地膜覆盖对杨树林下土壤生物学特征的影响

井大炜[1,2]

(1. 德州学院，山东 德州 253023；2. 山东省林业科学研究院，山东 济南 250014)

摘　要：在大田条件下，研究了地膜覆盖对杨树林下 0—20 cm 和 20—40 cm 土层的土壤理化性质、土壤微生物数量、酶活性、微生物量碳及活跃微生物量的影响。结果表明，在 0—20 cm 土层，覆膜处理可显著增加土壤含水量和碱解氮含量，而有机质、全氮、速效磷和 pH 值却明显降低；土壤细菌数和真菌数分别增加了 44.89%和 42.58%，放线菌数变化不明显；土壤过氧化氢酶、蔗糖酶和多酚氧化酶活性分别提高了 29.25%，83.66%和 28.95%，而脲酶活性却降低了 13.02%；土壤微生物量碳和活跃微生物量分别增加了 27.44%和 31.87%，有利于土壤养分的分解和有效化。20—40 cm 土层与 0—20 cm 土层土壤表现出基本一致的变化规律，但覆膜与对照之间的差异变小，表明随着土层深度的增加，覆膜的影响作用减小。综合分析认为，地膜覆盖对杨树林下土壤，尤其是表层土壤的生态环境具有明显的改善作用。

关键词：杨树；地膜覆盖；土壤微生物；土壤酶活性；微生物量碳；活跃微生物量

文献标识码：A　　**文章编号**：1000-288X(2013)06-0269-05　　**中图分类号**：S154，S158.3

Effects of Plastic Film Mulching on Soil Biological Characters in Poplar Field

JING Da-wei[1,2]

(1. *Dezhou University*, *Dezhou*, *Shandong* 253023, *China*; 2. *Shandong Forestry Academy*, *Jinan*, *Shandong* 250014, *China*)

Abstract: The study was conducted to determine the plastic film mulching on the soil physical, chemical and biological properties such as soil microbial population, enzymatic activity, microbial biomass carbon and active microbial biomass at the 0—20 cm and 20—40 cm soil layers under the poplar field conditions. The results showed that the soil water and alkaline hydrolysis N contents within the depth of 20 cm increased obviously with the plastic film mulching compared with the traditional treatment while the pH value and the contents of organic matter, total nitrogen and available P decreased; the numbers of bacteria and fungi increased by 44.89% and 42.58%, respectively; the number of actinomyces had no significant changes; the activity of urease enzyme deceased by 13.02%; the activity of catalase enzyme, invertase enzyme and polyphonic oxidase enzyme improved by 29.25%, 83.66% and 28.95%, respectively, which was in favour of decomposition and utilization of the soil nutrients. The changes between that in the 0—20 cm and 20—40 cm soil layers were similar while the variations between the traditional treatment and plastic film mulching were less in the 20—40 cm soil layer, which indicated that the effects of plastic film mulching on poplar field weakened with the increase of soil depth. It is concluded that plastic film mulching obviously ameliorated the ecological environment of the soil in the poplar field, especially in the topsoil.

Keywords: poplar; plastic film mulching; soil microbe; soil enzyme activity; microbial biomass carbon; active microbial biomass

覆膜栽培技术在我国已有 30 多年历史，自 1978 年从国外引进地膜覆盖栽培技术以来，根据因地制宜的原则进行试验和消化吸收，逐步形成了具有中国特色的地膜覆盖栽培体系[1]。目前，我国的地膜覆盖种植面积已超过 3.00×10^6 hm^2。覆膜可促使土壤理化性质和生物学性状发生一定的变化，如提高土壤温度、保墒节水、稳定土壤环境等，可以在覆膜小区域内形成一种温室效应，从而改善土壤生态环境[1-2]，促进作物早熟和提高作物产量[3]。

地膜覆盖在农业生产中已经得到了广泛的使用。许多学者对覆膜处理下土壤的物理性状[4]、微生物数量[5]、有机碳库[6]以及作物的光合特性[7]和养分吸

收稿日期：2013-01-31　　修回日期：2013-03-17
资助项目：山东省农业重大应用技术创新项目“杨树超高产栽培关键技术研究”
作者简介：井大炜(1982—)，男(汉族)，陕西省绥德县人，博士，主要从事植物营养机理研究。E-mail：jingdawei009@163.com。

收[8]等方面进行了深入的研究，而且主要集中在花生、小麦、玉米、水稻和莴苣等农作物上，而对大田林木覆膜方面的研究报道较少。杨树是我国速生产林主栽树种，具有生长快、成林早、产量高和易于更新的特点。我国杨树人工林面积约 6.67×10^6 hm^2，占全国人工林面积的 20%[9]。但目前杨树营造和经营中由于管理措施不当，一定程度上造成了林地土壤生态环境退化、林地生产力下降的现象，所以急需科学有效的管理措施来改善林地生产力。关于覆膜对杨树林下土壤理化性状及微生物特性方面的研究尚未见报道。为此，本试验对地膜覆盖对杨树林下土壤理化性质、微生物数量、微生物量碳及活跃微生物量的影响进行研究，探讨不同处理方式对土壤生态环境的影响，以期为杨树高产和高效栽培提供理论依据和技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验地点与供试材料

试验地点设在山东省济南市北郊林场，地处北纬 36°40′，东经 117°00′，属暖温带大陆性季风气候区，四季分明，日照充分，年平均气温 14 ℃，年平均降雨量 650～700 mm。供试土壤为潮土，土壤速效氮 19.65 mg/kg，速效 P 14.32 mg/kg，速效 K 45.79 mg/kg，有机质含量为 7.83 g/kg。所用化肥为尿素、过磷酸钙、氯化钾。地膜系聚乙烯薄膜，厚度 0.014 mm，宽度 1.2 m，覆盖面积达 100 m^2/kg。杨树为 4 年生I-107欧美杨(*Populus euramericana*)人工林，株行距 2.5 m×5 m，南北行向，林木生长均匀，平均树高10.58 m，平均胸径 9.26 cm。

1.2 试验设计

试验共设 2 个处理：不覆膜(对照)和覆膜，采用随机区组设计，重复 3 次，每个小区 30 株树。化肥施用量相等，均为常规用量，相当于 N 205.28 kg/hm^2，P_2O_5 70.38 kg/hm^2 和 K_2O 58.65 kg/hm^2 的施肥水平。施肥后对每个小区进行充分灌溉，然后覆膜。覆膜的时间共分为 4 次，均在同一小区进行，第 1 次覆盖在 2011 年 3 月 20 日，第 2 次覆盖在 2011 年 9 月 8 日，第 3 次覆盖在 2012 年 3 月 26 日，第 4 次覆盖在 2012 年 9 月 5 日。

1.3 样品采集

土壤样品于 2012 年 11 月 8 日采集。采样时，每个处理按 S 形布设 5 个采样点，每个样点分布用土钻采取 0—20 cm 和 20—40 cm 两个深度层次样品，然后将 5 个采样点的同一层次土样混合，得到不同土层混合土壤样品。土样除去动植物残体和石砾等，一部分新鲜土样研磨过 1 mm 筛，混匀后迅速装入无菌塑料袋中带回实验室，置于 4 ℃冰箱保存，用于土壤含水量、微生物数量、微生物量碳和活跃微生物量的测定，其余土样风干后过 2 mm 筛，用于土壤养分及酶活性的测定。

1.4 分析测定项目与方法

土壤含水量、有机质、全氮、碱解氮、速效磷、pH 值等项目的测试方法详见参考文献[10]；土壤微生物数量采用稀释平板计数法，细菌采用牛肉蛋白胨琼脂培养基，放线菌采用改良高氏 1 号培养基，真菌采用马丁—孟加拉红培养基[11]；土壤脲酶的测定采用苯酚钠—次氯酸钠比色法，过氧化氢酶测定采用高锰酸钾滴定法，多酚氧化酶的测定采用邻苯三酚比色法，蔗糖酶的测定采用 $Na_2S_2O_3$ 滴定法[12]；土壤微生物量碳的测定采用氯仿熏蒸法[13]；土壤活跃微生物量的测定采用呼吸曲线数学分析法[14]。

1.5 数据处理

采用 SPSS 17.0 统计软件进行数据统计，用单因素方差分析(one-way ANOVA)和最小显著差异法(LSD)比较不同处理组数据的差异，显著性水平设定为 $\alpha=0.05$。

2 结果与分析

2.1 覆膜对土壤理化性质的影响

地膜覆盖对土壤的理化性质影响显著(表 1)。由表 1 可以看出，0—20 cm 土层与对照相比，覆膜土壤的含水量和碱解氮显著增加，分别增加了 12.79% 和 17.92%；而有机质、全氮、速效磷和 pH 值却显著降低，分别降低了 14.42%，17.96%，12.75% 和 4.09%。20—40 cm 土层覆膜土壤的含水量、有机质、碱解氮和速效磷与对照之间差异均达显著水平，这与 0—20 cm 土层的变化规律一致；而全氮、pH 值与对照差异不显著。同 0—20 cm 土层相比，20—40 cm 土层的各指标数值减小，并且覆膜和对照之间各理化性状的差异也变小。表明随着土层深度的增加，覆膜对土壤理化性状的影响作用表现为减弱。

2.2 覆膜对土壤微生物数量的影响

细菌、真菌和放线菌是土壤中的三大类微生物，它们对土壤中有机物的分解，氮、磷等营养元素及其化合物的转化具有重要作用。覆膜处理对土壤细菌、真菌和放线菌的数量均有显著的影响作用(表 2)。由表 2 可以看出，0—20 cm 土层覆膜显著增加了细菌数和真菌数，分别比对照增加了 44.89% 和 42.58%；而放线菌数与对照差异不显著；微生物总量的变化规律与细菌数一致。20—40 cm 土层覆膜与对照之间的微生物数量差异与 0—20 cm 土层变化一

致。这表明覆膜改善了 0—40 cm 土层的土壤微生物区系,有利于土壤养分的有效化和杨树对矿质元素的吸收。与 0—20 cm 土层相比,20—40 cm 土层在覆膜和对照处理下的细菌数、真菌数和放线菌数均明显降低,并且差异变小。表明随着土层的增加,土壤细菌、真菌和放线菌的数量减少,并且覆膜的影响作用也变小。另外,在 0－20 cm 和 20－40 cm 两个土层中,杨树林下土壤中细菌、真菌和放线菌的数量占微生物总量的比例范围分别为 86.97%～91.01%,0.28%～0.32%和 8.67%～12.74%。覆膜与对照相比,细菌所占总量的比例有上升的趋势,真菌变化不明显,而放线菌却有下降的趋势。

表 1　覆膜对杨树林下土壤理化性质的影响

土层/cm	处理	含水量/%	有机质/(g·kg^{-1})	全氮/(g·kg^{-1})	碱解氮/(mg·kg^{-1})	速效磷/(mg·kg^{-1})	pH 值
0—20	对照	19.93±0.54b	10.26±0.35a	0.65±0.02a	24.01±0.49b	18.53±0.22a	8.32±0.06a
	覆膜	22.48±0.61a	8.78±0.44b	0.53±0.04b	28.32±0.28a	16.17±0.41b	7.98±0.08b
20—40	对照	19.09±0.68b	9.55±0.29a	0.28±0.05a	20.47±0.37b	15.09±0.25a	8.26±0.05a
	覆膜	21.65±0.47a	8.71±0.32b	0.26±0.02a	22.65±0.56a	13.78±0.48b	8.14±0.08a

注:数据为平均值±标准差,同一土层两个处理中不同小写字母表示数据差异显著($p<0.05$)。下同。

表 2　覆膜对杨树林下土壤微生物数量的影响　　10^4个/g(干土)

土层/cm	处理	细菌	真菌	放线菌	微生物总量
0—20	对照	1 012.91±25.68b	3.57±0.23b	134.55±13.61a	1 151.03±9.86b
	覆膜	1 467.63±32.94a	5.09±0.18a	139.84±11.45a	1 612.56±7.32a
20—40	对照	725.85±36.27b	2.36±0.29b	106.36±12.09a	834.57±8.59b
	覆膜	946.72±18.85a	3.42±0.15a	112.49±10.58a	1 062.63±7.25a

2.3　覆膜对土壤酶活性的影响

土壤酶来自土壤微生物、植物和动物活体或残体,是土壤生化过程的产物。土壤酶活性是土壤中生物学活性的总体现,它表征了土壤的综合肥力特征及土壤养分转化过程,所以土壤酶活性可以作为衡量土壤肥力水平高低的较好指标。通常可用脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶和多酚氧化酶等来评价土壤肥力[15]。覆膜对杨树土壤酶活性的影响如表 3 所示。可以看出,0—20 cm 土层,同对照相比,覆膜处理的脲酶活性降低了 13.02%,差异达显著水平;而过氧化氢酶、蔗糖酶和多酚氧化酶的活性却呈相反的变化趋势,相比对照分别提高了 29.25%,83.66%和 28.95%,以蔗糖酶的变化幅度最大。

在 20—40 cm 土层,覆膜处理的脲酶活性比对照降低了 8.96%,而过氧化氢酶、蔗糖酶和多酚氧化酶的活性却比对照增加了 21.59%,77.94%和 23.08%。

可见,20—40 cm 土层的酶活性相比 0—20 cm 土层均有明显的降低,并且覆膜与对照之间的差异也变小。表明随着土层的加深,土壤的脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶和多酚氧化酶活性均降低,且地膜覆盖对土壤酶活性的影响亦有所下降。

表 3　覆膜对杨树林下土壤酶活性的影响

土层/cm	处理	脲酶/(mg·g^{-1}·h^{-1})	过氧化氢酶/(ml·g^{-1}·h^{-1})	蔗糖酶/(ml·g^{-1}·h^{-1})	多酚氧化酶/(mg·g^{-1}·h^{-1})
0—20	对照	1.69±0.03a	1.06±0.05b	1.53±0.06b	0.76±0.02b
	覆膜	1.47±0.02b	1.37±0.02a	2.81±0.06a	0.98±0.03a
20—40	对照	1.34±0.02a	0.88±0.03b	1.36±0.05b	0.52±0.02b
	覆膜	1.22±0.04b	1.07±0.03a	2.42±0.03a	0.64±0.05a

2.4　覆膜对土壤微生物量碳和活跃微生物量的影响

土壤微生物量碳(MBC)可反映土壤养分有效状况和生物活性,能在很大程度上反映土壤微生物数量,其对土壤扰动非常敏感,但不受无机氮的直接影响,常作为土壤对环境响应的指示剂[5]。从图 1 可见,0—20 cm 和 20—40 cm 土层中 MBC 含量的变化规律一致。与对照相比,覆膜处理的 MBC 含量在 0—20 cm 和 20—40 cm 土层中分别增加了 27.44%和 20.18%,差异达显著水平。可见,覆膜显著增加了土壤生物量碳,有利于土壤微生物数量的增加和土

壤养分有效性的提高。

活跃微生物是指土壤中一少部分生理功能活跃的微生物，这部分微生物不到总功能的 1/3[4]。杨树林下土壤中活跃微生物量的变化规律与土壤微生物量碳基本一致，都是覆膜处理明显高于对照，在 0—20 cm 和 20—40 cm 土层分别增加了 31.87% 和 22.29%。说明覆膜有利于杨树林下土壤微生物的活动和土壤养分的分解，这与表 1—2 结果一致。

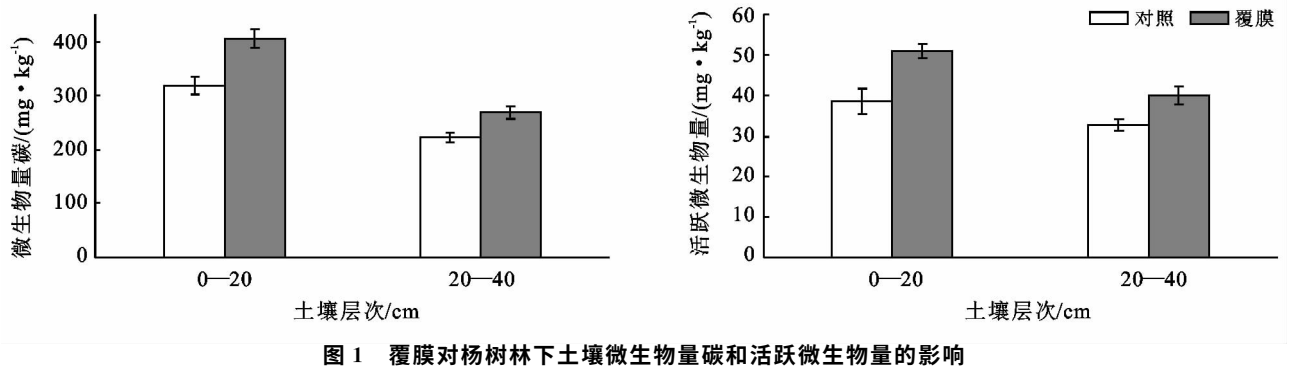


图 1 覆膜对杨树林下土壤微生物量碳和活跃微生物量的影响

3 结果讨论

3.1 覆膜与土壤微生物数量、酶活性和养分

Liu 等[16]在水稻—小麦种植中的研究认为，地膜覆盖后由于提高了作物对养分的吸收，从而影响了土壤 N,P,K 的养分平衡。本研究结果表明，同对照相比，覆膜处理的杨树林地土壤含水量和碱解氮显著提高，而有机质、全氮明显降低。这与艾应伟等[17]在水稻上的研究结果一致。这主要是因为覆膜使土壤温度和湿度提高，土壤好气性微生物活性增强，有机质分解加快，氮肥利用效率提高，从而造成土壤有机质和全氮含量呈下降趋势。土壤 pH 值主要受土壤氧化还原电位、土壤颗粒和土壤空气中 CO_2 浓度的影响。而地膜覆盖后，促使有机物质分解加快，从而使土壤中 CO_2 浓度增高，这可能是导致 pH 值下降的主要原因。本试验还发现，覆膜土壤的速效磷显著降低。胡锋等[18]在水稻上的研究也得出同样的结论，但也有研究[19]认为，覆膜后土壤速效磷呈增加的趋势。可见，目前关于覆膜后土壤速效磷的变化规律尚未达成一致的结论，这可能与植物种类、试验周期和土壤类型等因素的差异有关。

土壤生态系统中的微生物是土壤物质循环和能量流动的主要参与者，对于土壤养分的吸收转化起着非常重要的推动作用。地膜覆盖增加了土壤微生物活性。本研究结果表明，与对照相比，杨树覆膜后能明显提高土壤细菌的数量，这与郭树凡等[20]的研究结果一致。其原因可能是覆膜后减少了雨水对土壤的直接溅击，降低了土壤容重，增加了土壤的疏松度和通透性，从而促进好气性微生物数量和活性的增加[4]。本试验还发现，覆膜后土壤真菌数也显著增加，但放线菌数却变化不明显。而林英杰等[4]在花生上的研究认为，覆膜能使真菌数量显著降低，而放线菌数量却显著增加，这与本试验结论有较大的差异，可能与作物种类、土壤条件等不同有关，具体影响机理还有待于进一步深入研究。

覆膜还增加了土壤过氧化氢酶、蔗糖酶和多酚氧化酶的活性，特别是蔗糖酶的活性，这与蔡昆争等[21]在水稻上的研究结果一致。可能是因为地膜覆盖改善了土壤的水热状况，有利于微生物的繁殖及杨树根系的生长，从而促进了土壤中酶活性的提高。相关研究[5]表明，土壤微生物数量与土壤有机碳含量、全氮、速效磷之间呈显著或极显著负相关关系。因为微生物数量增加和土壤酶活性提高后，加速了对有机质和全氮的分解，促进了土壤养分的释放，并且使作物对土壤氮和磷的吸收量增大，从而导致现存有机质、总氮和速效磷的减少。这也解释了土壤微生物数量增加和土壤酶活性提高后，而土壤养分则相对减少的原因。同时也说明覆膜后林下土壤肥力会呈下降的趋势，这是一个值得注意的问题，在日常生产管理中应及时通过增施有机肥、秸秆还田等措施加以解决。此外，覆膜后 0—40 cm 土层的脲酶活性却降低了，这与汪景宽等[22]的研究结论一致。可能是由于覆膜后土壤的温度和水分含量增加，pH 值下降，使土壤中尿素浓度降低，从而抑制了脲酶的活性。

3.2 覆膜与土壤微生物量碳、活跃微生物量

土壤微生物量是土壤物质和能力循环转化的动力，其变化能敏感反映土地利用和管理上的差异。微生物量碳是土壤有机碳中最活跃的成分，一般只占土壤有机碳总量的 1%～3%，常作为土壤对环境响应的指示计[4]。前人关于地膜覆盖对微生物量碳和活

性的研究结果不尽一致。张成娥等[23]在玉米上的研究表明,地膜覆盖降低了微生物量碳。薛菁芳等[24]研究认为,地膜覆盖能提高土壤微生物量碳;而也有研究[25]发现,地膜覆盖对土壤微生物量碳的影响不显著。本试验结果得出,在 0—40 cm 土层中,地膜覆盖相比对照显著提高了土壤微生物量碳和活跃微生物量,其原因可能是覆膜后改善了土壤物理性状,促进了根系的生长,使根系分泌较多的有机酸、氨基酸等营养物质,为土壤微生物提供了丰富的营养,促进了微生物繁殖,从而提高了微生物生物量,而土壤微生物量碳的消涨能反映微生物利用土壤碳源进行细胞建成并大量繁殖和微生物细胞解体使有机碳矿化的过程。

4　结 论

在 0—20 cm 土层,杨树经过地膜覆盖后可显著增加林地土壤含水量和碱解氮含量,而有机质、全氮、速效磷和 pH 值却明显降低;土壤细菌数和真菌数分别增加了 44.89%和 42.58%,放线菌数变化不明显;土壤过氧化氢酶、蔗糖酶和多酚氧化酶活性分别提高了 29.25%,83.66%和 28.95%,而脲酶活性却降低了 13.02%;土壤微生物量碳和活跃微生物量分别增加了 27.44%和 31.87%,有利于土壤养分的分解和有效化。20—40 cm 土层与 0—20 cm 土层表现出基本一致的变化规律,但覆膜与对照之间的差异变小,表明随着土层的加深,覆膜的影响作用减弱。因此,地膜覆盖对杨树林下土壤,尤其是表层土壤的生态环境具有明显的改善作用。

[参 考 文 献]

[1] 沈康荣,李家军,汪晓春,等. 莲藕覆膜厢作高效栽培技术研究[J]. 华中农业大学学报,2001,20(6):571-575.

[2] Hou Xiaoyan, Wang Fengxin, Han Jiangjiang, et al. Duration of plastic mulch for potato growth under drip irrigation in an arid region of Northwest China[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2010, 150(1): 115-121.

[3] Kwabiah A B. Growth and yield of sweet corn(*Zea mays* L.) cultivars in response to planting date and plastic mulch in a short-season environment[J]. Scientia Horticulturae, 2004,102(2): 147-166.

[4] 林英杰,李向东,周录英,等. 花生不同种植方式对田间土壤微环境和产量的影响[J]. 水土保持学报,2010,24(3):131-135.

[5] 宋秋华,李凤民,王俊,等. 覆膜对春小麦农田微生物数量和土壤养分的影响[J]. 生态学报,2002,22(12):2125-2132.

[6] 吴荣美,王永鹏,李凤民,等. 秸秆还田与全膜双垄集雨沟播耦合对半干旱黄土高原玉米产量和土壤有机碳库的影响[J]. 生态学报,2012,32(9):2855-2862.

[7] 李兆君,李万峰,解晓瑜,等. 覆膜对不同施肥条件下玉米苗期生长和光合及生理参数的影响[J]. 核农学报,2010,24(2):360-364.

[8] 李丽丽,李非里,刘秋亚,等. 覆膜对土壤—莴苣体系氮素分布和植物吸收的影响[J]. 生态学报,2011,31(13):3811-3819.

[9] 王世绩. 杨树研究进展[M]. 北京:中国林业出版社,1995.

[10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.

[11] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法[M]. 北京:科学出版社,1985.

[12] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京:科学出版社,1987.

[13] Vance E D. An extraction method form easuring soil microbial biomass C[J]. Soil Biol. Biochem., 1987, 19(6): 703-707.

[14] 高云超,朱文珊,陈文新. 秸秆覆盖免耕土壤细菌和真菌生物量与活性的研究[J]. 生态学杂志,2001,20(2):30-36.

[15] Burns R G. Enzyme activity in soil: Location and possible role in microbial ecology[J]. Soil Biol. Biochem., 1982,14(12):423-427.

[16] Liu Xinjie, Wang Jinchun, Lu Shihai, et al. Effects of non-flooding mulching cultivation on crop yield, nutrient uptake and nutrient balance in rice-wheat cropping systems [J]. Field Crops Research, 2003, 83(3): 297-311.

[17] 艾应伟,刘学军,张福锁,等. 旱作与覆盖方式对水稻吸收利用氮的影响[J]. 土壤学报,2004,41(1):152-155.

[18] 胡锋,梁永超,李辉信. 覆膜旱作稻田土壤肥力演变与土壤管理问题[M]//中国土壤学会. 迈向 21 世纪的土壤科学:综合卷. 河南 郑州:黄河水利出版社,1999:265.

[19] 刘铭,吴良欢. 覆膜旱作稻田土壤肥力变化的研究[J]. 浙江农业学报,2003,15(1):8-12.

[20] 郭树凡,陈锡时,汪景宽. 覆膜土壤微生物区系的研究[J]. 土壤通报,1995,26(1):36-39.

[21] 蔡昆争,骆世明,方祥. 水稻覆膜旱作对根叶性状、土壤养分和土壤微生物活性的影响[J]. 生态学报,2006,26(6):1903-1911.

[22] 汪景宽,彭涛,张旭东,等. 地膜覆盖对土壤主要酶活性的影响[J]. 沈阳农业大学学报,1997,28(3):210-213.

[23] 张成娥,梁银丽,贺秀斌. 地膜覆盖玉米对土壤微生物量的影响[J]. 生态学报,2002,22(4):508-512.

[24] 薛菁芳,高艳梅,汪景宽. 长期施肥与地膜覆盖对土壤微生物量碳氮的影响[J]. 中国土壤与肥料,2007(3):55-58.

[25] 于树,汪景宽,李双异. 地膜覆盖对土壤微生物群落结构的影响[J]. 土壤通报,2008,39(4):904-907.