

张淑花,周利军,魏雅冬.施氮量对农田及防护林大型土壤动物群落结构的影响[J].江苏农业科学,2021,49(4):205-210.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.04.037

施氮量对农田及防护林大型土壤动物群落结构的影响

张淑花,周利军,魏雅冬

(绥化学院农业与水利工程学院,黑龙江绥化 125061)

摘要:为揭示不同氮浓度作用下大型土壤动物群落结构的特征,对施加不同浓度氮肥的农田和防护林进行大型土壤动物群落结构调查,一次性向样地中施加不同浓度氮肥,施肥后不同时间通过手捡法分离大型土壤动物,共获得大型土壤动物 2 583 个,隶属于环节动物门和节肢动物门 2 门、4 纲、10 目。施氮肥使农田大型土壤动物个体密度和类群数降低,不同浓度氮肥作用对农田大型土壤动物个体密度和类群数的影响不显著 ($F=0.714, F=0.072, P>0.05$),氮肥对防护林个体密度和类群数影响存在一定的阈值现象,即中等浓度 (LN2) 较高,高浓度 (LN3) 较低;农田和防护林土壤动物群落多样性指数、均匀度指数、丰富度指数均表现出中氮处理 (N2) 最高,高氮 (N3) 处理最低的特点,具有明显的阈值现象;农田和防护林大型土壤动物表现出明显的时间变化规律,个体密度和类群数整体表现为 5 月 > 7 月 > 9 月的特点,差异分析显示大型土壤动物个体密度和类群数在不同取样时间差异十分显著 ($P<0.01$);不同施氮量影响了大型土壤动物的表聚性特征,农田样地大型土壤动物个体密度除 TN3 样地表现为 0~5 层最多外,其他样地均表现为 5~10 cm 最高,农田样地类群数在不同土层相差不大;防护林样地大型土壤动物个体密度在不同土层无明显规律,类群数在各浓度样地表现为 0~5 cm 最多、向下减少的趋势。

关键词:大型土壤动物;群落结构;施氮量;农田;防护林

中图分类号:S154;S181

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2021)04-0205-06

施肥是目前农业生产过程中补充土壤养分、提高农作物产量的重要方法^[1],施肥在很大程度上会影响到土壤的理化性质,同时也对生活在土壤中的动物造成影响^[2-4],氮肥是农业生产中最为重要的化学肥料之一,其使用对农作物产量提高具有重要意义,但氮肥的过量施用在一定程度破坏生态平衡,会带来一系列生态环境问题^[5]。我国是目前世界上氮肥施用量最大的国家,每年向土壤中施加的氮肥量达 2 000 万 t 以上,占世界氮肥消耗量的 30% 以上^[6]。土壤动物作为土壤生态系统中重要的生物成分,对土壤系统环境变化具有较敏感的反应,也是用来评价土壤生态环境质量的重要指标之一^[2]。氮肥的大量使用在增加了土壤氮的有效性同时,也影响了土壤动物的个体发育、数量及多样性。周丹燕等研究表明,氮添加对土壤动物密度有

显著影响,但对土壤动物类群数影响不显著^[7];徐国良等对鼎湖山森林生态系统研究表明,随着施肥浓度的增加,土壤动物的个体总数及不同土层的类群数表现出先增加后减少的特征,具有一定的阈值现象^[8]。荣海等在温郁金农田生态系统进行模拟氮沉降试验结果表明,低浓度氮处理对大型土壤动物多样性有促进作用,而高氮处理有抑制作用^[9]。这些研究均针对森林或农田单一生态系统来进行,将同一地区农田和防护林结合起来进行比较研究的还没有。农田防护林作为农业生态系统中重要的组成部分,除起到防风固沙作用之外,对农田生态系统中的生物也具有“源”和“汇”的功能。本研究选择农田及附近防护林作为试验对象,通过野外氮添加试验,研究大型土壤动物对不同浓度氮肥的响应,分析不同浓度氮肥对农田和防护林土壤动物群落结构的影响,为农田生态系统管理及分析氮沉降对生态系统的影响具有一定意义。

1 材料与方法

1.1 试验样地处理

施肥试验小区设置在黑龙江省哈尔滨市松北区哈尔滨师范大学附近一农田及相邻的防护林内,

收稿日期:2020-05-24

基金项目:黑龙江省自然科学基金(编号:LH2019D018);绥化学院寒地黑土经济与文化研究项目(编号:H201701001);绥化学院校基

本科研业务费项目(编号:2017-XKYYWF-020)。

作者简介:张淑花(1978—),女,黑龙江宝清人,博士,副教授,主要从事为区域经济与环境生态学研究。E-mail: zshua_2001@126.com。

地理位置 45°51′N,126°33′E,农田种植的农作物类型为玉米,防护林树种为杨树(*Populus* L.),树高约 10 m,胸径 10 cm;林下草本植物有香蒿(*Artemisia Annu*a L.)、龙牙草(*Agrimonia polosa* Ledeb.)、龙葵(*Solanum nigrum* L.)及狗尾草(*Setaria viridis* Beauv.)等,草本植物总覆盖度约 60%,凋落物层厚 1~2 cm。处理所用氮肥类型为大庆石化总厂生产的大庆牌尿素(总氮含量≥46.5%),结合农民一般田间化肥施用量,在农田和防护林分别设置 3 个不同的施肥浓度和一个不施肥对照样地,浓度分别是 12.5 g/m²(TN1 和 LN1)、25.0 g/m²(TN2 和 LN2)和 50.0 g/m²(TN3 和 LN3),对照样地(TN0 和 LN0),每个样地面积为 4.0 m×2.5 m,相邻样地之间留 0.5 m 不施肥的隔离区域,在春季播种前一次性将氮肥均匀施加到样地内。农田样地施肥方法为土埋法,即先在样地内勾出深约 5 cm 垄沟,将每一样地待施加化肥均匀地撒入垄沟内,再用土将垄沟填平,相邻垄沟间尽量接近以保证每一样地内氮肥施用的均匀性;防护林内采取表层施肥,先将枯落叶移走,将氮肥均匀撒于样地内,再将枯落叶铺

于样地表面。

1.2 样品采集及鉴定

施肥于 2010 年 4 月末进行,分别于施肥后 1、3、5 个月(即 5 月、7 月和 9 月)在各样地内对大型土壤动物进行调查取样,每个样地设置 4 个样方,样方面积为 50 cm×50 cm,采取手检法分离,获得的标本保存在 75% 乙醇中,所有分离样品在体视显微镜下进行分类鉴定和数量统计,土壤动物分类鉴定主要参考《中国土壤动物检索图鉴》^[10],大多数土壤动物鉴定到科。土壤 pH 值采用酸度计(PB-10 型)测定,土壤有机质(SOM)含量采用重铬酸钾-硫酸氧化法测定,土壤全氮(TN)含量采用凯氏定氮法测定,土壤全磷(TP)含量采用硫酸-高氯酸消煮法测定,土壤全钾(TK)含量采用 NaOH 碱熔-火焰光度法测定,速效磷(AP)含量采取双酸浸提、钼锑抗比色法测定,速效钾(AK)含量采用乙酸铵浸提、原子吸收法测定。由表 1 可知,方差分析显示土壤有机质、全氮、全磷、速效磷在不同样地间差异显著($P<0.05$),其他土壤因子在不同样地间差异不明显($P>0.05$)。

表 1 各样地土壤性质

样地	pH 值	SOM 含量 (g/kg)	TN 含量 (g/kg)	C/N	TP 含量 (g/kg)	AP 含量 (mg/kg)	TK 含量 (g/kg)	AK 含量 (mg/kg)
TN0	6.35±0.09a	19.47±0.31b	1.21±0.03c	7.75±2.80b	3.29±0.08b	79.71±1.42c	0.81±0.01b	38.09±4.44a
TN1	6.43±0.39a	19.95±1.52b	1.27±0.04c	8.31±0.18b	2.88±0.50b	109.73±79.45c	0.82±0.04b	42.37±0.95a
TN2	6.50±0.28a	20.82±0.87b	1.29±0.10c	7.24±2.41b	3.91±0.93b	105.52±40.86c	0.81±0.05b	41.50±3.70a
TN3	6.23±0.53a	22.51±1.51b	1.54±0.18c	8.20±3.21b	3.77±1.03b	103.50±46.60c	0.80±0.03b	40.99±4.56a
LN0	6.92±0.48a	28.30±4.41ab	1.28±0.18a	9.75±1.66b	5.38±0.22a	168.40±25.25bc	0.76±0.02ab	41.77±5.33a
LN1	6.92±0.34a	36.17±9.55a	2.14±0.44a	11.88±3.11b	4.20±0.42b	316.86±77.63a	0.75±0.04ab	42.47±1.81a
LN2	6.80±0.25a	35.27±4.80a	1.80±0.38ac	12.65±3.15ab	4.71±0.56ab	327.54±55.80a	0.76±0.02ab	41.69±2.02a
LN3	6.94±0.36a	33.65±5.68a	1.63±0.09bc	12.52±3.71a	5.29±0.35a	255.50±31.97ab	0.77±0.04ab	41.90±4.85a

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

1.3 数据处理与分析

采用如下公式对调查获得的土壤动物群落特征指数进行分析:Shannon-Wiener 多样性指数: $H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln(P_i)$;Pielou 均匀度指数: $J = \frac{H'}{\ln s}$;Simpson 优势度指数: $C = \sum (n_i/N)^2$;Margalef 丰富度指数: $M = \frac{s-1}{\ln N}$;式中, N 为群落中所有种类的个体总数, n_i 为第 i 各类群的个体数量, $P_i = \frac{n_i}{N}$, s 为群落类群数。

所有数据运算采用 Excel 2003、SPSS 13.0 软件

进行处理,差异性分析主要以方差分析(F 检验)进行统计, $P>0.05$ 说明无显著差异, $P<0.05$ 说明差异显著, $P<0.01$ 说明差异极显著,多重比较采用 LSD 法。

2 结果分析

2.1 不同浓度氮肥影响下土壤动物种类和数量特征

对不同浓度氮肥作用下农田和防护林样地大型土壤动物进行调查,共获得大型土壤动物 2 583 个,隶属于环节动物门和节肢动物门 2 门、4 纲、10

目,其中农田样地获得 23 类 249 个,防护林样地获得 28 类 2 334 个。由表 2 可知,分析农田和防护林的大型土壤动物种类组成,蚁科(Formicidae) 和线蚓科(Enchytraeidae) 均具有绝对优势的类群,此外农田样地中优势类群还有隐翅甲科(Staphylinidae) (10.44%),农田和防护林样地常见类群的种类组成差异明显,农田样地常见类群有地蜈蚣目(Geophilomorpha)、葬甲科(Silphidae)、虎甲科(Cicindelidae) 等 7 个类群,占总个体数量的 28.92%,防护林样地常见类群只有金龟甲科(Scarabaeidae)、步甲科(Carabidae) 和红萤科(Lycidae) 3 个类群,占总个体数量的 7.59%。

由表 2 可知,对不同施氮肥浓度样地进行比较,农田样地和防护林样地对施加不同浓度氮肥的响应有一定差异。农田样地个体密度表现为 $TN0 > TN3 > TN2 > TN1$,类群数特征表现为 $TN0 > TN1 > TN2 > TN3$,说明施氮肥会使农田大型土壤动物个体密度和类群数降低,类群数随氮肥浓度增高而降低,个体密度并未表现出随浓度增高降低的特征,差异分析显示农田大型土壤动物个体密度和类群数在不同浓度氮肥作用下差异均不显著($F = 0.714, P = 0.553; F = 0.072, P = 0.975$);防护林样地个体密度表现为 $LN2 > LN1 > LN0 > LN3$,类群数表现为 $LN2 > LN0 > LN3 > LN1$,方差分析显示防护林样地大型土壤动物个体密度和类群数在不同浓度氮肥影响下也不具有显著差异性($F = 0.667, P = 0.577; F = 0.891, P = 0.453$)。

2.2 不同浓度氮肥影响下大型土壤动物群落特征指数

依据前述公式,对农田样地和防护林样地不同浓度氮肥作用下大型土壤动物群落特征指数进行计算。由表 3 可知,比较不同氮肥浓度对群落特征指数的影响,农田样地和防护林样地的多样性指数、均匀度指数、丰富度指数均表现出 $N2 > N0 > N3$ 的特征,说明一定量的氮肥施加会导致大型土壤动物群落多样性指数、均匀度指数、丰富度指数增高,但过高的浓度会使多样性降低,这和其他学者研究结果一致,如荣海等研究氮沉降对温郁金农田大型土壤动物影响得到同样结论^[9],徐国良等研究认为氮沉降对土壤动物的影响可能存在阈值作用^[11-12]。优势度指数表现与多样性指数相反,农田和防护林都表现为 $N2$ 样地优势度指数最低,说明一定浓度的氮肥会导致大型土壤动物群落优势现象降低。

由表 3 可知,同样处理方式下,农田样地个体密度、类群数及优势度指数显著低于防护林样地,多样性指数、均匀度指数及丰富度指数高于防护林,差异分析显示农田和防护林在大型土壤动物个体密度、多样性指数、均匀度指数、优势度指数方面具有极显著差异($P < 0.01$),群落类群数具有显著差异($P < 0.05$),丰富度指数在农田和防护林之间差异不显著($F = 0.233, P = 0.646$),这说明不同用地类型对土壤动物群落结构具有重要的影响^[13]。

2.3 不同浓度氮肥影响下大型土壤动物群落时间变化特征

对农田和防护林样地不同时间获取的大型土壤动物个体密度和类群数进行统计。由表 4 可知,不论是农田样地,还是防护林样地,在不同月份土壤动物个体密度和类群数均有一定的差异,个体密度除 $TN3$ 样地外,其余样地均表现为 5 月 $>$ 7 月 $>$ 9 月的时间变化规律,类群数变化与个体密度变化规律相似,除 $TN1$ 和 $TN3$ 外,其他样地均表现为 5 月 $>$ 7 月 $>$ 9 月的变化规律。

差异性分析显示不论是农田还是防护林样地,大型土壤动物个体密度和类群数在不同取样时间差异均十分显著($P < 0.01$),对不同月份个体密度和类群数进行 LSD 对比分析发现,农田个体密度和类群数及防护林样地的个体密度均表现为 5 月与 7 月和 9 月的差异显著,7 月与 9 月之间差异不显著;防护林样地的类群数表现为 5 月、7 月和 9 月均差异明显。

2.4 不同浓度氮肥影响下大型土壤动物群落垂直结构特征

氮肥的施加会在一定程度上改变土壤动物的表聚性特征^[8],对不同土层获得的大型土壤动物个体密度和类群数进行统计。由表 5 可知,农田样地大型土壤动物个体密度除 $TN3$ 样地表现为 0 ~ 5 cm 最多外,其他样地均表现为 5 ~ 10 cm 最高,农田样地的类群数在不同土层相差不明显,方差分析显示农田大型土壤动物的个体密度和类群数在不同土层之间均不具有显著差异(个体密度 $F = 0.566, P = 0.578$;类群数 $F = 0.320, P = 0.734$);防护林样地个体密度在 $LN0$ 和 $LN2$ 样地表现为 0 ~ 5 cm 最高, $LN1$ 样地为 5 ~ 10 cm 最高, $LN3$ 样地为 10 ~ 15 cm 最高,类群数在各浓度样地均表现为 0 ~ 5 cm 最多,向上、向下减少的趋势,方差分析显示防护林大型土壤动物个体密度在不同土层不具有显著差

表 2 各处理样地大型土壤动物个体密度及类群数量

序号	土壤动物	农田						防护林					
		TN0	TN1	TN2	TN3	比例(%)	多度	LN0	LN1	LN2	LN3	比例(%)	多度
1	蚁科(Formicidae)	33	13	17	40	41.37	+++	130	412	385	168	46.92	+++
2	线蚓科(Enchytraeidae)	13	3	5	7	11.24	+++	285	135	296	217	39.97	+++
3	金龟甲科(Scarabaeidae)	2	1	1	1	2.01	++	18	20	14	31	3.56	++
4	步甲科(Carabidae)	7	0	1	1	3.61	++	6	3	51	10	3.00	++
5	隐翅甲科(Staphylinidae)	5	6	7	8	10.44	+++	2	6	13	1	0.94	+
6	地蜈蚣目(Geophilomorpha)	4	6	7	5	8.84	++	2	0	1	0	0.13	+
7	虎甲科(Cicindelidae)	2	1	3	5	4.42	++	2	1	9	1	0.56	+
8	蜘蛛目(Araneida)	4	1	2	0	2.81	++	7	3	3	4	0.73	+
9	红萤科(Lycidae)	0	0	0	0	0.00		13	2	3	6	1.03	++
10	葬甲科(Silphidae)	3	1	5	5	5.62	++	0	0	5	2	0.30	+
11	食虫虻科(Asilidae)	2	0	0	0	0.80	+	2	1	4	2	0.39	+
12	石蜈蚣目(Lithobiomorpha)	0	1	0	0	0.40	+	3	2	1	3	0.39	+
13	叩甲科(Elateridae)	0	0	1	0	0.40	+	3	0	2	2	0.30	+
14	葬甲科(Silphidae)	0	0	0	0	0.00		0	0	5	2	0.30	+
15	蝙蝠蛾科(Hepialidae)	4	0	0	0	1.61	++	1	1	0	0	0.09	-
16	蚱总科(Tetrigoidea)	0	0	0	0	0.00		2	1	2	0	0.21	+
17	大蚊科(Tipulidae)	0	1	1	0	0.80	+	0	0	2	0	0.09	-
18	红萤科(Lycidae)	0	0	0	0	0.00		0	0	3	1	0.17	+
19	隐食甲科(Cryptophagidae)	0	0	0	0	0.00		1	0	2	1	0.17	+
20	剑虻科(Therevidae)	0	0	0	0	0.00		2	0	0	2	0.17	+
21	长足虻科(Dolichopodadae)	0	1	0	0	0.40	+	0	1	1	0	0.09	-
22	舟蛾科(Notodontidae)	0	0	0	0	0.00		2	0	0	1	0.13	+
23	蚁甲科(Pselaphidae)	0	0	1	1	0.80	+	0	0	0	0	0.00	
24	舞虻科(Empidadae)	0	1	0	1	0.80	+	0	0	0	0	0.00	
25	蚤蝇科(Phoridae)	0	2	0	0	0.80	+	0	0	0	0	0.00	
26	蝼蛄科(Gryllotalpidae)	2	0	0	0	0.80	+	0	0	0	0	0.00	
27	圆螬科(Hippotiscus)	1	1	0	0	0.80	+	0	0	0	0	0.00	
28	出尾蕈甲科(Scaphidiidae)	0	0	0	0	0.00		0	1	1	0	0.09	-
29	瓢甲科(Coccinellidae)	0	0	0	0	0.00		0	1	1	0	0.09	-
30	蝙蝠蛾科(Hepialidae)	0	0	0	0	0.00		1	1	0	0	0.09	-
31	芫青科(Meloidae)	1	0	0	0	0.40	+	0	0	0	0	0.00	
32	粪金龟科(Geotrupidae)	1	0	0	0	0.40	+	0	0	0	0	0.00	
33	鹬虻科(Rhagionidae)	0	0	1	0	0.40	+	0	0	0	0	0.00	
34	扁股花甲科(Euciretidae)	0	0	0	0	0.00		0	0	1	0	0.04	-
35	郭公虫科(Cleridae)	0	0	0	0	0.00		0	0	0	1	0.04	-
36	刺蛾科(Eucleidae)	0	0	0	0	0.00		1	0	0	0	0.04	-
个体密度(个/ m ²)		84	39	52	74	100.00		483	591	805	455	100.00	
类群数(个)		15	14	13	10			19	16	22	18		

注：“+++”表示优势类群，个体数占总数的10%以上，“++”表示常见类群，个体数占总数的1%~10%，“+”表示稀有类群，个体数占总数的0.1~1.0%，“-”表示极稀有类群，个体数占总数的0.1%以下。

异($F=1.496,P=0.266$),类群数在不同土层之间差异性显著($F=7.025,P=0.006$),这表明不同施氮量影响下大型土壤动物个体密度和类群数的垂

直结构变化没有明显规律性。
对各土层不同浓度氮处理样地土壤动物个体密度和类群数比较发现,农田样地个体密度0~5 cm

表 3 不同氮浓度处理样地大型土壤动物群落特征指数

项目	农田				防护林			
	TN0	TN1	TN2	TN3	LN0	LN1	LN2	LN3
个体密度(个/m ²)	84b	39b	52b	74b	483ab	591ab	805a	455ab
类群数(个)	15a	14a	13a	10a	19a	16a	22a	18a
多样性数	2.099 0ab	2.071 1ab	2.155 5ab	1.575 0ab	1.273 6b	1.319 7a	1.344 3ab	0.928 5ab
均匀度指数	0.775 1a	0.807 5a	0.816 8a	0.684 0ab	0.432 6b	0.334 9a	0.434 9	0.426 6a
优势度指数	0.199 5c	0.181 4c	0.162 7c	0.327 2c	0.423 3a	0.539 5ac	0.368 8ab	0.369 3ab
丰富度指数	3.159 7a	3.298 9a	3.274 3a	2.091 0a	2.912 6a	2.350 4a	3.138 6a	2.777 6a

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。

表 4 不同氮浓度处理样地大型土壤动物时间结构

样地	个体密度(个/m ²)			类群数(个)		
	5 月	7 月	9 月	5 月	7 月	9 月
TN0	61a	13b	10b	11a	6b	3b
TN1	25a	9b	5b	7a	8b	1b
TN2	36a	9b	7b	13a	3b	3b
TN3	47a	3b	24b	8a	2b	5b
LN0	249a	151b	83b	12a	8b	7c
LN1	334a	132b	125b	12a	9b	5c
LN2	504a	193b	108b	16a	10b	7c
LN3	295a	97b	63b	11a	8b	5c

层 TN3 样地最高,5 ~ 10 cm 和 10 ~ 15 cm 层都是 TN0 样地最高,农田类群数每层都是 TN0 最高;防护林样地个体密度在地被层和 0 ~ 5 cm 层 LN2 最高,5 ~ 10 cm 层为 LN1 最高,10 ~ 15 cm 层为 LN3 最高,类群数在地被层、0 ~ 5 cm 层、5 ~ 10 cm 层均是 LN2 样地最高,在 10 ~ 15 层 LN0 和 LN3 最高,二者类群数量相同。同样施氮量的农田和防护林,大型土壤动物个体密度和类群数响应不同,这应该与农田和防护林不同的植被特征有关,农作物和杂草为土壤动物提供栖息地和食物等要素,施加氮肥对农田作物和防护林杂草会产生影响,这样势必会影

表 5 不同氮浓度处理样地大型土壤动物个体密度和类群数量的垂直结构

样地	个体密度(个/m ²)				类群数(个)			
	地被层	0 ~ 5 cm	5 ~ 10 cm	10 ~ 15 cm	地被层	0 ~ 5 cm	5 ~ 10 cm	10 ~ 15 cm
TN0	—	28a	29a	27a	—	11a	10a	11a
TN1	—	10a	18a	11a	—	7a	7a	7a
TN2	—	15b	27a	10b	—	8a	10a	7a
TN3	—	40a	18a	16a	—	8a	8a	6a
LN0	49b	242a	106b	86b	11a	12a	8a	8a
LN1	111b	132a	223b	125b	9a	12a	5a	5a
LN2	144b	453a	93b	115a	11a	15a	9a	6a
LN3	68b	87b	82b	218a	8a	9a	7a	8a

响土壤动物的群落结构。

3 结论与讨论

对不同浓度氮肥作用下农田及其附近防护林大型土壤动物进行调查,共获得大型土壤动物 2 583 个,隶属于环节动物门和节肢动物门 2 门、4 纲、10 目,农田捕获 249 个共 23 类动物,优势类群为蚁科、线蚓科和隐翅甲科,3 个类群占农田样地总个体数量的 63.05%;防护林样地捕获 2 334 个共 28 类动物,优势类群为蚁科和线蚓科,2 个类群个体数占防护林样地个体数的 86.89%。

农田样地和防护林样地对施加不同浓度氮肥的响应有一定差异,施氮肥使农田大型土壤动物个体密度和类群数降低,类群数随氮肥浓度增高而降低,个体密度并未表现出随浓度增高降低的特征,这与林英华等在外源氮作用下土壤动物组成与结构研究中得出大型土壤动物个体密度随外源氮浓度升高呈降低趋势的表现^[14-15]有一定不同,差异分析显示农田大型土壤动物个体密度和类群数在不同浓度氮肥作用下差异不显著($P > 0.05$);防护林个体密度和类群数均表现出 LN2 最高、LN3 较低的特点,即存在一定的阈值现象,这与徐国良等研究

氮沉降对苗圃地土壤动物群落影响的结果一致,即施氮处理对土壤动物具有促进作用,但过高的氮处理则会带来负面影响^[11-12],差异分析显示防护林样地大型土壤动物个体密度和类群数在不同浓度氮肥影响下差异性不显著($P > 0.05$)。不同氮浓度处理对农田和防护林土壤动物群落多样性指数、均匀度指数、丰富度指数的作用都表现出中氮处理(N2)高、高氮(N3)处理低的特点,表现出明显的阈值现象,这一点与很多研究结果^[7,9,12]一致。

农田样地与防护林样地在群落特征方面存在显著差异,个体密度、类群数及优势度指数农田样地显著低于防护林样地,多样性指数、均匀度指数及丰富度指数农田样地高于防护林,差异分析表明在农田和防护林之间,大型土壤动物个体密度、多样性指数、均匀度指数、优势度指数具有极显著的差异($P < 0.01$),类群数具有显著差异($P < 0.05$),丰富度指数不具有显著差异($P > 0.05$),很多研究均表明土壤动物与地上植物间具有很大关系^[16-17],农田样地与防护林样地在植被组成和覆盖程度上存在较大差异,导致二者土壤动物群落结构具有显著的差异。

不论是农田样地,还是防护林样地,在不同月份土壤动物个体密度和类群数均有一定的差异,个体密度除 TN3 样地外,其余样地均表现为 5 月 > 7 月 > 9 月的时间变化规律,类群数变化与个体密度变化规律相似,除 TN2 和 TN3 外,其他样地均表现为 5 月 > 7 月 > 9 月的变化规律。差异分析显示大型土壤动物个体密度和类群数在不同取样时间差异十分显著($P < 0.01$),这与不同月份气候因素的差异有关。

不同施氮量在一定程度上影响了大型土壤动物的表聚性特征,农田样地大型土壤动物个体密度除 TN3 样地表现为 0 ~ 5 cm 最多外,其余样地均表现为 5 ~ 10 cm 最高,农田样地的类群数在不同土层相差不明显,方差分析显示农田大型土壤动物的个体密度和类群数在不同土层之间不具有显著的差异($P > 0.05$);防护林样地大型土壤动物个体密度垂直变化在不同浓度样地没有明显规律,类群数在各浓度样地均表现为 0 ~ 5 cm 最多、向下减少的趋势,方差分析显示防护林大型土壤动物个体密度在

不同土层不具有显著差异($P > 0.05$),类群数在不同土层之间差异极显著($P < 0.01$),这与林英华等在研究黑土区不同施肥条件下土壤动物组成和多样性中得出土壤动物个体密度和类群数最大值可能出现在三层中的任意层次的结果^[14]一致。

参考文献:

- [1] 孙 勇,曲京博,初晓冬,等. 不同施肥处理对黑土土壤肥力和作物产量的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(14):45-50.
- [2] 李媛媛,许子乾,徐涵涓,等. 施肥对陆地生态系统土壤动物影响的研究述评[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2018,42(5):179-184.
- [3] 孙云云,赵兰坡. 土壤质量评价的生物指标及其相关性研究进展[J]. 中国农学通报,2010,26(5):116-120.
- [4] 唐玉姝,魏朝富,颜廷梅,等. 土壤质量生物学指标研究进展[J]. 土壤,2007,39(2):157-163.
- [5] 高洪军,朱 平,彭 畅. 浅析氮肥对生态环境负效应及对策[J]. 吉林农业科学,2004,29(6):37-41.
- [6] 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.
- [7] 周丹燕,卜丹蓉,葛之葳,等. 氮添加对沿海不同林龄杨树人工林土壤动物群落的影响[J]. 生态学杂志,2015,34(9):2553-2560.
- [8] 徐国良,莫江明,周国逸. 模拟氮沉降增加对南亚热带主要森林土壤动物的早期影响[J]. 应用生态学报,2005,16(7):1235-1240.
- [9] 荣 海,范海兰,李 茜,等. 模拟氮沉降对农田大型土壤动物的影响[J]. 东北林业大学学报,2011,39(1):85-88.
- [10] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [11] 徐国良,莫江明,周国逸. 氮沉降对三种林型土壤动物群落生物量的影响[J]. 动物学研究,2005,26(6):609-615.
- [12] 徐国良,莫江明,周国逸,等. 模拟氮沉降对苗圃地土壤动物群落的影响[J]. 生态环境,2004,13(4):487-492.
- [13] 杨宝玲,张文文,范 换,等. 苏北沿海地区不同土地利用类型下土壤动物群落结构特征[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2017,41(6):120-126.
- [14] 林英华,朱 平,张夫道,等. 吉林黑土区不同施肥条件下农田土壤动物组成及多样性变化[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(3):412-419.
- [15] 徐演鹏,卢 萍,谭 飞,等. 外源 C、N 干扰下吉林黑土区农田土壤动物组成与结构[J]. 土壤学报,2013,50(4):800-809.
- [16] 靳亚丽,李必成,耿 龙,等. 上海大金山岛不同植被类型下土壤动物群落多样性[J]. 生物多样性,2017,25(3):304-311.
- [17] 李朝晖. 南京方山生态公园不同人工植被土壤动物群落结构[J]. 土壤通报,2014,45(1):72-76.