

不同有机物覆盖对兔眼蓝莓土壤理化性质的影响

陈彦君¹,王德炉^{2*},丁 波^{1,2}

(1. 贵州省林业科技推广总站,贵州 贵阳 550001;2. 贵州大学 林学院,贵州 贵阳 550025)

摘要:以5年生兔眼蓝莓“芭尔德温”为试验材料,以粉碎的稻草(T1)、杂草(T2)、松针(T3)、锯末(T4)和玉米秸秆(T5)为覆盖材料,通过大田覆盖试验,研究不同有机覆盖物对兔眼蓝莓土壤理化性质的影响。结果表明:地面覆盖有机物可使表层土壤温度变化幅度明显减小,维持土壤含水量,T4维温持水效果最好,T5次之;覆盖前后有机质增幅最高达46.2%,各处理增幅大小顺序为:T5>T1>T4>T2>T3>CK,土壤容重降低14%;覆盖提高了土壤中养分含量,土壤水解氮含量最大值达40.27 mg·kg⁻¹,各处理增加值大小依次为T5>T1>T2>T3>T4>CK,土壤有机磷和速效钾分别比覆盖前增幅最大值达75.8%和58.8%。综合考虑,T5为5种材料中最适合蓝莓的覆盖材料。

关键词:兔眼蓝莓;地面覆盖;土壤理化性质;贵州麻江

中图分类号:S714.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2016)06-0078-05

Effects of Different Organic Matter Mulching on Soil Physicochemical Properties of Rabbiteye Blueberry

CHEN Yan-jun¹, WANG De-lu^{2*}, DING Bo^{1,2}

(1. General Station of Forestry Science and Technology Popularization of Guizhou Province Guiyang,Guizhou 550001,China;

2. College of Forestry,Guizhou University,Guiyang,Guizhou 550025,China)

Abstract: Effects of organic matter mulching on soil physicochemical properties of *Vaccinium ashei* “Baldwin” (5 years old) were examined by using different covering materials, such as straw (T1), orchard weeds (T2), pine needles (T3), sawdust (T4) and the crushed corn straw (T5). The experiment was conducted in Majiang County, Guizhou Province. The results showed that organic matter mulching could reduce the amplitude of temperature variation, maintain soil moisture. T4 was the best material to maintain soil temperature and moisture, followed by T5. Soil organic matter increased after mulching with the maximum increment of 46.2%. The increment among different treatments was in the order of T5>T1>T4>T2>T3>control. The mulching also decreased soil bulk density (14% at most). The organic mulching improved the contents of soil nutrients, the maximum amount of hydrolyzable nitrogen content in soil was 40.27 mg·kg⁻¹, and among different treatments, it was in the order of T5>T1>T2>T3>T4>control. The mulching improved the soil organic P and available K, increased by 75.8% and 58.8% maximally. Comprehensively, straw (T5) was the best organic matter for mulching.

Key words: rabbit-eye blueberry; organic mulching; soil physical and chemical properties; Majiang of Guizhou

蓝莓(*Vaccinium ashei*)又名蓝浆果、越橘(桔), 杜鹃花科(Ericaceae)越橘属(*Vaccinium*)植物, 对土

收稿日期:2016-02-03 修回日期:2016-05-04

基金项目:贵州省农业攻关项目(黔科合NY字[2010]3035号)。

作者简介:陈彦君,女,硕士,研究方向:森林培育及林业科技推广。E-mail:354081201@qq.com

*通信作者:王德炉,男,教授,研究方向:人工林栽培、经济植物栽培及喀斯特石漠化治理。E-mail:fc.dlwang@gzu.edu.cn

壤环境要求严格,主要有半高丛、矮丛、高丛和兔眼 4 大类型^[1],其根系多分布在 0~50 cm 范围内^[2]。兔眼蓝莓(*Vaccinium ashei*)由于其抗寒性差、需冷量较小,故多种植于南方。关于蓝莓的研究主要集中在种质资源^[3]、生物学特性^[4]、栽培技术^[5]和土壤改良^[6]等方面。我国大多数果园分布在坡耕地,土层薄、养分不均、有机质含量少、蓄水保墒能力低,生产中往往重视化肥的使用,轻视或少施有机肥,管理上以清耕为主,严重制约着果树的产量和品质。果园地面覆盖是现代农业一项重要的栽培措施^[7],广泛应用于苹果^[8]、梨^[9]、桃^[10]、柿^[11]等树种,地面覆盖能改善果园土壤温度、水分、营养,促进果树生长,提高产量。李亚东^[12]等在北方对高丛和半高丛蓝莓品种进行覆盖试验,发现有机物覆盖可提高根系活力和菌根侵染率,促进其生长。本研究采用稻草秸秆、腐熟的杂草、松针、锯末和粉碎的玉米秸秆等几种有机覆盖物为材料,研究不同覆盖物对土壤理化性质的影响,以期获得适于山地酸性黄壤蓝莓园生长发育的有机覆盖物,为有机材料的可持续利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验区位于贵州省麻江县(107°34'58"E, 26°32'49"N),海拔 739 m,年均温 15℃,无霜期 310 d,年降雨量 1 250 mm 左右。土壤多为酸性黄壤,土层厚度在 100 cm 以上,pH4.3~5.5。

试验选择生长状况基本一致的 5 年生健康兔眼蓝莓植株为研究对象,供试品种“芭尔德温”(‘Baldwin’)。覆盖材料为:水稻秸秆(T1)、杂草(T2)、松针(T3)、锯末(T4)和玉米秸秆(T5),材料经粉碎机粉碎。

1.2 试验处理与调查方法

覆盖材料经粉碎后覆盖于选定植株垄面,全垄覆盖,覆盖厚度为 10 cm(自然塌陷后厚度),宽 120 cm,视情况补充覆盖物以维持厚度,以不覆盖为对照(CK),采用随机区组设计,6 个处理,各重复 3 次,每重复 3 株,计 54 株,各处理的管理方法一致。覆盖前取土样测定土壤相关指标。

1.3 测定方法

在蓝莓生长旺季 3—11 月,按梅花形布点法随机选 3~5 个点,采用土壤温度计测定各处理覆盖下固定位置的土壤 10 cm(易变层)温度的变化,每 10 d 测定 1 次,记录时间为 9:00、11:00、13:00、15:00 和 17:00,以 5 次温度的均值为当日的土壤温度,同期用燃烧法测定土壤含水量。覆盖 1 a 后测

定土壤有机质(重铬酸钾滴定法)、水解氮(碱解—扩散法)、有效磷(NaHCO₃ 浸提法)、速效钾(乙酸铵浸提—火焰光度法)。

2 结果与分析

2.1 供试有机覆盖材料营养性状的变化

T4 和 T5 覆盖物有机质含量最高,其次为稻草。覆盖 1 年后,除 T2 外,覆盖物有机质含量均显著减少,玉米秸秆有机质含量下降了 84.73%,T1 和 T3 降幅均在 30% 以上,T4 有机质含量仅减少 17.22%(表 1)。

T5 全氮含量显著降低了 50.95%,多转化为植物生长易吸收的水解氮,这种转化速度高于水解氮向土壤的扩散速度,水解氮含量比覆盖前增加了 168.50%,而含氮量稍次于 T5 的 T3,释放水解氮的速度低于扩散速度,其全氮和水解氮含量均降低 25% 以上。

覆盖 1 年后 T1 和 T5 有机覆盖物全磷含量分别降低了 10.38% 和 20.29%,有效磷含量分别降低 40.00% 和 57.78%,T4 和 T3 全磷和有效磷含量变化均不显著,T2 在全磷含量减少了 22.73% 的同时,有效磷含量增加了 83.33%。

作物秸秆 T1 和 T5 钾含量明显高于其它覆盖物,各处理在全钾含量减少的同时,速效钾含量增加了 44.44%~133.33%,T1、T2 和 T5 的全钾含量分别降低了 51.50%、48.65% 和 28.18%,T3 和 T4 全钾含量无明显变化,且速效钾增加幅度较小。

覆盖物通过有机质的沉降、全量元素的水解增加了速效物质,易于其向土壤的扩散,从而增加土壤营养元素,有机质分解得越快,元素的扩散时间就越短,对土壤的作用时间就越快。

2.2 地面覆盖物对土壤温度的影响

地面覆盖物对浅层土壤温度有显著影响(图 1)。在气温较高的 3—9 月,5 种有机物地面覆盖浅层土壤温度均显著低于未覆盖的对照组,10—11 月反之。有机物覆盖未改变土温年变化规律,8 月各处理土壤温度最高,其次为 7 月和 6 月,11 月最低。覆盖后,各处理平均土壤温度大小依次为 CK>T3>T4>T2>T5>T1,土壤温差大小顺序为 CK>T5>T1>T2>T3>T4。地表有机物覆盖处理能显著缩小土壤温差,其中,T4 作用最为明显。

2.3 地面覆盖对土壤含水量的影响

土壤含水量测定结果(表 2)表明,5 种不同有机物覆盖均明显提高了浅层土壤含水量。降水较少的 7 月,未覆盖的土壤含水量仅为 5.73%,而有机物覆盖的土壤含水量最小值为 14.63%(T2),最大值为

20.86% (T4), 是对照的 3.6 倍, 降雨较多的 10 月, 覆盖比不覆盖的土壤含水量最多增加 15.3% (T5)。可见, 越是高温干旱的月份, 覆盖与不覆盖土壤含水

量差异越明显, 体现出有机物覆盖后对土壤水分的保持能力。5 种不同的有机覆盖物保水能力差异显著, T4 保水效果最好, T5 次之。

表 1 供试有机覆盖物营养性状的变化(风干样)

Table 1 The change of nutrients before and after mulching

营养成分/(g·kg ⁻¹)		稻草(T1)	杂草(T2)	松针(T3)	锯末(T4)	玉米秸秆(T5)
有机质	处理前	567.08±42.72bA	316.12±16.07cB	371.65±20.74cA	676.71±11.71aA	646.10±21.63aA
	处理后	313.21±36.98bB	315.20±35.03bB	252.84±14.74cB	560.17±49.16aB	98.63±8.55dB
全氮	处理前	6.12±0.24bA	7.30±0.71aA	4.79±0.73cA	1.09±0.15dA	6.99±0.24aA
	处理后	5.88±0.28bA	7.18±0.32aA	3.45±0.08cB	1.07±0.03dA	3.43±0.16cB
水解氮	处理前	0.22±0.05cA	0.28±0.014aB	0.24±0.010bA	0.04±0.003dB	0.20±0.032cB
	处理后	0.23±0.02cA	0.37±0.004bA	0.16±0.03dB	0.08±0.001eA	0.54±0.010aA
全磷	处理前	1.06±0.08aA	0.88±0.02bA	0.39±0.01dA	0.23±0.01eA	0.69±0.02cA
	处理后	0.95±0.09bB	0.68±0.01dB	0.38±0.01dA	0.21±0.01eA	0.55±0.01cB
有效磷	处理前	0.50±0.03aA	0.24±0.02bB	0.13±0.01cA	0.08±0.01cA	0.45±0.09aA
	处理后	0.30±0.02bB	0.44±0.02aA	0.08±0.02dA	0.09±0.01dA	0.19±0.02cB
全钾	处理前	10.99±1.12aA	4.81±0.40cA	6.35±1.6bA	0.38±0.02dA	10.86±1.33aA
	处理后	5.33±1.08cB	2.47±0.50dB	6.27±0.70bA	0.37±0.46eA	7.80±1.92aB
速效钾	处理前	0.29±0.02aB	0.12±0.01bB	0.11±0.02bB	0.09±0.01bA	0.29±0.03aB
	处理后	0.63±0.06aA	0.28±0.02bA	0.23±0.01cA	0.13±0.02dA	0.59±0.02aA

注: 同行不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$), 同列不同大写字母表示处理前后差异显著($P<0.05$)。

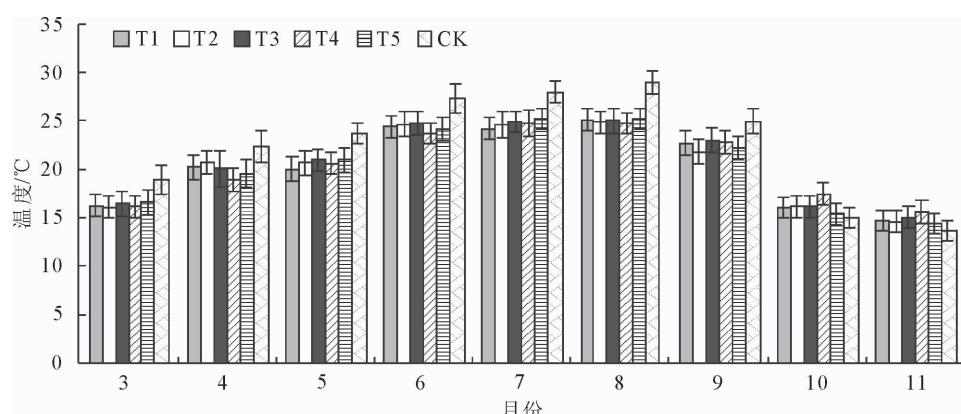


图 1 不同有机物质覆盖地表后浅层土壤温度月变化情况

Fig. 1 Variation of shallow soil temperature after mulching

表 2 不同种类有机物地面覆盖后对土壤含水量的影响

Table 2 Variation of soil moisture content in different organic mulching treatments

月份/月	土壤含水量/%					
	T1	T2	T3	T4	T5	CK
3	26.52±1.43b	23.82±0.82c	30.36±1.08a	29.18±0.89a	27.27±1.03b	14.13±0.98d
4	27.41±0.92c	28.10±0.73bc	29.06±0.85ab	29.56±0.63a	28.93±0.39ab	24.50±0.63d
5	30.96±0.81c	31.86±0.50bc	33.96±1.10a	32.98±0.40ab	32.63±0.87ab	25.78±1.20d
6	23.43±0.56d	25.06±0.40c	26.28±0.62bc	28.23±0.86a	27.15±0.56ab	21.39±0.99e
7	17.21±1.21c	14.63±0.27d	17.96±0.51b	20.86±0.11a	14.78±0.53d	5.73±0.49e
8	21.63±0.91b	22.61±0.19ab	19.20±0.36c	23.44±0.91a	22.46±0.91ab	17.09±0.41d
9	21.20±0.88c	23.71±1.16b	21.96±0.37c	25.83±0.90a	24.96±0.47ab	20.59±0.87c
10	29.62±0.67c	31.57±0.45ab	30.26±0.41c	30.71±1.05bc	32.00±0.34a	27.76±0.52d
11	31.63±0.36cd	30.71±0.83d	32.25±0.79bc	33.99±0.71a	33.17±0.32ab	26.25±0.53e
平均	25.51	25.79	26.81	28.31	27.04	20.36

注: 不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

2.4 不同地面覆盖物对土壤有机质和容重的影响

5种有机物覆盖后,土壤中有机质含量均比覆盖前有所增加,增幅大小顺序为:T5>T1>T4>T2>T3。作物秸秆覆盖的土壤有机质增幅在30%以上,T2和T3覆盖前后的土壤有机质差异未达到显著水平。

覆盖1a后,5种不同有机物之间的土壤有机质含量差异显著。与覆盖前相比,各处理的土壤容重均显著降低,降幅达到10%以上,效果最好的T1和T5覆盖处理,土壤容重降幅达14%以上,但各处理间差异并不显著(表3)。

表3 不同有机物地面覆盖后土壤有机质和土壤容重

Table 3 The organic matter contents and volume weight of soil in different organic mulching treatments

处理	有机质/(g·kg ⁻¹)		容重/(g·cm ⁻³)	
	覆盖前	覆盖后	覆盖前	覆盖后
T1	18.92±0.49aB	25.31±0.94bA	1.71±0.13a A	1.47±0.05a B
T2	19.12±0.72aA	20.36±0.95cA	1.74±0.12a A	1.50±0.03a B
T3	16.91±0.14bcA	17.93±0.54dA	1.74±0.06a A	1.51±0.04a B
T4	18.24±0.73abB	21.54±1.11cA	1.74±0.09a A	1.50±0.08a B
T5	18.99±0.68aB	27.76±0.85aA	1.72±0.07a A	1.47±0.05a B

注:不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示处理前后差异显著($P<0.05$)。

2.5 不同地面覆盖物对土壤养分的影响

覆盖1a后土壤水解氮含量显著提高,其中,含氮量较高且易分解的作物秸秆T5和T1覆盖后,土壤水解氮含量比覆盖前提高了70.4%和60.9%,不同处理土壤水解氮含量提高幅度从大到小依次为:

T5>T1>T2>T3>T4,处理间差异达到显著水平。除T3外有机物覆盖后土壤有效磷含量明显提高,T1和T5使土壤中有效磷含量增加了69%以上,T2次之。T1、T3和T5覆盖处理使土壤速效钾含量分别增长了58.80%、19.50%和49.88%(表4)。

表4 不同有机物地面覆盖后土壤养分含量

Table 4 The soil nutrition contents in different organic mulching treatments

处理	水解氮/(mg·kg ⁻¹)		有效磷/(mg·kg ⁻¹)		速效钾/(mg·kg ⁻¹)	
	覆盖前	覆盖后	覆盖前	覆盖后	覆盖前	覆盖后
T1	25.03±0.53aB	40.27±1.17aA	7.47±0.60abB	13.13±0.81aA	138.33±6.66abB	219.67±5.13aA
T2	25.05±0.70aB	38.50±0.62bA	7.34±0.32abB	10.59±0.37bA	116.00±7.55cA	80.75±2.31cB
T3	24.87±0.53aB	35.30±1.42cA	7.55±0.15abA	7.36±0.29cA	106.00±6.02cB	126.67±3.06cA
T4	23.05±0.70bB	27.87±0.85dA	7.03±0.49bB	8.07±0.59cA	132.00±19.52bA	118.33±10.12bA
T5	23.37±0.73abB	39.83±1.31abA	7.73±0.34abB	13.13±0.83aA	143.00±2.07aB	214.33±5.77aA

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),同行不同大写字母表示处理前后差异显著($P<0.05$)。

2.6 不同有机物覆盖对蓝莓树体生长的影响

5种不同有机物地表覆盖不同程度的促进了蓝莓树体生长,效果不一。有机物地面覆盖显著提高了蓝莓单叶面积和净光合速率(P_n),T1和T5单叶面积比对照高35%以上,T5覆盖的 P_n 值较高,T3较低,各覆盖处理 P_n 均显著高于对照1.59~2.01倍,但处理间差异不显著;覆盖对新梢生长量的影响明显,T5覆盖蓝莓新梢生长量比对照增加1倍,显著高于其它处理,T3、T1次之,T2与对照无显著差异;T5覆盖显著增加了蓝莓叶片叶绿素含量13.51%,其次为T2,其余处理与对照无显著差异(表5)。

倍,但处理间差异不显著;覆盖对新梢生长量的影响明显,T5覆盖蓝莓新梢生长量比对照增加1倍,显著高于其它处理,T3、T1次之,T2与对照无显著差异;T5覆盖显著增加了蓝莓叶片叶绿素含量13.51%,其次为T2,其余处理与对照无显著差异(表5)。

表5 不同有机物地面覆盖后对蓝莓树体生长的影响

Table 5 Effects of different organic mulching treatments on the growth of blueberry

处理	新梢生长量/cm	单叶面积/cm ²	叶绿素/(mg·g ⁻¹)	净光合速率/(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)
T1	5.93±0.21b	12.97±0.36a	0.71±0.21cd	6.80±0.46bc
T2	4.30±0.78c	11.61±0.59b	0.80±0.06b	7.66±0.74ab
T3	6.07±0.85b	12.76±0.42a	0.77±0.13c	6.30±0.65c
T4	5.60±0.79b	12.14±0.81ab	0.67±0.07d	7.38±1.07ab
T5	8.93±0.81a	12.95±0.76a	0.84±0.19a	7.95±0.96a
CK	4.07±0.21c	9.58±0.45c	0.74±0.16c	4.95±0.81d

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

3 结论与讨论

土壤温度影响土壤中的碳氮等物质,决定土壤

资源质量,影响植物生长^[13]。地面覆盖有机物可使土壤温度与含水量“再次分配”,从而改善土壤小环境^[10]。春季覆盖能减缓果园土壤温度回升,能使果

树花期延后,避开“倒春寒”。当表层土壤温度高于25℃时,土壤水分蒸发量增大,水分损耗迅速,植物根系停止生长^[14]。地面覆盖对10 cm处土壤极端温度有缓解作用,使土壤月温差从15.34℃降低至11℃以下,在温度较高的春夏季节,覆盖可有效降低土壤温度,使土壤含水量维持在14%以上,在寒冷的秋冬季节,地面覆盖可提高土温,使土壤含水量维持在14%~17%范围内。锯末覆盖对土壤温度和含水量稳定性维持效果最优。与多数研究^[15~16]结论相近。有机物地表覆盖能显著提高表层土壤含水量,覆盖隔断了地面与大气直接的接触,阻止了水分蒸发,且覆盖物本身具有很强的持水能力,加大了土壤蓄水量,覆盖对防治短期干旱有重要意义。

覆盖物的不同使进入土壤的物质存在差异,覆盖物作为土壤的外源有机质,分解后增加了土壤的有机质,改变了土壤理化性质^[17]。地面覆盖有机物能改变土壤理化性状,处理之间差异显著。覆盖后土壤容重降幅达13%以上,T1和T5覆盖土壤有机质含量分别增加了33.77%和46.18%,T2和T3覆盖后有机质无显著差异。覆盖后的土壤养分含量与覆盖物本身所含物质的多少、是否易释放有关,易分解且富含营养元素的作物秸秆T5和T1能在较短时间内增加土壤水解氮、有效磷和速效钾,使其含量均增加了49%以上。有机物作为地面覆盖材料,能够增加土壤有机质含量,覆盖物有机质含量越高且越易分解的,在短期内对土壤有机质含量的增加效果越明显。

土壤C/N在添加作物秸秆后升高,促进植株生长发育和代谢水平^[18]。土壤水分充足,有利于矿质元素的吸收,促进植物光合作用和新陈代谢,使营养生长加快^[19]。覆盖1 a后,各覆盖处理新梢生长量、单叶面积和净光合速率均大于对照,由于本研究T5覆盖水热条件好,营养物质释放较快,所以T5蓝莓生长速率最大。

有机物覆盖土壤的变化是一个缓慢的过程,需要更为长期的处理才能显示规律,因而除对土壤温度和水分有明显影响外,不同覆盖物对土壤养分和植物生长未见明显规律,仅玉米秸秆覆盖能在试验时期内明显提高土壤养分含量和作物生长量,其他处理的个别指标之间规律性不明显,差异不显著。在1 a内,粉碎的玉米秸秆是几种材料中最适合山地黄壤兔眼蓝莓园土壤理化性质和树体生长的覆盖材料。

参考文献:

- [1] 李亚东,张志东,吴林.越桔优良品种北村引种初报[J].中国果树,2001(4):19~21.
- [2] 乌凤章.辽南地区越橘根系分布特征[J].西北林学院学报,2012,27(1):11~14.
WU F Z. Characteristics of root system of blueberry in south of Liaoning Province[J]. Journal of Northwest Forest University, 2012,27(1):11-14. (in Chinese)
- [3] 王慧亮,张慧琴,肖金平,等.蓝莓育种研究概况[J].浙江农业科学,2010(3):474~481.
- [4] 吴文勇.蓝莓的生物学特性及栽培技术[J].中国南方果树,2008,37(2):47~49.
WU W Y. The bio-characteristics of blueberry and its culture technology[J]. South China Fruit, 2008,37(2):47-49. (in Chinese)
- [5] 刘庆忠,魏海蓉.北高灌蓝莓的新品种及其栽培技术要点[J].落叶果树,2007(2):18~19.
- [6] 唐雪东,窦森,李亚东,等.玉米秸秆改土对越橘生长和产量的影响[J].北方园艺,2009(7):11~14.
- [7] 张松柏,夏俊海.果园地面覆盖有机物的生态效应[J].落叶果树,2010(2):18~19.
- [8] 高登涛,郭景南,魏志峰,等.果园覆盖对土壤质量和苹果生长发育的影响[J].果树学报,2010,27(5):770~777.
GAO D T, GUO J N, WEI Z F, et al. Effect of orchard mulch on soil quality, growth and development of apple trees[J]. Journal of Fruit Science, 2010,27(5):770-777. (in Chinese)
- [9] 王庆江,程福厚,赵志军.生草和覆盖对梨园土壤水分和结构的影响[J].中国农学通报,2010,26(9):259~262.
WANG Q J, CHENG F H, ZHAO Z J. Effects of grassing and mulching on soil water and structure of pear orchard[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26 (9): 259-262. (in Chinese)
- [10] 王中堂,彭福田,唐海霞,等.不同有机物料覆盖对桃园土壤理化性质及桃幼树生长的影响[J].水土保持学报,2011,25(1):142~146.
WANG Z T, PENG F T, TANG H X, et al. Effect of different organic coverage treatments on the soil properties of peach orchard and plant growth[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2011, 25 (1):142-146. (in Chinese)
- [11] 欧毅,王进,王银合,等.覆盖对山地甜柿园土壤性状及树体生长结果的影响[J].西北农业学报,2005,14(2):158~162.
OU Y, WANG J, WANG Y H, et al. Effect of mulch on soil characteristics, tree growth and fruiting in mountain persimmon orchard[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2005,14(2):158-162. (in Chinese)
- [12] 于强波,李亚东,苏丹,等.地面覆盖对越橘菌根侵染率及根系活力和过氧化物酶活性的影响[J].东北农业大学学报,2009,40(2):28~30.
YU Q B, LI Y D, SU D, et al. Effect of mulching on mycorrhizal infection, activity of root and POD activity of roots of blueberry[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2009,40(2):28-30. (in Chinese)
- [13] 张慧智,史学正,于东升.中国土壤温度的季节性变化及其区域分异研究[J].土壤学报,2009,46(2):227~233.
ZHANG H Z, SHI X Z, YU D S, et al. Seasonal and regional variations of soil temperature in China[J]. Acta Pedologica Sinica, 2009,46(2):227-233. (in Chinese)

218-224.

- [21] 刘常富,何兴元,陈玮,等.沈阳城市森林绿量测算[J].应用生态学报,2007,18(6):1208-1212.
- LIU C F, HE X Y, CHEN W, et al. Estimation of Shenyang urban forest green biomass[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(6): 1208-1212. (in Chinese)
- [22] 程琼,刘一志,王如德.变异系数的显著性检验[J].泰山医学院学报,2009,30(12):897-899.
- CHENG C, LIU Y Z, WANG R D. Significance test for coefficients of variation[J]. Journal of Taishan Medical College, 2009, 30(12): 897-899. (in Chinese)
- [23] 胡冬南,游美红,袁生贵,等.不同配方施肥对幼龄油茶的影响[J].西北林学院学报,2005,20(1):94-97.
- HU D N, YOU M H, YUAN S G, et al. The effect on young *Camellia oleifera* of different formula fertilization[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2005, 20(1): 94-97. (in Chinese)
- [24] 宋丽华,谢飞.不同配方施肥对4种园林植物幼树生长的影响[J].西北林学院学报,2013, 28(2):26-31.
- SONG L H, XIE F. Effects of different formulated fertilizations on the growth of landscape trees[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(2): 26-31. (in Chinese)
- [25] 于守超,张秀省,冀芦莎.基于Photoshop CS5的植物叶面积测定方法[J].湖北农业科学,2012,51(15):3340-3342.
- YU S C, ZHANG X S, JI L S. A method for leaf area measurement of plant based on photoshop CS5 software[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2012, 51(15): 3340-3342. (in Chinese)
- [26] 江明,刘辉,黄欢.图像二值化技术的研究[J].软件导刊,2009,8(4):175-177.
- [27] 张恒敢,杨四军,顾克军,等.应用数字图像处理测定作物叶面积的简便方法[J].江苏农业科学,2002(3):20-21.
- [28] 王忠芝,张金瑞.基于图像处理的叶面积测量方法[J].微计算

机应用,2010,31(5):68-72.

- WANG Z Z, ZHANG J R. A measurement approach of leaf area based on digital image processing [J]. Microcomputer Applications, 2010, 31(5): 68-72. (in Chinese)

- [29] 陈圣林,吴志华,马生健.基于数字图像处理的桉树叶面积分析[J].桉树科技,2006,23(1):6-10.
- [30] 卓丽环,陈龙清.园林树木学[M].北京:中国农业出版社,2004.
- [31] 冯冬霞,施生锦.叶面积测定方法的研究效果初报[J].中国农学通报,2005,21(6):150-152.
- FENG D X, SHI S J. Research on night measurement methods of leaf area[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21 (6): 150-152. (in Chinese)
- [32] 袁继超,孙晓辉,马均.汕优63蓄留再生稻的叶片生长与叶面积[J].西南农业学报,1996,9(4):6-11.
- YUAN J C, SUN X H, MA J. Leaf growth and leaf area of ratooning rice from medium hybrid rice Shanyou 63[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 1996, 9(4): 6-11. (in Chinese)
- [33] 高君亮,罗凤敏,赵英铭,等.乌兰布和沙漠绿洲3种杨树比叶面积和叶干物质含量研究[J].西北林学院学报,2016,31(1):15-20.
- GAO J L, LUO F M, ZHAO Y M, et al. Specific leaf area and leaf dry matter content of three kinds of poplar in Ulan Buh desert oasis[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016, 31(1): 15-20. (in Chinese)
- [34] 孙耘子,蒋有条.茎用莴苣不同生长阶段的叶面积估算方法[J].上海交通大学学报:农业科学版,2001,19(4):296-299.
- SUN Y Z, JIANG Y T. Estimation of leaf area of stem lettuce at different growth stages[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University: Agricultural Science, 2001, 19(4): 296-299. (in Chinese)

(上接第82页)

- [14] 黄金辉,廖允成,高茂盛,等.耕作和覆盖对黄土高原果园土壤水分和温度的影响[J].应用生态学报,2009,20(11):2652-2658.
- HUANG J H, LIAO Y C, GAO M S, et al. Effects of tillage and mulching on orchard soil moisture content and temperature in Loess Plateau[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(11): 2652-2658. (in Chinese)
- [15] 吴佳,孙丙寅,王敏.地面覆盖对花椒林生理生态效应的影响[J].西北林学院学报,2005,20(4):27-30.
- WU J, SUN B Y, WANG M. The ecological and physiological effect of different ground covering in *Zanthoxylum bungeanum* Forest [J]. Journal of Northwest Forest University, 2005, 20(4): 27-30. (in Chinese)
- [16] 商侃侃.不同覆盖处理对红花槭种植土壤及植株生长的影响[J].西北林学院学报,2014,29(3):53-56.
- SHANG K K. Effects of different mulches on soil properties and growth of *Acer rubrum* [J]. Journal of Northwest Forest University, 2014, 29(3): 53-56. (in Chinese)

- [17] 罗友进,赵光,高明,等.不同植被覆盖对土壤有机碳矿化及团聚体碳分布的影响[J].水土保持学报,2010,24(6):117-122.
- LUO Y J, ZHAO G, GAO M, et al. Organic carbon distribution in aggregates and soil organic carbon mineralization in different vegetation covering[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2010, 24(6): 117-122. (in Chinese)
- [18] 赵珊珊,李亚东,张志东,等.秸秆改良土壤对越橘叶片生理指标的影响[J].东北农业大学学报,2009,40(11):47-51.
- ZHAO S S, LI Y D, ZHANG Z D, et al. Effect of soil straw amendment on leaf physiological characteristics of blueberries [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2009, 40 (11): 47-51. (in Chinese)
- [19] 张永丽,于振元.灌水量对小麦氮素吸收、分配、利用及产量与品质的影响[J].作物学报,2008,34(5):870-878.
- ZHANG Y L, YU Z W. Effects of irrigation amount on nitrogen uptake, distribution, use, and grain yield and quality in wheat[J]. Acta Agronomica Sinica, 2008, 34(5): 870-878. (in Chinese)