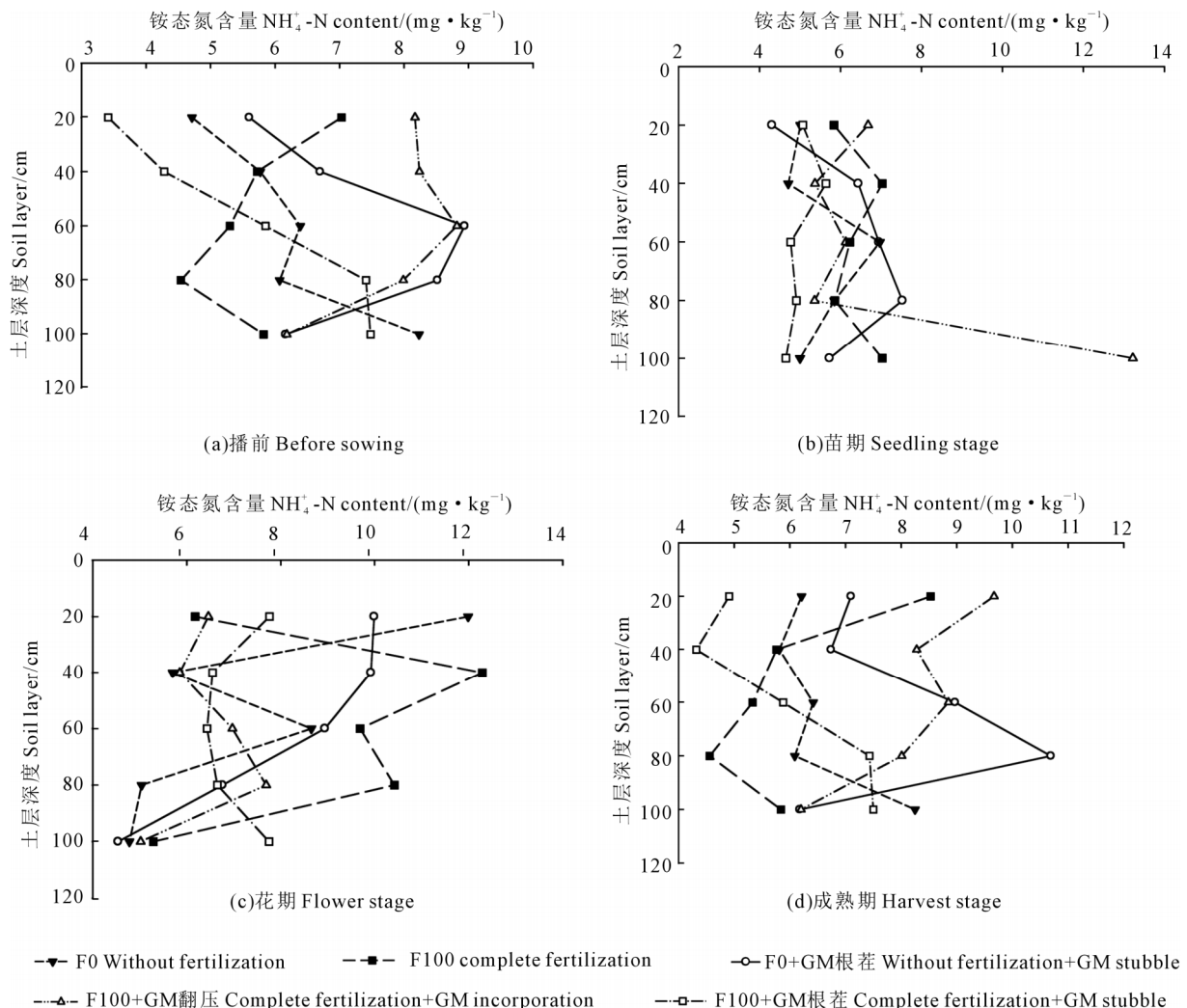


图 4 不同生育期油菜土壤铵态氮含量的变化

Fig.4 Changes of NH_4^+ -N at different rapeseed growth stages

施的处理使土壤中更多的 NO_3^- -N 保留在耕层,减少了 NO_3^- -N 向土壤深层的淋移和累积,这与樊军等^[29]在陕西长武定位试验中的研究结果基本一致。与单施尿素相比,尿素配施绿肥毛叶苕子显著降低了油菜生育中后期土壤中硝态氮含量。

4 结 论

在青海高原地区,小麦收获后复种绿肥毛叶苕子、后茬种植油菜的情况下,油菜生育期 0~100 cm 土层土壤全氮、碱解氮、铵态氮积累量均表现为有毛叶苕子处理高于无毛叶苕子处理,硝态氮积累量均表现为有毛叶苕子处理低于无毛叶苕子处理。毛叶苕子与化肥配施效果好,毛叶苕子施用对提高和保持土壤全氮、碱解氮、铵态氮含量,化肥配施毛叶苕子处理较单一施肥土壤硝态氮含量有所降低。

参 考 文 献:

- [1] 孙皓,刘群松.大力推广秸秆还田改善农业生态环境[J].当代生态农业,1999,(3):47-49.
- [2] 王德建,林静慧,夏立忠.太湖地区稻麦轮作农田氮素淋洗特点[J].中国生态农业学报,2001,9(1):16-18.
- [3] 钟秀明,武雪萍.我国农田污染与农产品质量安全现状,问题及对策[J].中国农业资源与区划,2007,28(5):27-32.
- [4] 山仑,邓西平,康绍忠.我国半干旱地区农业用水现状及发展方向[J].水利学报,2002,33(9):27-31.
- [5] 曹卫东,黄鸿翔.关于我国恢复和发展绿肥若干问题的思考[J].中国土壤与肥料,2009,(4):1-3.
- [6] 巨晓棠,刘学军,张福锁.冬小麦生长期土壤固定态铵与微生物氮的动态研究[J].中国生态农业学报,2004,12(1):90-91.
- [7] 巨晓棠,谷保静.我国农田氮肥施用现状、问题及趋势[J].植物营养与肥料学报,2014,20(4):783-795.
- [8] 白金顺,曹卫东,樊媛媛,高嵩涓.苏南稻田 4 种冬绿肥养分特性及对翻压前土壤无机氮的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(2):413-419.
- [9] 乔云发.施肥对黑土碳氮转化过程的影响[D].长春:吉林农业大学,2012.
- [10] 周江明.有机、无机肥配施对水稻产量、品质及氮素吸收的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(1):234-240.
- [11] 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,2011,26(1):85-91.
- [12] 王桂良,崔振岭,陈新平,等.南方稻田活性氮损失途径及其影响因素[J].应用生态学报,2015,26(8):2337-2345.
- [13] Vitousek P M, Howarth R W. Nitrogen limitation on land and in the sea: how can it occur[J]. Biogeochemistry. 1991, 13(2): 87-115.
- [14] 周开芳,何炎.豆科冬绿肥翻压对土壤肥力和杂交玉米产量及品质的影响[J].贵州农业科学,2003,31(增刊):42-45.
- [15] 张久东,包兴国,王婷,等.增施绿肥与降低氮肥对小麦产量和土壤肥力的影响[J].核农学报,2011,25(5):0998-1003.
- [16] 韩梅,张宏亮,郭石生,等.复种绿肥对后茬作物增产及肥地效果的研究[J].湖北农业科学,2013,52(17):4080-4082.
- [17] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:农业出版社,2005.
- [18] 郭云周,尹小怀,王劲松,等.翻压等量绿肥和化肥减量对红壤旱地烤烟产量产值的影响[J].云南农业大学学报:自然科学版,2010,25(6):811-816.
- [19] 樊军,郝明德,王永功.旱地长期轮作施肥对土壤肥力影响的定位研究[J].水土保持研究,2003,10(1):31-36.
- [20] 王娟.我国典型土壤长期定位施肥下土壤氮素时空演变特征研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2009.
- [21] Lee C H, Park K D, Jung K Y, et al. Effect of Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) as a green manure on rice productivity and methane emission in paddy soil[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2010, 138(3-4):343-347.
- [22] Zhao X, Wang S Q, Xing G X. Maintaining rice yield and reducing N pollution by substituting winter legume for wheat in a heavily-fertilized rice-based cropping system of southeast China[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2015, 202:79-89.
- [23] Broadbent F E. Residual effects of labeled N in field trials. Agronomy Journal, 1980, 72(2):305-327.
- [24] Zhang L M, Hu H W, Shen J P, et al. Ammonia-oxidizing archaea have more important role than ammonia-oxidizing bacteria in ammonia oxidation of strongly acidic soils[J]. The International Society for Microbial Ecology Journal, 2012, 6(5):1032-1040.
- [25] 巨晓棠,刘学军,张福锁.尿素与 DCD 和有机物料配施条件下氮素的转化和去向[J].中国农业科学,2002,35(2):181-186.
- [26] 包耀贤,吴发启,刘明虎,等.渭北旱塬梯田土壤氮素特征及影响因素分析[J].干旱地区农业研究,2008,26(5):109-114.
- [27] 陈鲜妮,岳西杰,葛玺祖,等.长期秸秆还田对填土耕层土壤有机碳库的影响[J].自然资源学报,2012,27(1):25-32.
- [28] 赵云英,谢永生,郝明德.施肥对黄土旱塬区黑垆土土壤肥力及硝态氮累积的影响[J].植物营养与肥料学报,2009,15(6):1273-1279.
- [29] 樊军,郝明德,党廷辉.旱地长期定位施肥对土壤剖面硝态氮分布与累积的影响[J].土壤与环境,2000,9(1):23-26.