

保水剂结合豌豆翻压对季节性干旱区新垦植烟土壤的改良效应及烤烟品质的影响

李霞^{1,2}, 张丹¹, 青会^{1,2}, 李欣³, 杨洋⁴

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 中国科学院近代物理研究所, 兰州 730000; 4. 四川省烟草公司宜宾分公司, 四川 宜宾 644400)

摘要: 研究了保水剂(Guilspare)施用量(0, 2, 4, 6 L/m²)结合豌豆(*Pisum sativum* Linn)翻压对攀枝花平地镇新垦植烟土壤保水能力、土壤培肥和烤烟农艺性状、经济性状及化学成分的影响。结果表明:保水剂可使土壤的失水过程显著减慢,保水效果 4 L/m² > 6 L/m² > 2 L/m²。保水剂结合豌豆翻压降低了土壤 pH, 提高了土壤有机质、总氮、总磷、有效氮、有效硼和速效钾含量, 4 L/m² 保水剂可增加土壤有机质含量 6.1~28.3 倍, 保水剂主要通过增加翻压豌豆的生物量提高土壤肥力, 进而影响烤烟农艺性状, 4 L/m² 保水剂结合豌豆翻压使烤烟叶厚度或叶质重增加, 2 L/m² 保水剂结合豌豆翻压使烤烟产量增加了 10.30%, 保水剂结合豌豆翻压提高了烤烟单叶质量和产量。在烤烟化学指标方面, 6 L/m² 保水剂结合豌豆翻压处理烤烟中部叶的总氮和钾含量分别为 1.67%, 2.24%, 均达到优质烟水平(总氮含量 1.5%~2.5%, 钾含量 > 2.0%), 保水剂结合豌豆翻压降低了烤烟糖碱比, 提高了氯钾比, 使烤烟内酸性物质和碱性物质之间趋于平衡, 增加了化学成分的协调性。保水剂结合绿肥增加了烤烟下部叶的综合质量, 降低了上部叶和中部叶的综合质量, 可能与新垦植烟土壤中部叶和上部叶生长期靠后而得到的土壤水分和肥力供给不足有关。

关键词: 保水剂; 豌豆; 土壤改良; 烤烟品质

中图分类号: S572.6; S572.7

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2019)01-0288-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2019.01.045

Impact of Water Retention Agent Combined with *Pisum sativum* Linn Application on Improvement of Newly Cultivated Soil and Flue-cured Tobacco Quality in Seasonal Drought Area

LI Xia^{1,2}, ZHANG Dan¹, QING Hui^{1,2}, LI Xin³, YANG Yang⁴

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041; 2. University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049; 3. Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000; 4. Sichuan Tobacco Corporation Yibin Branch, Yibin, Sichuan 644400)

Abstract: The effect of water retaining agent (Guilspare) of different dosage (0, 2, 4 and 6 L/m²) combined with *Pisum sativum* Linn returning to field on soil water retention capacity, fertilizing ability, tobacco agronomic and economic characters and chemical composition were investigated in town of Pingding. The results showed that water retaining agent significantly slowed the water loss process of soil, soil retention capacity were 4 L/m² > 6 L/m² > 2 L/m². Water retaining agent reduced soil pH, increased the contents of soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus, available nitrogen, available boron and potassium, 4 L/m² water retaining agent combined with green manure returning enhanced soil organic matter content of 6.07~28.3 times compared to single green manure return, soil fertility improved mainly because of the increased biomass of *Pisum sativum* Linn. 4 L/m² water retaining agent with *Pisum sativum* Linn returning to field increased the thickness or weight of tobacco leaves which improved the quality of flue-cured tobacco. The rose output of 4 L/m² treatment was by 10.30%. As to the influence of water retaining agent with *Pisum sativum* Linn returning on chemical composition of flue-cured tobacco, the nitrogen and potassium content in middle leaves

收稿日期: 2017-12-17

资助项目: 中国烟草总公司四川省公司重点科技项目(SCYC201504); 国家自然科学基金项目(41571315)

第一作者: 李霞(1982—), 女, 硕士, 实验师, 主要从事环境污染修复研究。E-mail: lixia@imde.ac.cn

通信作者: 张丹(1962—), 博士, 研究员, 主要从事重金属污染水处理和污染土壤修复研究。E-mail: daniezhang@imde.ac.cn

were 1.67% and 2.24% processing with 6 L/m² water retaining agent with *Pisum sativum* Linn return, had reached the level of high-quality tobacco (the total nitrogen content of 1.5%~2.5%, potassium >2.0%), furthermore, it reduced the ratio of sugar and nicotine, increased the ratio of chlorine and potassium, by which increased the coordination of acid and alkaline substances in flue-cured tobacco. The application of water retaining agent with green manure returning increased the comprehensive quality of the lower leaves, and reduced the quality of the upper and the middle leaves, it might be caused by the shortage of soil moisture and fertility supplied to the middle and upper leaves in soil of newly reclaimed land.

Keywords: water retention agent; *Pisum sativum* Linn; soil improvement; flue-cured tobacco quality

中国是世界上烟田面积最大的国家,烤烟在中国国民经济中占有重要席位,四川攀西烤烟种植质量较好,年烤烟量占四川省全年产量的 70%以上^[1],在当地农业经济结构中具有重要地位。攀枝花植烟区季节性干旱明显,烟草生长前期降水较少,中后期较多,而烤烟生长对水分非常敏感,前期的干旱会导致烟株生长过慢,对烤烟发育后期甚至烤后烟叶的质量都有影响,尤其新垦植烟土壤存在着土壤板结、养分贫瘠及养分失衡等问题,是降低烤烟产量和品质的重要因子^[2],严重地制约了当地烤烟生产的发展。如何提高干旱、半干旱植烟区降水资源利用效率,保障烤烟产量与品质,是该地区烤烟种植的难题。农用保水剂具有高吸水 and 超强保水能力,有利于移栽烟苗成活、定根及增强烟叶的光合作用能力和安全无污染等优点,在提高旱区水资源的高效利用方面具有广阔前景。

目前,烤烟种植多施用合成肥料,带来了地表和地下水污染等问题^[3],绿肥因其可避免环境污染,还能提高土壤养分水平等优势,吸引了许多学者对土壤的绿肥培肥进行系统研究^[3-4],特别是旱地耕作中常采用绿肥提高土壤肥力,改善土壤结构^[5],种植绿肥已成为目前烤烟种植地土壤改良的重要手段^[2]。我国烟区土壤很大部分都同时面临的干旱缺水、养分贫瘠、化肥不合理施用等复合问题,而关于综合解决植烟土壤水、肥问题的研究却很少^[6]。

本研究通过分析保水剂(Guilspare)不同剂量(0, 2, 4, 6 L/m²)结合豌豆(*Pisum sativum* Linn)翻压对攀枝花平地镇新垦植烟土壤的保水能力、培肥能力和烤烟的农艺性状、经济性状及化学成分的影响,阐明保水剂结合绿肥施用后植烟土壤水分动态变化规律、绿肥的土壤培肥机理以及对烤烟综合质量的影响,为季节性干旱区新垦植烟土壤的水肥改良提供科学建议。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

四川省攀枝花市仁和区平地镇(26°05′—27°21′ N, 108°08′—102°15′ E),海拔 937~2 367 m,属南亚

热带亚湿润气候,分旱、雨两季,年降水量 760~1 200 mm,旱季长(当年 11 月至翌年 5 月),雨季(6—10 月)降水量红占全年降水量的 90%,是典型的季节性干旱区。本研究试验地为新垦植烟地坡式梯田,坡度 10°~25°,易造成水土流失,土壤有机质、全氮、全磷、全钾含量分别为 3.93, 0.64, 2.36, 31.92 g/kg, pH 为 8.35,土壤贫瘠导致烟草生长不良。

1.2 供试材料

选取的保水剂 Guilspare 能够有效降低沙漠中植物水分蒸发,适合干旱地区使用^[7]。供试绿肥豌豆与其他作物轮作、套作可增加后作作物产量。烟农在烤烟种植休闲期,多种植豌豆以增加收入。

1.3 试验设计

试验设置 4 个处理,施用保水剂浓度分别为 0 (对照), 2, 4, 6 L/m²,每个处理 3 次重复,小区大小为 3 m×5 m。2015 年 10 月 28 日豌豆播种后,保水剂以喷施方式一次性施入。2016 年 3 月豌豆成熟,收割后翻压入各小区。

1.4 样品采集

在保水剂喷洒后的第 10, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180 天采集土样进行土壤含水量分析。豌豆翻压入土 1 个月后,采集土样进行理化性质的测定。各小区均取表层(0—20 cm)土壤,采用五点取样法,剔除石砾和植物残根等杂物,过 2 mm 筛,实验室风干待测。供试烤烟品种为“云烟 87”,2016 年 5 月烟苗移栽,7 月植株打顶后分别采集上部叶、中部叶、下部叶,将烤好的不同部位烟叶样品在 40 ℃下烘 5 h,粉碎后过 40 目筛用于化学品质分析。2016 年 10 月烤烟烘烤、定级完毕后,整理各小区的经济性状指标。

1.5 分析测定指标及方法

1.5.1 土壤水分、养分含量测定 土壤 pH 用电位法(水土比 2.5:1)测定;有机质含量用重铬酸钾容量法测定;总氮用半微量开氏法测定;碱解氮用扩散法测定;总磷用钼锑抗比色法测定;有效磷含量用 0.5 mol/L 的碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法测定;全钾用火焰光度法测定;速效钾含量用 1 mol/L 醋酸铵浸提火

焰光度计法测定;有效硼用沸水浸提电感耦合等离子体发射光谱仪法测定^[8]。

1.5.2 农艺性状 在植株生长期,根据 YC/T 142—2010《烟草农艺性状调查测量方法》^[9]进行烟草农艺性状调查,在小区内随机选取 10 株生长势相近的植株对株高、茎围、节距、叶面积系数、单叶质量进行测量测算。

1.5.3 烟草经济性状评价 由攀枝花烟草公司员工参照 GB 2635—92 烤烟标准^[10]进行分级,记录各小区产量、上中等烟比例。

1.5.4 烟叶化学品质分析 采用 MPA 型近红外光谱仪(Bruker,德国)对供试样品进行近红外光谱扫描,利用近红外预测模型计算得到样品中化学成分含量,包括总糖、还原糖、总碱、总氮、氯和钾,并根据测试的化学指标计算糖碱比、氮碱比、钾氯比等派生指标值。利用杜文等^[11]方法对本次试验地的烟叶质量进行评价。

根据公式(1)~公式(6)计算出各处理不同部位烟叶的综合质量。

$$AS_{\text{还原糖}} = 100 \times e^{-\left(\frac{A_{\text{还原糖}} - AC_{\text{还原糖}}}{1.5 \times AV_{\text{还原糖}}}\right)^4} \quad (1)$$

$$AS_{\text{总碱}} = 100 \times e^{-\left(\frac{A_{\text{总碱}} - AC_{\text{总碱}}}{1.5 \times AV_{\text{总碱}}}\right)^4} \quad (2)$$

$$AS_{\text{糖碱比}} = 100 \times e^{-\left(\frac{A_{\text{糖碱比}} - AC_{\text{糖碱比}}}{1.6 \times AV_{\text{糖碱比}}}\right)^4} \quad (3)$$

$$AS_{\text{氮}} = 100 \times e^{-\langle A_{\text{氮}} \times 0.7 \rangle^4} \quad (4)$$

$$AS_{\text{钾}} = 100 \times [1 - e^{-\langle A_{\text{钾}} \times 0.7 \rangle^2}] \quad (5)$$

$$AS = \sum_{i=1}^N (AS_i \times W_i) \quad (6)$$

式中: AS_i 为化学成分指标*i*的隶属度函数值; A_i 为测定值; AC_i 为最佳值; AV_i 为设定阈值。最佳值 AC_i 和阈值 AV_i 由优质烤烟中各组分含量确定,分别为 $AC_{\text{还原糖}}=20$, $AV_{\text{还原糖}}=2.0$; $AC_{\text{总碱}}=2.3$, $AV_{\text{总碱}}=0.5$; $AC_{\text{糖碱比}}=10$, $AV_{\text{糖碱比}}=2.0$; W_i 为指标在综合评价中所占的权重,分别为 $W_{\text{还原糖}}=0.25$, $W_{\text{总碱}}=0.25$, $W_{\text{糖碱比}}=0.25$, $W_{\text{氮}}=0.125$, $W_{\text{钾}}=0.125$; AS 为烤烟的综合化学品质质量。

2 结果与分析

2.1 保水剂结合豌豆翻压对土壤含水量的影响

由图 1 可知,豌豆翻压结合保水剂可抑制土壤含水量的下降,试验进行到第 45 天,对照组土壤含水量降低最大,而施用 2,4,6 L/m² 保水剂的土壤含水量分别高于对照 15.51%,46.93%,32.41%。第 60 天时,由于降雨导致土壤含水量呈现一定幅度的上升,但施用保水剂 2,4,6 L/m² 处理的土壤含水量仍分别高于对照 12.60%,36.76%,20.71%。第 90 天时,施用 4,6 L/m²

保水剂的土壤含水量分别高于对照 45.00%和 31.97%,均达到显著水平($P<0.05$),2 L/m² 保水剂对土壤含水量影响不大,保水作用在第 90 天后消失。第 120 天,施用 6 L/m² 保水剂的土壤含水量与对照没有显著差异,而 4 L/m² 保水剂土壤含水量仍显著高于对照($P<0.5$)。在 180 天保水试验期内,4 L/m² 保水剂保水效果良好,在前 150 天土壤含水量基本呈抛物线关系,后期保水作用逐渐消失,土壤含水量及保水持续性 4 L/m²>6 L/m²>2 L/m²。

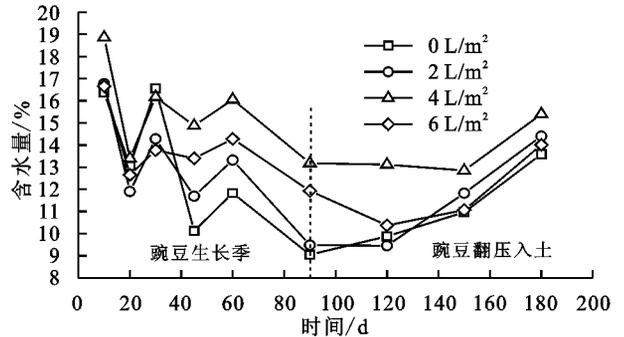


图 1 不同剂量保水剂结合豌豆对烤烟种植地土壤含水量的动态变化

2.2 保水剂结合豌豆翻压对肥力的影响

土壤肥力是烤烟生长的重要因子。由表 1 可知,4,6 L/m² 保水剂结合豌豆翻压降低了土壤 pH,4 L/m² 降低幅度大于 6 L/m²,2 L/m² 无明显降低,已有研究^[12-15]发现,6 种绿肥翻压 pH 降低以黑麦草和箭舌豌豆最大,烟草生长最适 pH 为 5.5~6.5,保水剂结合豌豆翻压降低土壤 pH 可促进烟株的生长发育,对土壤养分转化及其有效性产生影响,进而影响作物产量和质量。与对照相比,施用 4 L/m² 保水剂使土壤有机质、全氮和总磷含量分别提高了 24.9%,4.22%,7.81%。赵炯平等^[16]研究也发现,箭舌豌豆翻压可有效提高植烟土壤有机质含量,保水剂与绿肥结合较单独绿肥更能促进土壤有机质增加,增幅为 6.1~28.3 倍。保水剂结合豌豆翻压对土壤养分的促进作用与豌豆翻压入土的地上生物量的增加(表 2)有关,豌豆翻压可在不影响烟株正常生长的情况下增加土壤肥力,进而增强土壤渗透性、孔隙度、土壤结构、持水能力和离子交换能力性能^[5]。由表 1 可知,新垦植烟土壤中有有效硼和有效磷含量均能满足烤烟生长的需求,而有效氮和速效钾的含量低于烤烟最佳生长要求(优质烤烟有效氮、有效硼、速效钾和有效磷的适宜含量分别为 25~45,0.5,120~180,10~20 mg/kg^[17-18])。6 L/m² 保水剂结合豌豆翻压使土壤有效氮、有效硼和速效钾含量分别增加了 35.92%,14.74%和 20.73%,保水剂通过为绿肥在干旱土壤中的分解、转化等一系列生化反应提供更为充足的水分,促进绿肥中有

效成分转化为土壤无机元素或被地上植物吸收,提高绿肥对土壤的培肥效果。土壤有效态成分含量随

着保水剂用量的增加呈抛物线关系,与土壤含水量的变化趋势一致。

表 1 保水剂结合豌豆对土壤养分的影响

保水剂施用量/ (L·m ⁻²)	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹)	总氮/ (g·kg ⁻¹)	水解性氮/ (mg·kg ⁻¹)	总磷/ (g·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	有效硼/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
0	8.35a	5.83b	0.71ab	10.97a	0.58a	17.10a	1.56a	74.58b
2	8.41a	4.9 b	0.69ab	11.41a	0.52a	16.34a	0.92b	55.68ab
4	8.27a	7.28a	0.74a	14.48a	0.62a	16.37a	1.59a	84.88bc
6	8.16a	4.9 b	0.59b	14.91a	0.48b	14.25b	1.79a	90.04a

注:同列不同小写字母表示各处理差异显著($P<0.05$)。下同。

表 2 保水剂对豌豆地上生物量的影响

保水剂施用量/(L·m ⁻²)	地上生物量/kg
0	29.83a
2	30.94a
4	31.73a
6	31.54a

2.3 保水剂结合豌豆对烤烟农艺性状的影响

保水剂结合豌豆翻压对烤烟农艺性状影响显著,农艺性状是烟株内在协调性的重要外在表现,单叶质量与烟碱和香气关系密切,贡献率分别为 88.73%, 87.59%^[19]。由表 3 可知,4 L/m² 保水剂结合豌豆翻压使烤烟单叶质量显著增加了 7.94% ($P<0.05$),叶面积指数减少了 1.57%,因此,烤烟单位叶面积的叶厚度或叶质重增加^[20],这有利于提高烤烟烟碱含量及香气。6 L/m² 保水剂结合豌豆翻压使烤烟叶面积系数显著增加了 27.36% ($P<0.05$),降低了单位叶面积内烟叶的厚度或叶质重,从而降低了烤烟烟碱及香气等指标。本试验烤烟叶质重随保水剂用量的增加呈抛物线变化,与土壤含水量变化趋势一致,保水剂通过增加土壤含水量,提高增加翻压绿肥生物量,进而提高了烤烟叶质重,优化了烤烟农艺性状。

表 3 保水剂结合豌豆对烤烟农艺性状的影响

保水剂施用量/ (L·m ⁻²)	株高/ cm	节距/ cm	茎围/ cm	单叶 质量/g	叶面积 系数
0	112.7a	5.32a	9.56a	8.35c	3.18c
2	118.3a	5.35a	9.95a	8.76b	3.74b
4	114.7a	5.45a	9.43a	9.07a	3.13c
6	116.9a	5.30a	8.65b	9.07a	4.05a

2.4 保水剂结合豌豆对烤烟经济性状的影响

由表 4 可知,2 L/m² 保水剂结合豌豆翻压使烤烟产量显著增加了 10.30%,低剂量保水剂对烟叶产量的提升有一定的作用^[21],江智敏等^[22]研究表明,翻压箭舌豌豆增产效果优于光叶紫花苕、满园花、冬牧 70、普通黑麦草及紫云英等 6 种绿肥。6 L/m² 保水剂结合豌豆翻压使中上等烟比例显著高于其他处理 ($P<0.05$),说明保水剂结合翻压绿肥有利于提高烟叶质量。烤烟产量和质量提高最有效的保水剂施用浓度为 2,6 L/m²,

应进一步优化培肥和保水剂剂量配比,同步提高产量与优质烟比例,使经济和生态效益最大化。

表 4 保水剂结合豌豆对烤烟经济性性状的影响

保水剂施用量/ (L·m ⁻²)	产量/ (kg·km ⁻²)	中上等烟 比例/%
0	2.45×10 ⁵ b	87.96b
2	2.71×10 ⁵ a	88.24b
4	2.49×10 ⁵ b	87.55b
6	2.62×10 ⁵ ab	91.23a

2.5 保水剂联合豌豆对烤烟化学品质及协调性的影响

烟叶化学成分中的总糖、还原糖、总碱和总氮等指标与吸味有关,氯和钾的含量与烟叶的燃烧性直接相关^[11],还有一些二级指标如糖碱比、糖氮比和氮碱比能反映烟气中酸性物质和碱性物质之间的平衡状况,也是衡量烟叶内在品质的重要指标。

2.5.1 保水剂结合豌豆翻压对烤烟总氮、烟碱及氮碱比的影响 由图 2 可知,与对照相比,6 L/m² 保水剂结合豌豆翻压使烤烟中部叶总氮含量高于对照 24.63%,达到优质烟叶水平(总氮含量 1.5%~2.5%),上部叶总氮含量较对照有所减少,本试验总氮含量没有随着叶位的升高增加,与部分研究^[23]结果不同,这是由于上部叶长出时间晚于中部叶和下部叶,而新垦植烟土壤提供的肥力有限,豌豆翻压产生的物质和能量在供给烤烟下部叶和中部叶生长所需后,不足以保证上部叶生长营养供给所致。

与对照相比,各剂量保水剂结合豌豆翻压使烤烟中部叶与下部叶烟碱含量有不同程度的提高,整体在 1.1%~1.5%,烟碱含量中部叶>下部叶>上部叶,这与总氮在各叶位的分布规律一致,豆科植物具有良好的供氮能力,可提供烤烟生长所需氮素,中部叶和下部叶氮含量与烟碱含量呈正相关关系^[24],上部叶烟碱含量低于对照,这与提高供肥可增加上部烟叶氮和烟碱含量的报道^[25]结果不同,推测与试验地肥力贫瘠、对上部叶生长供肥乏力有关。各剂量保水剂烟叶氮碱比无明显差别,总体在 0.97~1.20,达到优质烟标准(氮碱比≈1),但烟碱含量低于优质烟水平(烟

碱含量 1.8%~2.8%),应进一步提高新垦植烟土壤供肥水平以保证植株生长各阶段肥力供应。

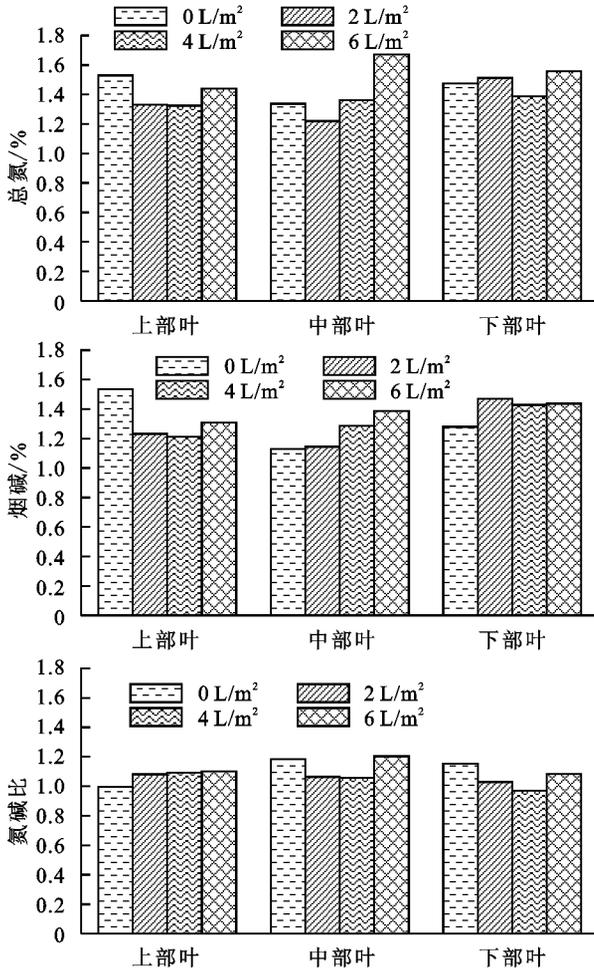


图 2 保水剂结合豌豆对烤烟总氮、烟碱、氮碱比的影响

2.5.2 保水剂结合豌豆对烤烟总糖、还原糖及糖碱比的影响 由图 3 可知,本试验烤烟总糖含量随着叶位的升高而降低,总糖和还原糖含量分别在 25.91%~43.86%,25.93%~36.20%,均高于优质烤烟(总糖和还原糖分别为 20%~25%,18%~22%^[11]),4 L/m² 保水剂结合豌豆翻压处理中部叶总糖和还原糖含量随着保水剂浓度的增加而降低,而下部叶则显著提高,说明保水剂结合绿肥翻压对各叶位的总糖和还原糖影响不同,有研究^[26]表明,还原糖和总糖含量随叶片部位的提高而降低,本试验中,保水剂结合豌豆翻压仅能减少中部叶总糖的积累,这可能也是肥力贫瘠带来的其他生长限制作用所致。各剂量保水剂结合豌豆翻压均能不同程度降低中部叶糖碱比,增加上部叶和下部叶的总糖及还原糖含量,导致烤烟糖含量过高,糖碱比超过优质烟草的 2.4~2.6 倍(优质烤烟为 8~12^[11]),使化学品质的协调性降低,而中部叶糖含量随着保水剂浓度的增加而减少,糖碱比趋近优质烟的范围。

2.5.3 保水剂结合绿肥对烤烟钾、氯及钾氯比的影响 钾可催化光合作用、ATP 生成、糖的转换及蛋白

合成等显著影响烤烟质量的生化过程。氯是影响烟叶吸湿性和燃烧性的重要指标,氯钾比为衡量燃烧性指标,优质烤烟中钾>2.0%,氯<0.8%,钾氯比 4~10^[21]。由图 4 可知,烤烟中钾和氯的含量分别在 1.01%~2.14%,0.62~2.86%,钾含量在上部叶随着保水剂浓度的增加而降低,而中部叶则随着保水剂浓度的增加而升高,其中,6 L/m² 保水剂结合豌豆翻压使中部叶钾含量提高 2.24%,达到优质烟水平(钾>2.0%^[21])。氯含量在各保水剂浓度条件下没有明显的趋势,本试验氯钾比在 0.55~2.21,均未达到优质烤烟水平(4~10),但较对照均有不同程度提高,这验证了保水剂结合豌豆翻压提高了土壤速效钾含量的结果,土壤供钾能力提高为烤烟生长提供了充足的钾。

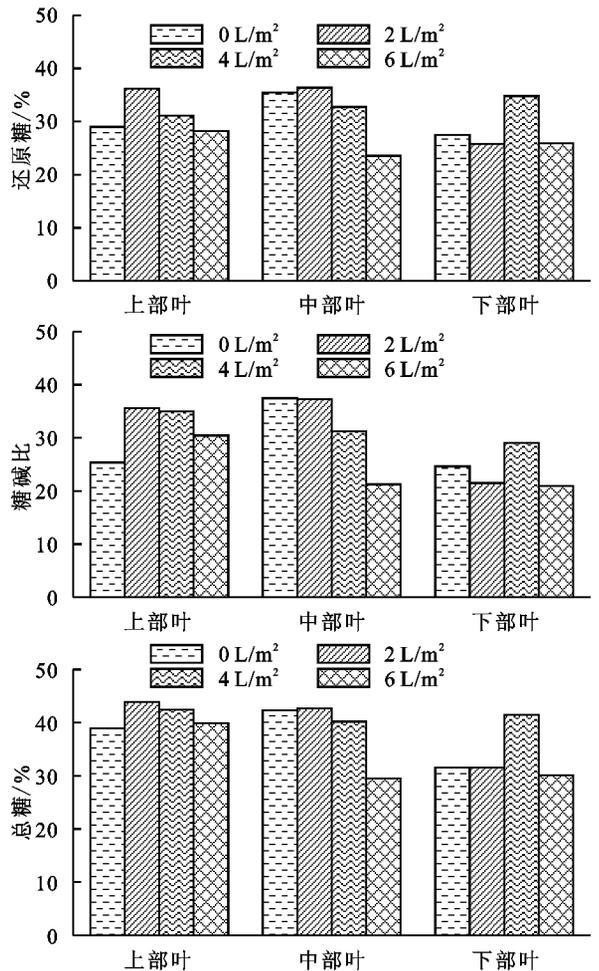


图 3 保水剂结合豌豆对烤烟总糖、还原糖、糖碱比的影响

由图 5 可知,本试验烤烟综合质量上部叶>下部叶>中部叶,保水剂结合绿肥增加了下部叶的综合质量,而降低了上部叶和中部叶的综合质量,下部叶综合质量随着保水剂浓度的提高而降低,低浓度保水剂对烤烟下部叶质量提高更有利。推测中部叶和上部叶的综合质量低于对照组与烟株生长后期土壤水分和肥力供给不足有关。今后可逐步提高新垦植烟土壤肥力供应水平,以进一步探讨烟株在有充足养分供应条件下保水剂结合绿肥对烤烟整体综合质量的影响规律。

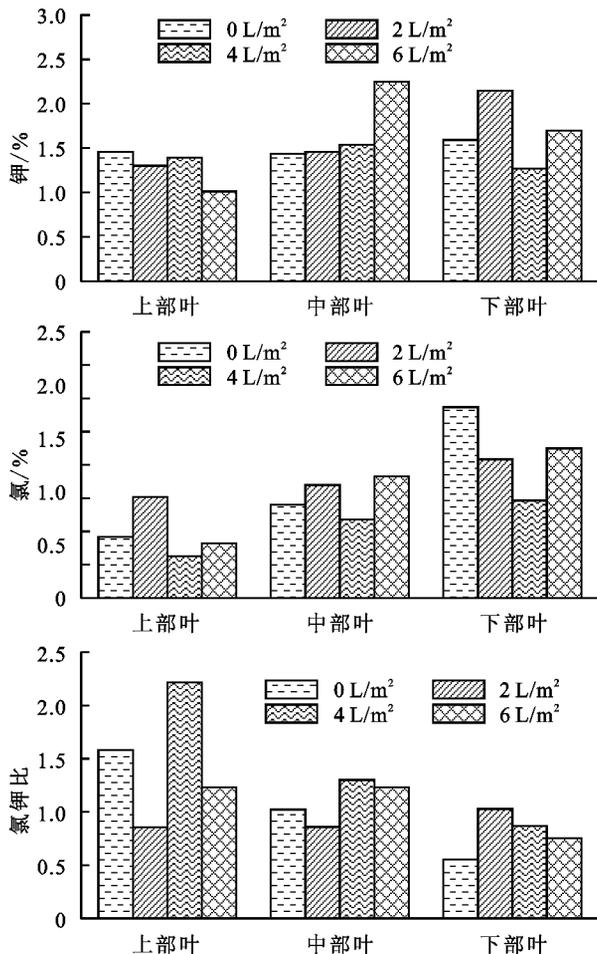


图 4 保水剂结合豌豆对烤烟钾含量、氮含量和钾氮比的影响

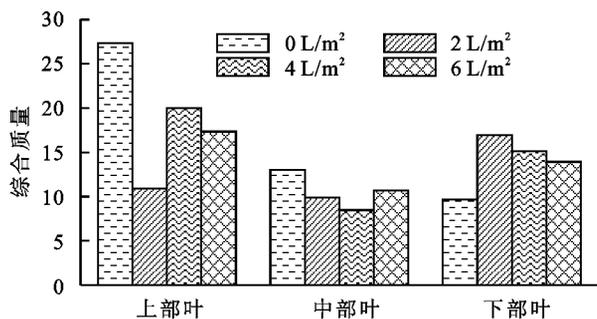


图 5 保水剂结合豌豆对烤烟综合质量的影响

3 结论

(1) 保水剂有效减缓了新垦的季节性干旱区植烟土壤的失水过程, 试验前 150 天土壤含水量基本呈抛物线关系, 后期保水作用逐渐消失, 保水效果 $4 \text{ L/m}^2 > 6 \text{ L/m}^2 > 2 \text{ L/m}^2$ 。

(2) 保水剂结合豌豆翻压降低了烟田土壤 pH, 提高了土壤有机质、总氮、总磷、有效氮、有效硼和速效钾含量, 与单独豌豆翻压相比, 4 L/m^2 保水剂结合豌豆翻压使土壤有机质含量的提高了 6.1~28.3 倍。土壤有效态成分含量也随着保水剂剂量的增加而增大, 保水剂对土壤肥力的改善是通过为豌豆生长提供较为充足的水分, 以增加豌豆翻压的地上生物量来实现。

(3) 保水剂结合豌豆翻压通过改良烟田土壤, 进

而影响烤烟农艺性状。 4 L/m^2 保水剂结合豌豆翻压增加了烤烟叶厚度或叶质重, 提高了烤烟单叶质量, 而 6 L/m^2 使叶厚度或叶质重减少, 降低了烟叶质量, 叶质重随保水剂用量的增加呈抛物线关系, 与土壤含水量变化趋势一致。保水剂结合绿肥增加了下部叶的综合质量, 而降低了上部叶和中部叶的综合质量, 保水剂对烤烟下部叶质量提高更有利, 可能与新垦植烟土壤中部叶和上部叶生长期靠后得到的土壤水分和肥力供给不足有关。

参考文献:

- [1] 王勇. 中低山区植烟土壤主要肥力因子空间变异特征及地形因素影响研究[D]. 四川 雅安: 四川农业大学, 2008.
- [2] 敬海霞, 曹安全, 张登荣, 等. 翻压绿肥对烤烟大田生长及烤后烟产值效益的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(1): 155-159.
- [3] Bilalis D, Karkanis A, Efthimiadou A, et al. Effects of irrigation system and green manure on yield and nicotine content of Virginia (flue-cured) Organic tobacco (*Nicotiana tabacum*), under Mediterranean conditions [J]. Industrial Crops and Products, 2009, 29(2/3): 388-394.
- [4] 田峰, 陆中山, 邓小华, 等. 湘西烟区翻压不同绿肥品种的生态和烤烟效应[J]. 中国烟草学报, 2015, 21(4): 56-62.
- [5] Hermiyanto B, Winarso S, Kusumandaru W. Soil chemical properties index of tobacco plantation land in jember district [J]. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 2016, 9: 181-190.
- [6] 徐露, 张丹, 青会, 等. 保水剂结合黑麦草绿肥对烟田土壤的改良效应及烤烟品质的影响[J]. 山地学报, 2017, 35(5): 727-733.
- [7] 李杨. 保水剂与肥料及土壤的互作机理研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2012.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [9] 国家烟草专卖局. YC/T 142—2010 烟草农艺性状调查测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [10] 国家烟草专卖局. GB 2635—92 烟草[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992.
- [11] 杜文, 谭新良, 易建华, 等. 用烟叶化学成分进行烟叶质量评价[J]. 中国烟草学报, 2007, 13(3): 25-31.
- [12] 邓小华, 石楠, 周米良, 等. 不同种类绿肥翻压对植烟土壤理化性状的影响[J]. 烟草科技, 2015, 48(2): 7-10.
- [13] 胡国松, 郑伟, 王震东, 等. 烤烟营养原理[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [14] 刘国顺, 罗贞宝, 王岩, 等. 绿肥翻压对烟田土壤理化性状及土壤微生物量的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 95-98.
- [15] Morgenstern P, Bruggeman L, Meissner R, et al. Capability of a XRF method for monitoring the content of the macronutrients Mg, P, S, K and Ca in agricultural crops [J]. Water, Air and Soil pollution, 2010, 209(1/4): 315-322.

- [6] 乔俊,赵建国,解谦,等. 纳米炭材料对作物生长影响的研究进展[J]. 农业工程学报,2017,33(2):162-170.
- [7] 胡梓超,周蓓蓓,王全九. 模拟降雨条件下纳米碳对黄土坡面养分流失的影响[J]. 水土保持学报,2016,30(4):1-6,12.
- [8] 汪玉洁,陈日远,刘厚诚,等. 纳米材料在农业上的应用及其对植物生长和发育的影响[J]. 植物生理学报,2017,53(6):933-942.
- [9] 李小龙,孙占伟,过伟民,等. 纳米碳增效肥料对烟草农艺性状和经济指标的影响[J]. 土壤,2016,48(4):831-834.
- [10] Alia D S, Castillo-Michel H, Hernandez-Viezcas J A, et al. Synchrotron micro-XRF and micro-XANES confirmation of the uptake and translocation of TiO_2 nanoparticles in cucumber (*Cucumis sativus*) plants [J]. Environmental Science and Technology, 2012, 46 (14): 7637-7643.
- [11] Yuan Z D, Zhang Z M, Wang X P, et al. Novel impacts of functionalized multi-walled carbon nanotubes in plants: Promotion of nodulation and nitrogenase activity in rhizobium-legume system [J]. Nanoscale, 2017, 9(28):9921-9937.
- [12] Khodakovskaya M V, Kim B S, Kim J N, et al. Carbon nanotubes as plant growth regulators: Effects on tomato growth, reproductive system, and soil microbial community [J]. Small, 2013, 9(1): 115-123.
- [13] Khodakovskaya M V, Silva K D, Biris A S, et al. Carbon nanotubes induce growth enhancement of tobacco cell [J]. Acs Nano, 2012, 6(3): 2128-2135.
- [14] 王小燕,马国辉,狄浩,等. 纳米增效尿素对水稻产量及氮肥农学利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(6):1479-1485.
- [15] 王学奎. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 3版. 北京:高等教育出版社,2015.
- [16] 彭玲,刘晶晶,王芬,等. 硝酸盐供应水平对平邑甜茶幼苗生长、光合特性与 ^{15}N 吸收、利用的影响[J]. 应用生态学报,2018,29(2):522-530.
- [17] 房祥吉,姜远茂,彭福田,等. 不同沙土配比对盆栽平邑甜茶的生长及 ^{15}N 吸收、利用和损失的影响[J]. 水土保持学报,2011,25(4):131-134.
- [18] 周恩达,周乐,李红娜,等. 不同淹水处理对盆栽平邑甜茶生长及 ^{15}N -尿素分配、利用、损失的影响[J]. 水土保持学报,2013,27(2):136-139.
- [19] 李绍华. 桃树学[M]. 北京:中国农业出版社,2013.
- [20] 王磊,董树亭,刘鹏,等. 水氮互作对冬小麦光合生理特性和产量的影响[J]. 水土保持学报,2018,32(3):301-308.
- [21] 陈倩,丁宁,彭玲,等. 供氮水平对矮化苹果 ^{15}N -尿素吸收、利用、损失及产量和品质的影响[J]. 应用生态学报,2017,28(7):2247-2253.
- [22] 李延菊. 设施栽培‘早红珠’油桃对叶面施 ^{15}N -尿素吸收、分配和利用研究[D]. 山东泰安:山东农业大学,2006.
- [23] Dietz K J, Herth S. Plant nanotoxicology [J]. Trends in Plant Science, 2011, 16(11): 582-589.
- [24] 张绪成,上官周平. 施氮量对小麦叶片硝酸还原酶活性、一氧化氮含量和气体交换的影响[J]. 应用生态学报,2007(7):1447-1452.
- [25] 沈其荣,徐国华,潘文辉,等. 不同叶面营养组分对黄瓜叶片氮素营养的影响[J]. 南京农业大学学报,1998,21(1):66-71.
- [26] 李永旗. 叶施尿素对棉花氮素吸收利用分配及生理生化特性的影响[D]. 北京:中国农业科学院,2014.

(上接第 293 页)

- [16] 赵炯平,邓小华,江智敏,等. 不同绿肥翻压还土后植烟土壤主要养分动态变化[J]. 作物研究,2015,29(2):161-165.
- [17] 李娟,刘国顺,宋晓华. 重庆烟区土壤养分状况分析及综合评价[J]. 江西农业学报,2009,21(7):94-96.
- [18] 岳伦勇,何华波,朱列书. 烟草的磷素营养研究[J]. 现代农业科技,2014(23):238-240.
- [19] 邓小华,周清明,周冀衡,等. 烟叶质量评价指标间的典型相关分析[J]. 中国烟草学报,2011,17(3):17-22.
- [20] Mandal U K, Singh G, Victor U S, et al. Green manuring: Its effect on soil properties and crop growth under rice-wheat cropping system [J]. European Journal of Agronomy, 2003, 19(2): 225-237.
- [21] 王林虹,刘宝宜,姜亚历,等. 保水剂在烟草生产上的应用[J]. 作物研究,2017,31(1):99-102.
- [22] 江智敏,田峰,邓小华,等. 多年定位翻压绿肥对烤烟大田生长及经济性状的影响[J]. 中国烟草科学,2015,36(3):35-39.
- [23] 高云才,徐昭梅,刘玲,等. 玉溪市不同品种烤烟烟叶化学指标差异及品质分析[J]. 烟草科技,2015,48(6):34-39.
- [24] Karaivazoglou N A, Tsitsolis N C, Tsadilas C D. Influence of liming and form of nitrogen fertilizer on nutrient uptake, growth, yield and quality of Virginia (flue-cured) tobacco [J]. Field Crop Research, 2007, 100(1): 52-60.
- [25] 唐莉娜,张秋芳,陈顺辉. 不同有机肥与化肥配施对植烟土壤微生物群落 PLFAs 和烤烟品质的影响[J]. 中国烟草学报,2016,16(1):36-40.
- [26] 符建国,贾志红,沈宏. 免揭地膜不同氮用量对烤烟光合及产质的影响[J]. 中国农学通报,2012,28(7):217-222.