

DOI:CNKI:61-1390/S.20110809.1715.004

网络出版时间:2011-08-09 17:15

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20110809.1715.004.html>

利用树木枯落叶防治连作麦田土壤极化的效应

刘增文^a, 米彩红^a, 李 茜^b, 袁 娜^a, 祝振华^a

(西北农林科技大学 a 资源环境学院, b 林学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] **【目的】**研究不同树木枯落叶对连作麦田土壤性质的影响,为防治麦田土壤性质极化和连作障碍提供依据。**【方法】**采集黄土残塬区典型连作麦田耕层(0~10 cm)土壤,将其与不同森林树种(刺槐、小叶杨、辽东栎、沙棘和柠条)和城市道路绿化树种(法国梧桐、国槐、银杏、垂柳、五角枫、女贞、紫叶李、栾树、广玉兰、梧桐、泡桐、杜仲和七叶树)的当年枯落叶按干质量比 100:2 混合后,在 20~25 °C 下进行室内分解培养试验,连续培养 120 d 后,测定土壤的化学性质和生物学性质。**【结果】**1)连作麦田会引起土壤有效 Zn、有机 C 含量增加和土壤微生物数量、多种酶活性不断提高的正向极化,但也同时引起土壤向贫养化发展、土壤有效 Fe 和有效 Cu 含量降低、阳离子交换量(CEC)减少及土壤部分酶活性降低的负向极化趋势;2)根据对连作麦田土壤极化的综合影响效应分析,枯落叶最适合施入麦田土壤的当地森林树种是沙棘、小叶杨,其次是刺槐,而柠条、辽东栎不适宜;枯落叶最适合施入麦田土壤的当地城市道路绿化树种是杜仲、紫叶李,其次是栾树、国槐、垂柳、泡桐,而女贞、法国梧桐、银杏、梧桐、七叶树、玉兰和五角枫均不适宜。**【结论】**收集一些特定树种的枯落叶施入农田土壤,是防治连作土壤性质极化和连作障碍的一种有效方法。

[关键词] 农田连作;土壤极化;树木枯落叶

[中图分类号] S344.4;S158.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2011)10-0134-07

Effects of applying tree leaf litter on control of soil polarization of continuous cropping wheat land in the Gullied Loess Plateau

LIU Zeng-wen^a, MI Cai-hong^a, LI Qian^b, YUAN Na^a, ZHU Zhen-hua^a

(a College of Resources and Environment, b College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** The study was about the effects of different leaf litters on continuous cropping soil of wheat which can provide scientific basis for controlling soil polarizations and continuous cropping obstacle. **【Method】** Through sampling top soil(0—10 cm) of typical wheat land in the gullied Loess Plateau, mixed with different leaf litters of forest trees(*Robinia pseudoacacia*, *Populus simonii*, *Quercus liaotungensis*, *Hippophae rhamnoides*, *Caragana microphylla*) and urban road trees (*Platanus hispanica*, *Sophora japonica*, *Ginkgo biloba*, *Salix babylonica*, *Acer mono maxim*, *Ligustrum lucidum*, *Prunus cerasifera*, *Koeleria interifolia*, *Magnolia grandiflora*, *Firmiana simplex*, *Paulownia fortunei*, *Cortex eucommiae*, *Aesculus parviflora*) in dry mass ratio of 100:2, incubation of mixed decomposition was carried out for 120 d at 20—25 °C in laboratory and the soil characters were determined. **【Result】** 1) The continuous cropping of wheat can cause positive soil polarization, increasing contents of available Zn and organic C, improving microbe and many enzyme activities, however, it can cause negative polarization that decreases contents of nutrients, available Fe and available Cu, CEC and a few enzyme activities. 2) According to the compre-

* [收稿日期] 2011-03-21

[基金项目] 陕西省自然科学基金研究计划项目(2009JM3014);国家自然科学基金项目(31070630)

[作者简介] 刘增文(1965—),男,陕西横山人,教授,博士生导师,主要从事森林生态研究。E-mail: zengwenliu2003@yahoo.com.cn

hensive effects of controlling soil polarization by fertilizing different leaf litters, the priority order of forest trees is as follows: *H. rhamnoides*, *P. simonii* are the best, *R. pseudoacacia* is second, but *C. microphylla*, *Q. liaotungensis* are not suitable; the priority order of urban road trees is as follows: *C. eucommiae*, *P. cerasifera* are the best, *K. interifolia*, *S. japonica*, *S. babylonica*, *P. fortunei* are second, but *L. lucidum*, *P. hispanica*, *G. biloba*, *F. simplex*, *A. parviflora*, *M. grandiflora*, *A. maxim* are not suitable. 【Conclusion】 Gathering redundant or wasted leaf litter of certain trees and fertilizing into soil of farmland is an effective method to control soil polarizations and continuous cropping obstacle.

Key words: continuous cropping; soil polarization; leaf litter of trees

我国人口众多,耕地稀少,人均耕地还不到世界人均耕地面积的一半,所以现代农业具有复种指数高、作物种类单一的特点。但是,随着种植年限的增加,出现了农业可持续发展中的一个亟待解决的瓶颈问题——连作障碍^[1-5]。深入研究连作障碍的原因和寻找有效的防治办法,对农业生产具有重要的理论和实践意义。刘增文等^[6-7]曾针对人工纯林导致的土壤退化问题提出了“土壤极化”的概念,即“在由同一树种形成的人工纯林内,由于树种生物生态学特性的单一性、对物质吸收利用的选择性和对环境效应的特殊性,土壤性质往往呈现偏离原平衡态,而朝某个方向非平衡或极端化发展的趋势”,并根据极化方向划分为正向(增益性)极化和负向(破坏性)极化。同理,在农田土壤中,于同一块土地上连续种植同种或同科作物时,也会引起农田土壤性质的极化,其中负向(破坏性)极化会使土壤质量不断下降,从而导致农田土壤的连作障碍。连作农田土壤极化是一种必然的自然现象,通过对农田土壤人工增施有机肥来解决土壤性质极化问题虽然简单易行,但由于成本较高,尚难以满足大面积农田管理的需要。为此,作者提出利用树木枯落叶防治农田土壤性质极化的设想,即在农田中栽植种间关系协调的树木形成林粮间作,或将森林四周富余的树木枯落叶和大量被视为垃圾而焚烧或掩埋的城市道路绿化树种枯落叶,粉碎后直接施入或与有机肥混合后施入农田中,这样既解决了农田土壤的极化问题,同时达到了变废为宝和循环利用的目的,是一项很有意义的生态环境工程^[8-9]。本研究通过分析连作麦田土壤的极化趋势,检验了不同树种枯落叶对农田土壤性质极化的防治效应,旨在为连作麦田土壤管理提供理论依据。

1 研究区概况

研究区选择了位于渭北黄土残塬沟壑区的陕西淳化县作为典型代表,这里属暖温带半湿润森林草

原生物气候带,年平均降雨量 600.6 mm,年平均气温 10.5℃,平均无霜期 190 d,海拔 1 025~1 823.5 m,伊万诺夫湿润度平均值为 0.7。当地农田主要作物有小麦、玉米、油菜,土壤类型为黄善土。当地常见的森林阔叶树种有刺槐(*Robinia pseudoacacia*, RP)、小叶杨(*Populus simonii*, PS)、辽东栎(*Quercus liaotungensis*, QL)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*, HR)和柠条(*Caragana microphylla*, CM)。常见的城市道路绿化阔叶树种有法国梧桐(*Platanus hispanica*, PH)、国槐(*Sophora japonica*, SJ)、银杏(*Ginkgo biloba*, GB)、垂柳(*Salix babylonica*, SB)、五角枫(*Acer mono maxim*, AM)、女贞(*Ligustrum lucidum*, LL)、紫叶李(*Prunus cerasifera*, PC)、栾树(*Koeleria interifolia*, KI)、广玉兰(*Magnolia grandiflora*, MG)、梧桐(*Firmiana simplex*, FS)、泡桐(*Paulownia fortunei*, PF)、杜仲(*Cortex Eucommiae*, CE)和七叶树(*Aesculus parviflora*, AP)等。

2 研究方法

2.1 农田土壤及树木枯落叶样品的采集

在位于淳化县方里黄土塬上的园林场附近选取具有代表性的梯田小麦地,均匀设置 5 个 1 m×1 m 的小样方,分别在每个样方收集耕作表层(0~10 cm)土壤,然后将 5 个样方的土壤充分混合后,取部分土壤装袋带回室内,除去作物残体、石块等杂物后,直接以鲜土过孔径 5 mm 的土壤筛备用。

收集土壤的同时,采集麦田收获后的留茬麦秸,并于秋末(10 月中旬)树叶凋落后采集当地不同森林和城市道路绿化树种的当年凋落叶。带回室内迅速漂洗干净并风干,用植物粉碎机磨碎过孔径 1 mm 筛,装入密封袋中备用。

2.2 室内混合培养

将准备好的土样(过孔径 5 mm 的土壤筛)分别与麦秸、树木枯落叶(过孔径 1 mm 筛)按照 100:2

的干质量比两两充分混合(鲜土以含水率折算成干土),然后分别取 2.5 kg 充分混合的样品装入不透水塑料培养钵(钵口直径 18 cm,钵高 16 cm)中。每个树种枯落叶、麦秸与原麦田土壤的混合样各为 1 个处理,同时将不与任何物质混合的等质量原麦田土壤单独作为 1 个处理直接培养,每处理设置 3 个重复。开始培养时,在每个培养钵中加一定量的蒸馏水,调节土壤湿度为田间持水量的 50%(预先测定土壤的田间持水量,通过计算确定应加水量),用塑料薄膜覆盖钵口(保湿),并在薄膜上留 4 个通气孔,然后将培养钵放在室温(20~25 ℃)下进行培养。在培养过程中,每隔 3 d 称量 1 次培养钵质量,根据失水情况,揭开钵口用喷水器均匀补充水分,始终调节土壤湿度不变(培养钵质量保持恒定)。连续培养 120 d,直到枯落叶彻底分解为止。

2.3 测定项目及方法

将培养好的每个土样充分混合后平摊到干净的瓷盘里,仔细拣出残留的枯落叶碎屑后,将部分鲜土留作微生物数量测定,其他土样风干粉碎过孔径 1 mm 土壤筛保存。测定项目及其分析方法如下。

化学性质中,pH 值采用 PHS-2 型酸度计测定(水土质量比为 2.5:1),有机 C 采用重铬酸钾容量法测定,腐殖质组成(胡敏酸、富啡酸和胡敏素)采用焦磷酸钠浸提-重铬酸钾氧化法测定,碱解 N 采用扩散法测定,速效 P 采用 NaHCO_3 浸提钼兰比色法测定,速效 K 采用醋酸铵浸提火焰光度法测定,阳离子交换量(CEC)采用乙酸钠-乙酸铵火焰光度法测定,微量元素有效态含量采用二乙三胺五乙酸(DTPA)浸提-原子吸收分光光度法(AAS 法)测定^[10]。

生物学性质中,微生物数量采用平板法检测,脲酶活性采用苯酚钠-次氯酸钠比色法测定,蔗糖酶活性采用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 滴定法测定,过氧化氢酶活性采用 KMnO_4 滴定法测定,过氧化物酶活性采用滴定法测定,脱氢酶采用三苯基四唑氯化物比色法测定,磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色法测定(用 pH10 硼酸缓冲液测定碱性磷酸酶),蛋白酶活性采用茚三酮比色法测定,多酚氧化酶活性采用碘量滴定法测定^[11-12]。

以上所有指标均取 3 次重复测定(误差不超过 5%)的平均值。

2.4 数据分析

首先,应用 Excel 2003 软件进行试验数据处理,采用 LSD 多重检验法检验原连作麦田土壤、与

麦秸混合培养后土壤(对照,CK)及与不同树种枯落叶混合培养后土壤性质的差异。然后,比较与麦秸混合培养后土壤(CK)和原麦田土壤性质的变化,据此分析连作麦田土壤的极化趋势;计算与不同阔叶树种枯落叶混合后土壤性质较对照的提高率,据此可以分析将不同树种枯落叶施入麦田后对土壤极化的防治效应。

由于施入不同树种枯落叶后对林地土壤不同性质的改变方向和程度差异很大,对各项指标进行孤立分析难以说明不同树种枯落叶分解对土壤影响的综合效应,所以应采用主成分综合模型,计算各树种枯落叶分解培养后土壤性质较对照提高率的综合主成分值,以此来评价不同树种枯落叶对连作麦田土壤极化防治的综合效应。在所有土壤性质指标中,由于目前无法判断 pH 的提高或降低对土壤是有益还是有害,故在此评价时将不考虑 pH 的影响。对土壤微量元素指标的选取,根据土壤微量元素有效态含量等级划分标准,原土的有效 Zn(0.384 mg/kg)、有效 Fe(4.006 mg/kg)、有效 Mn 含量(3.806 mg/kg)均属较低水平,所以,混合树木枯落叶培养后,土壤中这 3 种微量元素含量的提高幅度越大,说明对土壤的改善效果越好,故有效 Zn、有效 Fe、有效 Mn 均可选取做主成分综合分析。但对土壤有效 Cu 而言,原麦田土壤本身有效 Cu 含量(0.850 mg/kg)属中等偏高水平,所以在评价时不考虑土壤有效 Cu 的影响。因此,本研究最终选取了除 pH、有效 Cu 含量之外的其他 20 个指标,利用 SPSS 软件包进行主成分分析,提取特征值大于 1 的主成分分别记为 F_i ,同时得到主成分载荷矩阵,每一个载荷量表示主成分与对应变量的相关系数。用主成分载荷矩阵中的数据除以主成分相对应的特征值,然后再开平方根便可得到主成分表达式中每个指标所对应的系数,即每个特征值所对应的特征向量 $A=(a_{ij})$ 。将特征向量与标准化后的初始数据相乘,就可以得到主成分表达式 $F=AX$ 。然后以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分总特征值之和的比例作为权重,计算主成分综合模型,根据主成分综合模型即可计算出各树种枯落叶分解对土壤影响的综合主成分值^[13]。

3 结果与分析

3.1 连作麦田土壤性质的极化趋势分析

小麦连作过程中,除了作物的选择性吸收外,小麦作物残体(麦秸)在土壤中的分解是引起土壤极化

的主要原因。表 1 结果显示,在麦田土壤中加入麦秸(CK)进行混合培养后,与原麦田土壤性质相比,土壤微生物(细菌、真菌和放线菌)数量明显增加(213.14%),并明显提高了蔗糖酶(46.32%)、脱氢酶(293.8%)、磷酸酶(322.2%)、蛋白酶(19.76%)、多酚氧化酶(55.88%)的活性和有机 C(106%)、胡敏酸(200%)、富啡酸(100%)、胡敏素(43.64%)、有效 Zn(28.65%)等的含量,但却降低了脲酶(−27.19%)活性和碱解 N(−36.16%)、速效 P

(−20.46%)、速效 K(−4.39%)、有效 Cu(−15.76%)、有效 Fe(−43.66%)等的含量和 CEC(−11.13%)。这一结果表明,小麦连作会引起土壤有效 Zn 和有机质含量的持续增加及土壤微生物数量、多种酶活性不断提高的正向极化,但也同时引起了土壤向贫养化(养分贫瘠)发展、土壤有效 Fe 和 Cu 含量降低、CEC 减少、土壤脲酶活性降低的负向极化趋势。

表 1 与麦秸、不同森林树种枯落叶混合培养后连作麦田土壤性质的变化

Table 1 Change of soil properties after mixing with wheat straw and leaf litters

指标 Index	原麦田土壤 Primary soil	与麦秸混合 培养土壤(CK) Soil mixed with wheat straw	与不同树种枯落叶混合培养土壤较 CK 的提高率/% Increment ratio after mixed with different leaf litters				
			刺槐 RP	小叶杨 PS	辽东栎 QL	沙棘 HR	柠条 CM
微生物/(10 ³ ·g ^{−1})Microbes	1.941 a	6.078 b	−30.22	2.37	−3.31	59.58	67.65
酶活性 Activity of enzyme							
脲酶/(mg·kg ^{−1})Urease	25.67 a	18.69 b	65.12	41.84	33.87	23.92	16.37
蔗糖酶/(mL·g ^{−1})Sucrase	2.012 a	2.944 b	25.44	7.47	−3.30	40.15	36.35
过氧化氢酶/(mL·g ^{−1})Catalase	2.316 a	2.367 a	0	0	−1.77	0	0
过氧化物酶/(mL·kg ^{−1}) Peroxidase	8.483 a	8.251 a	−6.05	3.73	−1.03	18.57	14.90
脱氢酶/(mg·g ^{−1})Dehydrogenase	0.081 a	0.319 b	−21.32	4.39	8.78	−1.88	0
磷酸酶/(mg·kg ^{−1})Phosphatase	0.009 a	0.038 b	10.53	−5.26	34.21	−7.90	28.95
蛋白酶/(mg·kg ^{−1})Protease	8.567 a	10.26 b	−8.59	3.41	3.31	−6.41	−8.84
多酚氧化酶/(mL·g ^{−1}) Polyphenoloxidase	0.034 a	0.053 b	−37.74	−43.40	−32.08	−15.09	−45.28
化学性质 Chemical properties							
pH	7.720 a	7.700 a	0.78	0	1.95	−2.99	−1.30
有机 C/(g·kg ^{−1})Org-C	10.18 a	20.97 b	13.26	32.38	−14.69	64.71	−5.87
胡敏酸/(g·kg ^{−1})Humic acid	1.950 a	5.860 b	31.91	16.72	−50.00	48.46	48.46
富啡酸/(g·kg ^{−1})Fulvic acid	5.860 a	11.72 b	−25.77	8.36	−8.36	−1.02	−46.42
胡敏素/(g·kg ^{−1})Humin	2.360 a	3.390 b	115.93	142.48	24.19	320.06	40.41
碱解 N/(mg·kg ^{−1})Alkaline N	332.1 a	212.0 b	43.63	−11.70	−15.33	80.33	120.66
速效 P/(mg·kg ^{−1})Available P	10.46 a	8.320 b	−2.88	−46.36	4.40	23.52	42.37
速效 K/(mg·kg ^{−1})Available K	118.5 a	113.3 b	−4.50	−4.50	−4.50	−4.50	13.68
CEC/(cmol·kg ^{−1})	19.67 a	17.48 b	20.02	4.46	4.41	10.13	7.95
微量元素 Microelements							
有效 Cu/(mg·kg ^{−1})Available Cu	0.850 a	0.716 b	3.21	45.11	25.98	27.51	4.33
有效 Zn/(mg·kg ^{−1})Available Zn	0.384 a	0.494 a	88.46	98.79	30.97	29.15	4.86
有效 Fe/(mg·kg ^{−1})Available Fe	4.006 a	2.257 b	56.31	86.49	66.15	126.76	65.35
有效 Mn/(mg·kg ^{−1})Available Mn	3.806 a	3.864 a	2.43	90.27	11.72	127.48	−5.90

注:同行数据后标不同字母者表示差异显著(P<0.05)。

Note: Different letters noted after data in a line indicate significant difference(P<0.05).

3.2 利用森林树种枯落叶防治连作麦田土壤极化的效应分析

由表 1 可见,向麦田土壤中施入刺槐枯落叶后,可以明显改善土壤脲酶、蔗糖酶、磷酸酶活性,提高土壤有机 C、碱解 N、有效 Zn、有效 Fe 含量和 CEC,

防止土壤脲酶、CEC、碱解 N、有效 Fe 的负向极化,但同时也会减少微生物数量,恶化土壤过氧化物酶、脱氢酶、蛋白酶和多酚氧化酶活性,加剧土壤速效 K 和过氧化物酶的负向极化。
施入小叶杨枯落叶可以明显改善土壤脲酶、蔗

糖酶活性,提高土壤有机 C 和有效 Cu、Zn、Fe、Mn 的含量,防止土壤脲酶、有效 Cu、有效 Fe 的负向极化,但同时也会恶化土壤磷酸酶、多酚氧化酶活性,降低碱解 N、速效 P 含量,加剧土壤碱解 N、速效 P、速效 K 的负向极化。

施入辽东栎枯落叶可以明显改善土壤脲酶、脱氢酶、磷酸酶活性,提高土壤有效 Cu、Zn、Fe、Mn 的含量,防止土壤脲酶、有效 Cu、有效 Fe 的负向极化,但同时也会恶化土壤多酚氧化酶活性,降低有机 C、碱解 N 含量,加剧土壤碱解 N、速效 K 的负向极化。

施入沙棘枯落叶可以明显增加微生物数量,改善土壤脲酶、蔗糖酶、过氧化物酶活性,提高土壤有机 C、碱解 N、速效 P 和有效 Cu、Zn、Fe、Mn 的含量和 CEC,防止土壤脲酶、过氧化物酶、碱解 N、速效 P、CEC、有效 Cu、有效 Fe 的负向极化,但同时也会恶化磷酸酶、蛋白酶和多酚氧化酶活性,加剧土壤速效 K 的负向极化。

施入柠条枯落叶可以明显增加微生物数量,改善土壤脲酶、蔗糖酶、过氧化物酶、磷酸酶活性,提高土壤碱解 N、速效 P、速效 K、有效 Fe 含量和 CEC,防止土壤脲酶、过氧化物酶活性和碱解 N、速效 P、速效 K、有效 Cu、有效 Fe 含量和 CEC 的负向极化。

麦田土壤与不同森林树种枯落叶混合培养后,对土壤性质较对照(CK)的提高率(%)进行主成分分析,得到的主成分综合模型为:

$$F=0.359F_1+0.339F_2+0.218F_3+0.083F_4。(1)$$

由此计算出各树种枯落叶防治连作麦田土壤极化效应的综合主成分值分别为: $F_{刺槐}=0.267$, $F_{小叶杨}=0.863$, $F_{辽东栎}=-1.344$, $F_{沙棘}=1.761$, $F_{柠条}=-1.549$ 。可见,从枯落叶对麦田土壤的影响角度考虑,枯落叶最适合施入土壤的森林树种是沙棘、小叶杨,其次是刺槐,较不适宜的树种是柠条、辽东栎。

3.3 利用城市道路绿化树种枯落叶防治连作麦田土壤极化的效应分析

对麦田土壤与不同城市道路树种枯落叶混合培养后土壤性质较对照(CK)的提高率(%) (表 2) 进行主成分分析,得到的主成分综合模型为:

$$F=0.257F_1+0.220F_2+0.167F_3+0.126F_4+0.089F_5+0.083F_6+0.059F_7。(2)$$

由此可计算出施入各城市道路树种枯落叶防治连作麦田土壤极化效应的综合主成分值分别为: $F_{法国梧桐}=-0.993$, $F_{国槐}=0.722$, $F_{银杏}=-0.959$, $F_{垂柳}=0.271$, $F_{五角枫}=-0.151$, $F_{女贞}=-0.994$, $F_{紫叶李}=0.901$, $F_{栾树}=0.863$, $F_{玉兰}=-0.185$, $F_{梧桐}=-0.792$, $F_{泡桐}=0.058$, $F_{杜仲}=1.515$, $F_{七叶树}=-0.257$ 。可见,从枯落叶对麦田土壤的影响角度考虑,枯落叶最适合施入连作麦田土壤中的城市道路绿化树种是杜仲、紫叶李,其次是栾树、国槐、垂柳、泡桐,枯落叶最不宜施入土壤的树种是女贞、法国梧桐、银杏、梧桐,较不宜的是七叶树、玉兰、五角枫。

由表 2 可知,在枯落叶最适合施入连作麦田土壤的树种中,杜仲枯落叶可以明显增加微生物数量,改善土壤脲酶、蔗糖酶、脱氢酶、蛋白酶和多酚氧化酶活性,提高土壤有机 C、碱解 N、速效 P、速效 K、有效 Cu、有效 Zn、有效 Mn 含量,有效防止土壤脲酶活性及碱解 N、速效 P、速效 K 和有效 Cu 含量的负向极化。

紫叶李枯落叶可以明显改善土壤过氧化物酶活性,提高土壤有机 C、碱解 N、有效 Cu、有效 Zn、有效 Fe、有效 Mn 含量和 CEC,有效防止土壤过氧化物酶活性及碱解 N、有效 Cu、有效 Fe 含量和 CEC 的负向极化。

栾树枯落叶可以明显改善土壤脲酶、蔗糖酶、过氧化物酶、脱氢酶活性,提高土壤有机 C、碱解 N、速效 P、有效 Cu、有效 Zn、有效 Fe、有效 Mn 含量和 CEC,有效防止土壤脲酶、过氧化物酶活性及碱解 N、有效 Cu、有效 Fe 含量和 CEC 的负向极化。

国槐枯落叶可以明显改善土壤脲酶、蔗糖酶、磷酸酶活性,提高土壤有机 C、碱解 N、速效 P、速效 K、有效 Zn、有效 Fe、有效 Mn 含量和 CEC,有效防止土壤脲酶活性及碱解 N、速效 P、速效 K、有效 Fe 含量和 CEC 的负向极化。

垂柳枯落叶可以明显改善土壤脲酶、过氧化物酶、脱氢酶活性,提高土壤碱解 N、速效 P、速效 K、有效 Zn、有效 Fe、有效 Mn 含量,有效防止土壤脲酶、过氧化物酶活性及碱解 N、速效 P、速效 K 和有效 Fe 含量的负向极化。

泡桐枯落叶可以明显改善土壤脱氢酶、磷酸酶活性,提高土壤有机 C、碱解 N、有效 Cu、有效 Zn、有效 Fe、有效 Mn 含量,有效防止土壤碱解 N、有效 Cu、有效 Fe 含量的负向极化。

表 2 与城市道路绿化树种枯落叶混合后连作麦田土壤性质较对照(CK)的提髙率

Table 2 Soil properties increment ratios of wheat land after mixed with leaf litters of urban road trees

%

土壤性质 Character of soil	法国梧桐 PH	国槐 SJ	银杏 GB	垂柳 SB	五角枫 AM	女贞 LL	紫叶李 PC	栎树 KI	玉兰 MG	梧桐 FS	泡桐 PF	杜仲 CE	七叶树 AP
微生物/ (10 ³ ·g ⁻¹) Microbes	-26.29	-45.23	-16.35	-28.83	-35.08	-78.02	-21.09	-11.35	-3.14	-37.04	-35.27	81.80	-38.04
酶活性 Activity of enzyme													
脲酶/(mg·kg ⁻¹) Urease	18.78	43.02	50.13	17.55	-26.91	98.88	-6.370	6.850	53.67	35.26	-4.010	23.92	29.21
蔗糖酶/(mL·g ⁻¹) Sucrase	-4.280	40.63	8.560	0	6.080	-14.40	5.061	23.03	20.92	3.635	-3.499	15.01	-6.692
过氧化氢酶/ (mL·g ⁻¹) Catalase	-1.943	0	0	-0.929	-0.845	-4.436	0	-3.253	0	-1.605	0	-1.901	0
过氧化物酶/ (mL·kg ⁻¹) Peroxidate	4.169	-20.01	12.08	48.71	9.272	7.478	11.56	9.769	7.393	0.957	-7.454	4.654	-5.139
脱氢酶/(mg·g ⁻¹) Dehydrogenase	-1.567	-2.194	-50.78	24.45	19.12	-33.23	-8.464	55.49	9.091	-4.702	39.50	16.93	-2.821
磷酸酶/(mg·kg ⁻¹) Phosphatase	13.16	7.895	-26.32	-28.95	-2.632	-47.37	-28.95	-39.47	-21.05	-7.895	55.26	-21.05	-23.68
蛋白酶/(mg·kg ⁻¹) Protease	1.365	0	-13.33	4.191	0	-11.00	-7.690	1.170	9.649	-7.953	5.945	6.238	3.606
多酚氧化酶/ (mL·g ⁻¹) Polyphenoloxidase	-39.62	-56.60	-54.72	-30.12	-47.17	-7.547	-43.40	-7.547	-7.547	-20.76	-54.72	35.85	-15.09
化学性质 Chemical properties													
pH	-1.558	0	1.558	0	0.779	0	1.039	0	0	-1.948	0	-1.039	0.909
有机 C/(g·kg ⁻¹) Org-C	25.04	42.68	-17.64	-10.30	-11.78	-13.21	76.49	38.25	23.56	-10.30	40.44	58.85	22.08
胡敏酸/(g·kg ⁻¹) Humic acid	-50.00	16.72	0	-16.72	-16.72	-16.72	147.4	97.95	0	-50.00	33.28	65.02	15.53
富啡酸/(g·kg ⁻¹) Fulvic acid	12.69	42.95	-5.679	-22.01	-9.051	-9.051	20.05	-27.06	-5.679	-0.355	77.64	2.928	-18.55
胡敏素/(g·kg ⁻¹) Humin	212.4	105.6	-75.22	51.62	0	-9.735	164.9	170.8	179.6	37.17	-52.21	255.2	184.7
碱解 N/(mg·kg ⁻¹) Alkaline N	7.642	91.65	33.30	67.64	51.32	-8.349	53.96	49.67	5.330	-10.33	76.65	33.96	4.670
速效 P/(mg·kg ⁻¹) Available P	-23.63	50.26	-12.23	15.10	21.46	-4.681	-11.40	5.209	23.62	-5.221	0.960	6.313	-36.55
速效 K/(mg·kg ⁻¹) Available K	9.091	9.091	0	22.77	-4.501	4.590	-4.501	0	9.091	9.091	4.590	13.68	4.590
CEC/(cmol·kg ⁻¹)	2.174	11.50	5.606	5.549	8.982	22.88	23.97	16.99	5.549	5.492	0	4.462	11.44
微量元素 Microelements													
有效 Cu/(mg·kg ⁻¹) Available Cu	-3.911	1.536	8.659	5.447	11.59	12.15	16.06	15.36	4.469	20.25	14.80	53.49	10.20
有效 Zn/(mg·kg ⁻¹) Available Zn	0	82.79	29.15	118.8	48.18	21.05	74.50	73.89	11.54	27.53	14.17	104.9	71.05
有效 Fe/(mg·kg ⁻¹) Available Fe	50.91	68.85	74.79	111.1	83.39	134.8	50.47	69.65	-17.19	78.25	53.26	0	29.91
有效 Mn/(mg·kg ⁻¹) Available Mn	34.81	30.80	20.68	102.6	41.18	145.7	15.30	24.15	22.28	81.94	15.68	172.8	28.96

4 讨 论

从本研究结果可以看出,不同树种枯落叶对连作麦田土壤性质的影响差异很大。虽然根据综合主成分分析可以得出适宜施入连作麦田土壤的树种枯落叶优先顺序,但是这只是一个综合的和相对的结果,即不可能找到某一个单独树种的枯落叶可以彻底解决连作麦田的所有土壤极化问题。所以,可行的办法应该是多个树种枯落叶混合施入。这就需要

在本研究所取得结果的基础上,继续研究不同树种枯落叶混合施入对连作麦田土壤性质的影响。而且由于不同树种枯落叶之间可能还会存在相互促进或抑制的作用,使得这一问题更加复杂化,但同时也更具有挑战性。

营建林粮间作的农林复合系统,利用树木与作物之间的种间关系,可以在一定程度上解决连作农田土壤的极化问题^[14],但是林粮间作会不利于农业生产的机械化作业,而且也不宜于在农耕地短缺的

地方进行大面积推广。所以,收集富裕或废弃的树木枯落叶施入农田土壤将是一种有效的方法,且具有可操作性。但是应注意,收集树木枯落叶时一定不能对原有林地造成破坏,如尽量收集林地空隙以及林地周边富余的枯落叶(考察发现,在一些林地周边存有大量被风吹而聚集的枯落叶)和城市道路绿化树种的枯落叶(目前这些枯落叶大多作为垃圾被清除)。同理,在枯落叶来源有限而荒草地面积较大或杂草来源充分的地区,不妨利用粉碎后的干草进行施肥,当然这需要开展一些类似的试验来确定干草的种类。

[参考文献]

[1] 张晓玲,潘振刚,周晓锋,等. 自毒作用与连作障碍 [J]. 土壤通报,2007,38(4):781-784.
Zhang X L, Pan Z G, Zhou X F, et al. Autotoxicity and Continuous cropping obstacles [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2007, 38(4): 781-784. (in Chinese)

[2] 吴凤芝,赵风艳. 根系分泌物与连作障碍 [J]. 东北农业大学学报,2003,34(1):114-118.
Wu F Z, Zhao F Y. Study on root exudates and continues cropping obstacle [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2003, 34(1): 114-118. (in Chinese)

[3] Wu H W, Haig T, Pratley J, et al. Allelochemicals in wheat: variation of phenolic acids in shoot tissues [J]. Chemical Ecology, 2001, 21(7): 125-135.

[4] Einhellig F A. Mechanism of action of allelochemical in allelopathy [J]. Allelophy, 1995(1): 97-115.

[5] Chon S U, Jang H G, Kim Y M, et al. Allelopathic potential in lettuce (*Lactuca sativa* L) plants [J]. Scientia Horticulture, 2005, 106(3): 309-317.

[6] 刘增文,段而军,付刚,等. 一个新概念:人工纯林土壤性质的极化 [J]. 土壤学报,2007,44(6):1119-1126.
Liu Z W, Duan E J, Fu G, et al. A new concept: soil polarization in artificial pure forest [J]. Acta Pedologica Sinica, 2007, 44(6): 1119-1126. (in Chinese)

[7] 刘增文,段而军,刘卓玛姐,等. 黄土高原半干旱丘陵区不同树种纯林土壤性质极化研究 [J]. 土壤学报,2009,46(6):1110-1120.

Liu Z W, Duan E J, Liu Z M J, et al. Soil polarization of pure forests in the semi-humid loess hilly area of North Shaanxi [J]. Acta Pedologica Sinica, 2009, 46(6): 1110-1120. (in Chinese)

[8] 刘增文,段而军,高文俊,等. 秦岭山区主要树种人工林地枯落叶客置对土壤生物化学性质的影响 [J]. 应用生态学报,2008,19(4):704-710.
Liu Z W, Duan E J, Gao W J, et al. Effects of leaf litter replacement on soil biological and chemical characteristics in main artificial forests in Qinling Mountains [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(4): 704-710. (in Chinese)

[9] 刘建国,卞新民,李彦斌,等. 长期连作和秸秆还田对棉田土壤生物活性的影响 [J]. 应用生态学报,2008,19(5):1027-1032.
Liu J G, Bian X M, Li Y B, et al. Effects of long-term continuous cropping of cotton and returning cotton stalk into field on soil biological activities [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(5): 1027-1032. (in Chinese)

[10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京:中国农业科技出版社,1999.
Lu R K. Agro-chemical analysis methods of soil [M]. Beijing: Chinese Agriculture Scientific Press, 1999. (in Chinese)

[11] 关松荫. 土壤酶及其研究法 [M]. 北京:农业出版社,1986: 267-284.
Guan S Y. Soil enzymes and its study methods [M]. Beijing: Agriculture Press, 1986: 267-284. (in Chinese)

[12] 周礼恺. 土壤酶学 [M]. 北京:科学技术出版社,1980.
Zhou L K. Science of soil enzyme [M]. Beijing: Science and Technology Press, 1980. (in Chinese)

[13] 林海明,张文霖. 主成分分析与因子分析详细的异同和 SPSS 软件 [J]. 统计研究,2005(3):65-68.
Lin H M, Zhang W L. The relationship between principal component analysis and factor analysis and SPSS software [J]. Statistical Research, 2005(3): 65-68. (in Chinese)

[14] 周丽萍,刘增文,郭冠春,等. 黄土残源沟壑区林粮间作树种枯落叶对连作麦田土壤极化的防治效应 [J]. 西北农业学报,2010,19(2):111-117.
Zhou L P, Liu Z W, Guo G C, et al. The prevention effect of leaf litters of the tree-crop intercropping trees on the polarization of continuous wheat field soils in the gullied region of the Loess Plateau [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2010, 19(2): 111-117. (in Chinese)