

DOI: 10.11686/cyxb20150424

http://cyxb.lzu.edu.cn

杨洪晓, 周美华, 李俊良, 梁斌, 隋方功. 温带果园护土生草鼠茅草的腐解和养分释放. 草业学报, 2015, 24(4): 208-213.

Yang H X, Zhou M H, Li J L, Liang B, Sui F G. Decay and nutrient release in *Vulpia myuros* grasses, a species suitable for soil conservation in temperate zone orchards. Acta Prataculturae Sinica, 2015, 24(4): 208-213.

温带果园护土生草鼠茅草的腐解和养分释放

杨洪晓^{1,2}, 周美华¹, 李俊良¹, 梁斌¹, 隋方功^{1*}

(1. 青岛农业大学资源与环境学院, 山东 青岛 266109; 2. 青岛市农村环境工程研究中心, 山东 青岛 266109)

摘要:鼠茅草是适合于温带果园的越年生护土生草,有助于防止水土流失,然而果农担心鼠茅草可能与果树争肥,不利于果树生产。本研究在青岛地区温湿气候条件下测试鼠茅草的腐烂分解及养分释放特征。2012年6月底采集枯死鼠茅草,将其埋在10 cm深的土壤中,使土壤含水量分别稳定在田间持水量的65%,75%和85%,7—10月份每隔10 d抽检其腐解程度和碳、氮、磷、钾元素的释放速率。结果表明,鼠茅草的腐烂分解是比较快的,自初夏枯死后经80 d大约分解30%;伴随鼠茅草的腐烂,碳、氮、磷和钾会释放出来,快速释放期集中在前20—40 d,钾的释放速度最快,其次为磷,碳、氮的释放速度较慢;土壤含水量影响鼠茅草的腐解过程,当土壤含水量由65%田间持水量提高至85%时,鼠茅草的腐解和养分释放加快。据此可断,7—10月是鼠茅草分解的主要时期,可为果树生长提供营养而非争夺养分。在青岛等温湿地区,以鼠茅草作为果园护土生草是可行的,它们同苹果等落叶果树在养分利用上可形成互补关系,有益于果园的养分循环和持续生产。

关键词:鼠茅草; 腐解; 养分释放; 果园; 树草互利; 水土保持

Decay and nutrient release in *Vulpia myuros* grasses, a species suitable for soil conservation in temperate zone orchards

YANG Hong-Xiao^{1,2}, ZHOU Mei-Hua¹, LI Jun-Liang¹, LIANG Bin¹, SUI Fang-Gong^{1*}

1. College of Resources and Environment, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China; 2. Qingdao Engineering Research Center for Rural Environment, Qingdao 266109, China

Abstract: The grass species *Vulpia myuros* has a September-to-June growth period and can enhance orchard soils and prevent water loss and soil erosion. However, orchard managers are often concerned by the species' presence as a competitor for nutrients with fruit trees. This paper reports an investigation of the decomposition and nutrient release rates of *V. myuros* in the Qingdao area of northern China, which has a humid climate. Dead *V. myuros* was collected in late June 2012 and buried at the depth of 10 cm in soils with three moisture content levels (65%, 75% and 85%). Decay rates and the release rates of carbon, nitrogen, phosphorus and potassium were measured every ten days between July and October. Results showed that *V. myuros* has a very fast decay rate, with approximately 30% decomposed within 80 days. This decay releases carbon, nitrogen, phosphorous and potassium, principally during the first 20—40 days. Potassium had the fastest release rate, followed by phosphorous, while nitrogen and carbon were the slowest. Soil moisture had a significant effect on decomposition. The decay rate is accelerated when moisture levels are raised from 65% to 85%. The study

收稿日期:2014-09-30; 改回日期:2014-12-01

基金项目:公益性行业(农业)科研专项项目(201103005)和国家自然科学基金项目(31270382)资助。

作者简介:杨洪晓(1971-),男,山东宁阳人,副教授,博士。E-mail: hongxiaoyang@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fgsui@163.com

concludes that *V. myuros* can supply nutrients to fruit trees and does not compete with them, as previously thought. Thus *V. myuros* can be used in the temperate hilly regions in northern China in order to enhance nutrient cycling in orchard ecosystems.

Key words: *Vulpia myuros*; stalk decaying; nutrient releasing; orchard; mutualism of fruit trees and grasses; soil and water conservation

落叶果树是我国北方的重要经济树种,也是黄土高原和丘陵区农民的主要经济来源^[1-3]。很多果园建在坡地上,每年夏秋是这些果树的生长旺季,也是水土流失严重的季节。为防止水土流失,有人采用秸秆作为护土材料^[4-5]。然而,在坡地上秸秆易被暴雨冲走,而且向坡地搬运、覆盖秸秆费时费工。人们还尝试用白三叶(*Trifolium repens*)、黑麦草(*Lolium perenne*)等生草作为护土材料,它们可以有效抑制水土流失,然而由于其生长期同落叶果树接近,必然引起争水、争肥的问题^[6-9]。虽然可以用刈割法减轻这种竞争,但效果不佳,因为它们在刈割后会再长,而且刈割也费时费工^[10]。所以,选择合适的草种是妥善解决这一问题的明智策略。现在人们发现,鼠茅草(*Vulpia myuros*)有作为落叶果园护土生草的潜在优势^[11-13]。鼠茅草是越年生禾草,株高约50 cm,生长茂密,每年9月份萌发,翌年6月死亡,留下的种子可于当年9月萌发。夏秋时节,枯死却固着的鼠茅草可以保持土壤墒情,防止水土流失,而且一次播种,多年受益,降低了果农的劳动量。然而,果农担心鼠茅草阻碍果树的养分获取,不能及时把所固持的养分释放出来。所以,我们研究鼠茅草在夏秋季节的腐烂分解和主要养分的释放特征,从而为落叶果园的科学经营提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

在青岛农业大学胶州实验基地苹果园采集鼠茅草样品。青岛地区的年均温约13℃,年雨量约660 mm。每年6月中下旬,鼠茅草进入枯死期。2012年6月下旬,在果园中随机布设40个30 cm×30 cm的样方,采集枯死鼠茅草的地上部分作为样品,将采来的样品混放在一起,洗掉泥土并晾晒。待半干时,将鼠茅草剪成5~8 cm长的片段,充分混匀后装入纸袋中,置于通风干燥处敞口继续晾晒。

1.2 实验设计

待样品干燥后,测定鼠茅草中全氮、全磷、全钾和全碳的质量百分数。2012年7月10日—10月1日在露天条件下进行腐解实验,尽量与野外鼠茅草的腐解过程同步。采用尼龙网袋法模拟鼠茅草在受控水分条件下的腐解过程^[14]。网袋长25 cm,宽16 cm,网眼粒径75 μm。供试容器采用泡沫塑料箱,简称腐解箱,内部装入从果园取回的表层土壤。将箱中土壤的含水量设计为3个水平,接近于田间持水量的65% (T_1)、75% (T_2)、85% (T_3)。将供试样品放于70℃下烘干3 h,然后称取样品装入网袋并封口。每个网袋装20 g样品,共72袋。将袋装样品埋入腐解箱内,每个网袋用一个腐解箱。将腐解箱分为3组,对应于前面3个水平的土壤水分,每个水平用24个腐解箱,做好标记。在腐解箱中,鼠茅草层的铺设厚度为0.8~1.0 cm,上、下方的土层厚度均为10 cm。实验期间,根据腐解箱中土壤水分的情况及时补充水分,使箱中土壤的含水量大致稳定在设定值附近。每隔10 d,对每个水平随机抽取3个网袋,用来测量鼠茅草的腐解程度和养分释放率。抽取方法是不重复的,用后剔除,不再参与后面的取样过程。取出网袋中的鼠茅草,用水冲净粘附的泥浆,在70℃下烘干。用精度为0.01 mg的电子天平称重,测定样品的剩余量,以及在剩余样品中全碳、全氮、全磷、全钾的含量,然后计算鼠茅草的养分释放率。

1.3 测定方法

用重铬酸钾容量法—外加热法测定鼠茅草的有机碳含量。称取0.60 g植物样品放于消化管中,加入40.00 mL 0.8000 mol/L重铬酸钾与40.00 mL浓硫酸,在170~180℃下沸腾5 min,以硫酸亚铁标准溶液滴定。对于全氮、全磷、全钾,使用标准方法测定其含量,浓 $H_2SO_4-H_2O_2$ 联合消煮,然后用半微量凯氏定氮法测定全氮,用钒钼黄比色法测定全磷,用火焰光度计法测定全钾^[15]。

1.4 数据处理

基于测得的鼠茅草的剩余质量和全碳、全氮、全磷、全钾的剩余含量,采用公式 1、2 计算鼠茅草的累积减少率和全碳、全氮、全磷、全钾的累积释放率。公式 1,质量累积减少率(%)=(20 g-剩余样品质量)/20 g×100。公式 2,养分累积释放率(%)=(试验前样品养分-样品剩余养分)/试验前样品养分×100。采用 Excel 和 Origin 软件处理数据并作图。以单因素方差分析法检验不同水平的土壤水分含量是否影响最终的养分累积释放率。另外,计算每隔 10 d 的养分释放率,然后计算元素释放率之间的 Pearson 相关系数。

2 结果与分析

鼠茅草的腐解是一个比较集中的过程,死后 80 d 大约腐解 30%,前 20 d 较快,后 60 d 较慢(图 1)。当土壤含水量由 65%田间持水量升高至 85%田间持水量,鼠茅草的腐烂分解速率有显著加快的趋势($P < 0.05$)。

腐解过程的前 40 d,为碳素的快速释放期,随后转入停滞期,碳素释放基本停止(图 2)。土壤水分对碳素释放有明显影响($P < 0.01$)。经过 80 d,在 T_1 、 T_2 、 T_3 三种土壤水分条件下碳素的累积释放率分别为 17.35%、22.53%和 24.75%,土壤水分含量的增加有利于秸秆碳素的释放。

在鼠茅草的腐解过程中,前 40 d 是氮素的快速释放期,随后转入停滞期,氮的释放变得非常缓慢(图 3)。经过 80 d,氮素的累积释放率达到 15%~25%,尚有相当一部分没有释放出来。另外,氮素的释放速率受土壤含水量的影响。当土壤含水量由田间持水量的 65%提高至 85%时,氮的释放速度有明显加快的趋势($P < 0.01$)。

在腐解过程中,前 20 d 为磷素的快速释放期,随后释放速率减缓(图 4)。经过 80 d,磷素的累积释放率达到 28%~36%,高于碳素和氮素的释放率。秸秆中磷素的释放速率也受土壤含水量的影响,当土壤含水量由田间持水量的 65%升至 85%时,磷的释放速度表现出显著加快的趋势($P < 0.01$)。

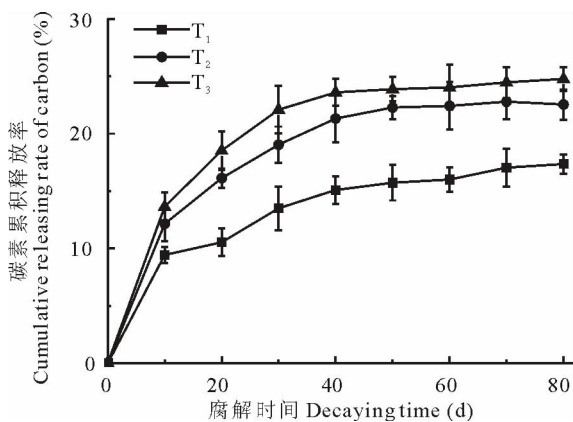


图 2 不同水分条件下鼠茅草的碳素释放特征

Fig. 2 Cumulative releasing of carbon from *V. myuros* stalks on different conditions of soil moisture

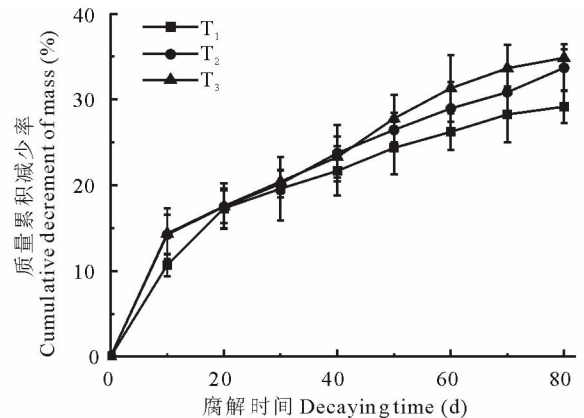


图 1 不同水分条件下鼠茅草质量的累积减少率

Fig. 1 Cumulative decrement of *V. myuros* mass in the process of stalk decaying on different conditions of soil moisture

T_1 , 65% 田间持水量; T_2 , 75% 田间持水量; T_3 , 85% 田间持水量, 下同。 T_1 , 65% of the field moisture capacity; T_2 , 75% of the field moisture capacity; T_3 , 85% of the field moisture capacity, the same below.

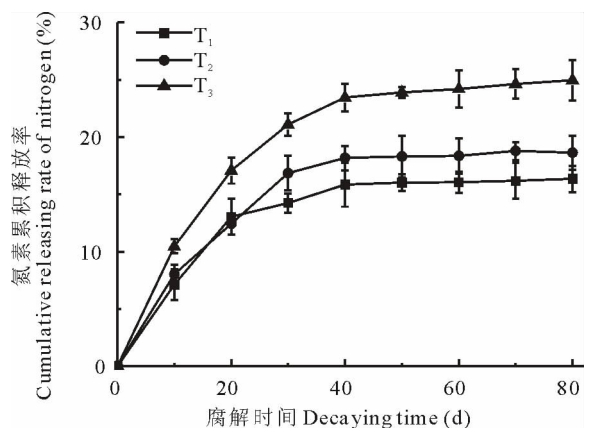


图 3 不同土壤水分条件下鼠茅草的氮素释放特征

Fig. 3 Cumulative releasing of nitrogen from *V. myuros* stalks on different conditions of soil moisture

在腐解过程的前 20 d,钾素的释放速度很快,可视为快速释放期,随后转入缓慢释放期(图 5)。钾素释放同样受土壤水分含量的影响。当土壤含水量由田间持水量的 65%升至 85%时,钾的释放速度有明显加快的趋势($P < 0.01$)。经过 80 d,对应于 3 种土壤含水量水平的钾素累积释放率分别为 39.29%,44.41%,47.17%,高于相同水分条件下碳、氮和磷的释放速率。另外,各种元素的释放是密切相关的,尽管相关程度不同,但都达到显著水平(表 1)。

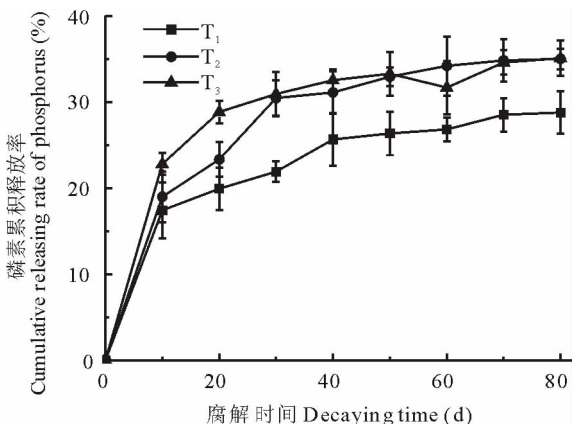


图 4 不同水分条件下鼠茅草的磷素释放特征

Fig. 4 Cumulative releasing of phosphorus from *V. myuros* stalks on different conditions of soil moisture

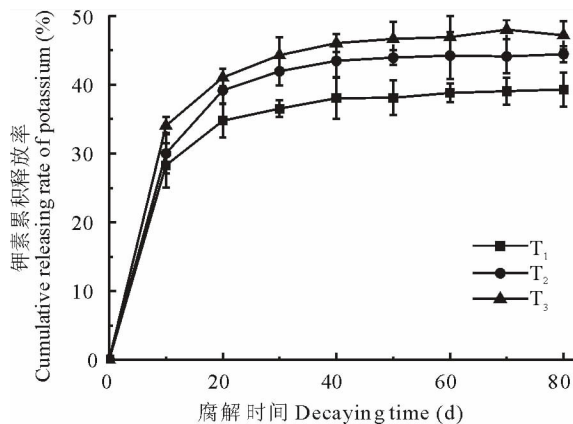


图 5 不同水分条件下鼠茅草的钾素释放特征

Fig. 5 Cumulative releasing of potassium from *V. myuros* stalks on different conditions of soil moisture

3 讨论与结论

以上结果是以覆埋深度 10 cm 得到的,实际情况比这复杂,覆埋深度通常浅于此,而且各地的气候、土壤条件不尽相同,所以研究结果有局限性。尽管如此,仍为认识鼠茅草的腐解和养分释放特征提供了参考依据。在夏秋季节,覆埋 10 cm 深的鼠茅草历经 80 d 大约腐解 30%,这是一个比较快的过程,不同于很多木本或硬质草本的腐解^[16-17]。伴随腐解,碳、氮、磷和钾逐渐释放出来,这些养分的释放主要集中在前 20 或 40 d,刚好是很多落叶果树的生长旺盛期。这些养分的释放过程是密切相关的,但仍有各自的特征,钾素的释放率最高,在 35%以上,其次是磷素,大约为 30%,碳素和氮素的释放率大约为 20%。这种差别可能与这些养分在秸秆内的存在形式有关^[14]。钾素的释放率高,可能是因为秸秆中的钾素大多以离子形态存在,易溶于水。碳素和氮素的释放率低,可能是因为碳素、氮素主要存在于大分子化合物纤维素和蛋白质中,易于伴随它们转化为腐殖质。

在野外,土壤水分条件变化复杂,不利于观测土壤含水量对鼠茅草腐解和养分释放过程的影响。通过控制实验,我们克服了这种不利。正是通过控制实验,才得以揭示,土壤水分条件对鼠茅草的腐解和养分释放过程有明显影响。当土壤含水量由田间持水量的 65%提高至 85%时,鼠茅草的腐解速度加快,养分释放速度也随之加快。然而,增加的程度因养分类型的不同而不同。很多果园建于山丘或坡地,由于水土流失,立地土壤的含水量通常低于田间持水量,较低的土壤含水量是制约鼠茅草腐解的重要因素。但是,因为枯死的鼠茅草密密麻麻覆盖着地面,可以抑制坡面上的水分漫流和蒸发,所以鼠茅草本身能提高土壤墒情,也就有能力促进自身的腐解。

以上结果表明,鼠茅草很可能同苹果等落叶果树在养分利用上形成互补关系。以苹果为例,鼠茅草与苹果树的生长盛期是前后交错的,鼠茅草的生长期为秋末一翌年夏初,而苹果的生长盛期在夏秋季节。当苹果树深秋落叶时,鼠茅草才开始萌发和生长,避开对养分的激烈竞争,反而开始利用树叶腐解释放出的养分,并保护着地

表 1 各元素释放率的 Pearson 相关关系

Table 1 Pearson correlation coefficients between the releasing rates of chemical elements

项目 Item	碳素 Carbon	钾素 Potassium	磷素 Phosphorus
钾素 Potassium	0.97**		
磷素 Phosphorus	0.97**	0.97**	
氮素 Nitrogen	0.90**	0.88**	0.87**

** $P < 0.01$, 自由度 d. f. = 70.

表,避免因冬春风蚀或水蚀而造成养分流失。当苹果树进入夏秋生长盛期时,需要大量养分,此时鼠茅草枯死、腐解,放出养分供果树利用。这样,既为果树供给养分,又避免了养分的流失。每亩苹果园每年产干鼠茅草约500~1000 kg,其中全氮为7.00~14.00 kg (1.40%)、全钾为5.55~11.10 kg (1.11%)、全磷为1.70~3.40 kg (0.34%),当年7~10月可释放氮素为1.40~2.80 kg (20%)、钾素为2.22~4.44 kg (40%)、磷素为0.51~1.02 kg (30%)。还有一部分鼠茅草将在以后腐解或转化为腐殖质,但其养分毕竟留在果园里了,而且迟早会释放出来,参与果园系统的养分循环^[18-20]。总之,鼠茅草可以起到供肥、保肥的作用,有利于果树对养分的获取。所以,在我国北方落叶果园中,可以推广使用鼠茅草作为护土生草,不用过分担心它们同果树争肥。

References:

- [1] Zhai H, Shi D C, Shu H R. Current status and developing trend of apple industry in China. *Journal of Fruit Science*, 2007, 24(3): 355-360.
- [2] Yuan Y B, Liu C L, Wang Y Z, *et al.* Studies on the modern cultivation techniques of dwarf apple with high density. *Deciduous Fruits*, 2011, 43(6): 1-6.
- [3] Xin P G. Adjustment and optimization of industrial structure of deciduous fruits in China. *Deciduous Fruits*, 2000, (6): 3-6.
- [4] Wang H G. Study on comprehensive effects of mulching straw on orchard. *Research of Soil and Water Conservation*, 2001, 8(3): 55-57.
- [5] Li W W, Kong Q L, Song L W, *et al.* Studies on comprehensive effects of grass mulching in orchards. *Journal of Fruit Science*, 1991, 8(3): 163-165.
- [6] Qi X S, Ding W J, Wang R Q, *et al.* Effects of interplantation of *Trifolium repens* in orchards on soil ecology and apple tree production. *Rural Eco-Environment*, 2005, 21(2): 13-17.
- [7] Wang C, Bai L, Zhao B, *et al.* Preliminary screening of appropriate grass species and seeding rate for orchard in Shenyang area. *Pratacultural Science*, 2014, 31(2): 284-289.
- [8] Rong L Y, Yao T, Ma W B, *et al.* The inoculant potential of plant growth promoting rhizobacteria strains to improve the yield and quality of *Trifolium pratense* cv. Minshan. *Acta Prataculturae Sinica*, 2014, 23(5): 231-240.
- [9] Liu C Y, Sun X Y, Zhu T C, *et al.* Comparison of the production performance of ryegrass cultivars and screening of dominant varieties. *Acta Prataculturae Sinica*, 2014, 23(4): 39-48.
- [10] Zhang H S, Liu Y, Yuan W, *et al.* Effects of different cutting regimes on growth and overwintering of white clover (*Trifolium repens* L.). *Jiangsu Journal of Agricultural Science*, 2011, 27(3): 602-606.
- [11] Ishii T, Matsumura A, Horii S, *et al.* Network establishment of arbuscular mycorrhizal hyphae in the rhizospheres between citrus rootstocks and *Paspalum notatum* or *Vulpia myuros* grown in sand substrate. *Biology and Fertility of Soils*, 2007, 44(1): 217-222.
- [12] Heeraman D A, Claassen V P, Zasoski R J. Interaction of lime, organic matter and fertilizer on growth and uptake of arsenic and mercury by *Zorro fescue* (*Vulpia myuros* L.). *Plant and Soil*, 2001, 234(2): 215-231.
- [13] Wang H, Wang Y, Ding Z T, *et al.* Effect of mulching on ecological environment of tea garden and physiological indicators of tea plant in winter. *Northern Horticulture*, 2012, (24): 5-9.
- [14] Li F Y, Sun X F, Feng W Q, *et al.* Nutrient release patterns and decomposing rates of wheat and rapeseed straw. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2009, 15(2): 374-380.
- [15] Shi R H, Bao S D, Qin H Y. *Soil Agrochemical Analysis*[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1996.
- [16] Shi L H, Han G H, Zhang Z G, *et al.* Effect of mulching with straw composts on soil properties of landscape. *Transactions of the CSAE*, 2010, (1): 113-117.
- [17] Song R, Wu C S. Decomposition dynamics of plant residuals in natural meadow in northeast China. *Acta Prataculturae Sinica*, 2002, 11(2): 105-108.
- [18] Liu W L, Fu M J, Liang Y J, *et al.* Composition characteristics of combined humus in orchards soils. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2013, 27(3): 278-283.
- [19] Xie S L, Zhang T F, Chen X Z, *et al.* A study on the nutrient value of oat and its influences on soil fertility of winter fallow fields. *Acta Prataculturae Sinica*, 2013, 22(2): 47-53.
- [20] Zhao P, Dai W A, Du M X, *et al.* Response of *Amorpha fruticosa* planting to soil nutrients in the Tibetan Plateau. *Acta Prataculturae Sinica*, 2014, 23(3): 175-181.

参考文献:

- [1] 翟衡,史大川,束怀瑞. 我国苹果产业发展现状与趋势. *果树学报*, 2007, 24(3): 355-360.
- [2] 原永兵,刘成连,王永章,等. 现代苹果矮化密植栽培技术研究. *落叶果树*, 2011, 43(6): 1-6.
- [3] 辛培刚. 论我国落叶果树生产结构的调整与优化. *落叶果树*, 2000, (6): 3-6.
- [4] 王洪刚. 果园覆草技术综合效应研究. *水土保持研究*, 2001, 8(3): 55-57.
- [5] 李文武,孔庆雷,宋力维,等. 果园覆草综合效益研究. *果树科学*, 1991, 8(3): 163-165.
- [6] 齐鑫山,丁卫建,王仁卿,等. 果园间种白三叶草对土壤生态及果树生产的影响. *农村生态环境*, 2005, 21(2): 13-17.
- [7] 王超,白龙,赵波,等. 温带果园适宜草种及其播量的初步筛选. *草业科学*, 2014, 31(2): 284-289.

- [8] 荣良燕,姚拓,马文彬,等. 岷山红三叶根际优良促生菌对其宿主生长和品质的影响. 草业学报, 2014, 23(5): 231-240.
- [9] 刘春英,孙学映,朱体超,等. 不同黑麦草品种生产性能比较与优势品种筛选. 草业学报, 2014, 23(4): 39-48.
- [10] 张鹤山,刘洋,袁微,等. 刈割对白三叶生长状况及越夏性的影响. 江苏农业学报, 2011, 27(3): 602-606.
- [13] 王会,王玉,丁兆堂,等. 越冬期茶园覆盖的生态效应及对茶树生理指标的影响. 北方园艺, 2012, (24): 5-9.
- [14] 李逢雨,孙锡发,冯文强,等. 麦秆,油菜秆还田腐解速率及养分释放规律研究. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(2): 374-380.
- [15] 史瑞和,鲍士旦,秦怀英. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.
- [16] 时连辉,韩国华,张志国,等. 秸秆腐解物覆盖对园林土壤理化性质的影响. 农业工程学报, 2010, (1): 113-117.
- [17] 宋日,吴春胜. 东北草原植物残体腐解动态研究. 草业学报, 2002, 11(2): 105-108.
- [18] 刘文利,付民杰,梁运江,等. 果园土壤中结合态腐殖质组成特征. 水土保持学报, 2013, 27(3): 278-283.
- [19] 谢昭良,张腾飞,陈鑫珠,等. 冬闲田种植2种燕麦的营养价值及土壤肥力研究. 草业学报, 2013, 22(2): 47-53.
- [20] 赵萍,代万安,杜明新,等. 青藏高原种植紫穗槐对土壤养分的响应. 草业学报, 2014, 23(3): 175-181.