

渭北旱塬毛叶苕子不同翻压量下养分变化特征

马欣¹, 段志龙¹, 王晨光², 李静¹, 朱琳³, 杨浩³

(1. 延安市农业科学研究所, 陕西延安 716000; 2. 陕西省农业技术推广中心, 陕西西安 710003; 3. 延安市农业技术推广站, 陕西延安 716000)

摘要 采用尼龙网袋法研究了低(30 000 kg/hm²)、中(45 000 kg/hm²)、高(52 500 kg/hm²)3个翻压量下毛叶苕子的干物质养分变化特征。结果表明, 随着时间推移不同翻压量毛叶苕子的干物质质量减少量与含水量变化趋势类似, 均呈逐渐降低趋势; 氮、磷、钾养分累积释放量则相反, 均呈逐渐增加趋势。至试验结束时各处理干物质的最终含水量依次为 55.13%、56.68% 和 52.74%, 氮养分累积释放量依次为 2.83、4.36、5.23 g, 磷养分累积释放量依次为 0.37、0.52 和 0.64 g, 钾养分累积释放量依次为 3.96、5.38 和 6.66 g。毛叶苕子营养元素释放量表现为钾>磷>氮, 增加翻压量会改变毛叶苕子整体的养分释放量。

关键词 毛叶苕子; 养分变化特征; 干物质质量减少量

中图分类号 S551+.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)16-0112-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.16.029



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Nutrient Release Characteristics of Different *Vicia villosa* Green Manure Applications in Weibei Arid Plateau

MA Xin¹, DUAN Zhi-long¹, WANG Chen-guang² et al (1. Yan'an Institute of Agricultural Sciences, Yan'an, Shaanxi 716000; 2. Shaanxi Agricultural Technology Extension Center, Xi'an, Shaanxi 710003)

Abstract The nutrient release characteristics of *V. villosa* were tested with different application amounts. Nylon net bags (30 cm×20 cm) were used to assess three application treatments: low (30 000 kg/hm²), medium (45 000 kg/hm²) and high (52 500 kg/hm²). The results showed that the variation trends of dry matter mass reduction and water content of *V. villosa* with different rolling amounts were similar over time, and they all showed a gradually decreasing trend. The accumulation and release of nitrogen, phosphorus and potassium nutrients were opposite, showed a gradual increasing trend. At the end of the experiment, the final water content of dry matter in each treatment was 55.13%, 56.68% and 52.74%, the cumulative release of nitrogen was 2.83, 4.36 and 5.23 g, the cumulative release of phosphorus was 0.37, 0.52 and 0.64 g, and the cumulative release of potassium was 3.96, 5.38 and 6.66 g. The nutrient release order of *Vicia villosa* was potassium>phosphorus>nitrogen, and the increase of turning pressure would change the overall nutrient release of *Vicia villosa*.

Key words *Vicia villosa* Roth; Nutrient change characteristics; Dry matter mass reduction

毛叶苕子(*Vicia villosa*)为豆科巢菜属一年生或越年生草本植物,根系发达,根上具有大量粉红色根瘤,固氮能力强,是优质绿肥作物^[1]。它能充分利用冬闲时期的水、光、热和土地资源,翻压还田后不仅为后茬作物提供养分,起到化肥减施的效果,还能改善土壤理化性状,提高作物产量,改善生态环境^[2]。段志龙等^[3]通过监测发现毛叶苕子枯死时覆盖地表厚度4~7 cm,表层含水量12.3%,减少了水分蒸发,增加了土壤生物蚯蚓的数量,覆盖层保水保墒为主作物的生长发育提供养分和水分。

绿肥翻压后其腐解规律和养分释放特征因地域、作物种类、土壤类型的不同存在明显差异^[4-5],李帅等^[4]研究发现不同土壤类型翻压冬牧70均表现为前期腐解速度较快,40 d后降低;薄晶晶等^[5]研究发现绿肥腐解速率呈“快速上升-缓慢增加-中低速增长”的倒“S”型,长武怀豆的腐解速率、累积腐解率高于黑麦草,其氮释放也相对较快。毛叶苕子在不同土壤类型下其腐解特征及养分释放规律亦有所不同^[2,6],张成兰等^[2]在豫南稻田不同施肥条件下毛叶苕子腐解及养分释放特征的研究表明,不同施肥处理下毛叶苕子养分释放率表现为钾>磷>碳>氮,翻压148 d氮、磷、钾的累积释放率分别为78.2%~81.2%、89.8%~91.4%、96.3%~97.0%。刘佳

等^[6]在红壤旱地的研究表明,毛叶苕子腐解过程为前期迅速、后期缓慢,碳、氮、磷、钾均在翻压后的前20 d大量释放,且增加翻压量会对养分的释放率和释放速率产生影响。因此采用尼龙网袋法^[7]研究毛叶苕子干物质养分释放特征,可明确绿肥翻压对土壤养分的贡献,为合理确定绿肥翻压量和化肥配施量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于2020年9—12月在陕西省延安市洛川县凤栖镇西井村(109°26'25"E, 35°46'19"N)进行,该地区位于渭北黄土高原沟壑区,海拔1 180 m,暖温带半湿润大陆性季风气候,年平均气温为9.2℃,昼夜温差15.7℃,无霜期167 d,日照时数2 552 h,年均降水量622 mm。土壤类型为黑垆土,有机质含量10.65 g/kg,全氮含量0.49 g/kg,全磷含量0.54 g/kg,全钾含量30.22 g/kg。

1.2 试验设计 试验设3个不同翻压量处理:①180 g/袋(T₁,低翻压量,相当于30 000 kg/hm²);②270 g/袋(T₂,中翻压量,相当于45 000 kg/hm²);③315 g/袋(T₃,高翻压量,相当于52 500 kg/hm²)。于2020年9月将盛花期毛叶苕子植株剪成3~4 cm的小段,分装于20 cm×30 cm的尼龙网袋内,翻埋于空白果树行间,深度15~20 cm。毛叶苕子品种为蒙苕1号,采用随机区组排列,3次重复。装袋时毛叶苕子鲜体的含水量为76.36%,养分状况:N 23.37 g/kg, P 2.76 g/kg, K 24.42 g/kg。

1.3 样品采集与测定 于翻压后3、10、17、27、37、47、61、75 d进行埋袋样品取样,取样后去除表面泥土及杂物,将网袋中

基金项目 财政部和农业农村部国家绿肥产业技术体系(CARS-22); 陕西省农业科技创新项目(NYKJ-2019-YA-03)。

作者简介 马欣(1993—),女,甘肃白银人,助理农艺师,硕士,从事绿肥品种选育及示范推广工作。

收稿日期 2021-03-17; **修回日期** 2021-11-11

毛叶苕子残留样品于 80 °C 烘箱中烘干称量, 计算其植株含水量; 粉碎后测定 N、P、K 养分含量。植株样品经 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消煮后, 全氮用凯氏定氮法测定, 全磷用钒钼黄比色法测定, 全钾用火焰光度法测定^[8]。

1.4 数据分析 采用 Excel 2016 进行数据整理和制作图表, SPSS 22.0 统计分析软件进行显著性和相关性分析。计算公式:

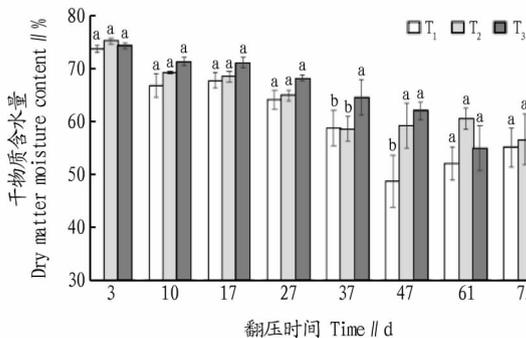
$$\text{质量减少量 (g)} = M_i - M_{i+1}$$

$$\text{养分累积释放量 (g)} = C_0 \times M_0 - C_i \times M_i$$

式中, C_0 为毛叶苕子初始养分含量, C_i 为毛叶苕子 t 时刻养分含量; M_0 为毛叶苕子初始干物质质量, M_i 为毛叶苕子 t 时刻干物质质量。

2 结果与分析

2.1 毛叶苕子干物质含水量变化特征 毛叶苕子翻压后干物质含水量的动态变化见图 1。从图 1 可以看出, 随着时间推移不同翻压量毛叶苕子的干物质含水量均呈降低趋势, 47 d 后 T_1 、 T_2 含水量略有上升, 至试验结束时各处理干物质的最终含水量依次为 55.13%、56.68% 和 52.74%。在翻压 37 d 时, T_3 干物质含水量显著高于 T_1 、 T_2 ($P < 0.05$), 高出 9.88%、10.11%; 翻压 47 d 时, T_2 、 T_3 干物质含水量显著高于 T_1 ($P < 0.05$), 高出 21.40%、27.29%。



注: 不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)

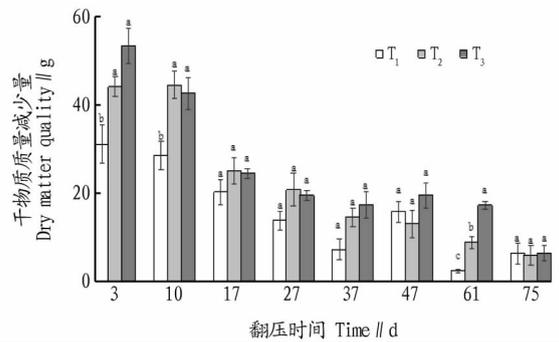
Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments ($P < 0.05$)

图 1 毛叶苕子干物质含水量的动态变化

Fig.1 Dynamic changes of dry matter moisture content in *Vicia villosa*

2.2 毛叶苕子干物质质量变化特征 毛叶苕子翻压后干物质质量变化见图 2。由图 2 可知, 随着时间推移不同翻压量毛叶苕子的干物质质量减少量与含水量变化趋势类似, 均呈逐渐降低趋势, 翻压 47 d 时 T_1 、 T_3 处理干物质质量减少量略有上升, 61 d 时干物质质量减少量呈降低趋势, 至试验结束各处理干物质质量减少量趋于一致, 含量为 6.01~6.65 g。在翻压 3、10 d 时, T_2 、 T_3 干物质质量减少量显著高于 T_1 ($P < 0.05$), 高出 41.59%、71.37% 和 56.03%、49.38%; 翻压 61 d 时, 各处理干物质质量减少量差异显著 ($P < 0.05$), T_3 干物质质量减少量显著高于 T_1 、 T_2 处理 599.46%、92.83%, T_2 干物质质量减少量显著高于 T_1 处理 262.73%。

2.3 毛叶苕子氮养分释放量变化特征 随着时间推移不同



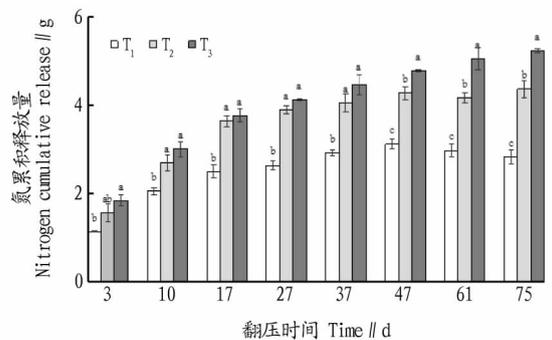
注: 不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments ($P < 0.05$)

图 2 毛叶苕子干物质质量变化特征

Fig.2 Characteristics of dry matter quality of *Vicia villosa*

翻压量毛叶苕子的氮养分累积释放量均呈逐渐增加趋势(图 3), 纵观翻压后各时期氮养分变化特征, 整体表现为 $T_3 > T_2 > T_1$, 至试验结束时各处理氮养分累积释放量依次为 2.83、4.36 和 5.23 g。在翻压 10、17、27、37 d 时, T_2 、 T_3 氮养分累积释放量显著高于 T_1 ($P < 0.05$); 翻压 47、61、75 d 时, 各处理氮养分累积释放量差异显著 ($P < 0.05$)。



注: 不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)

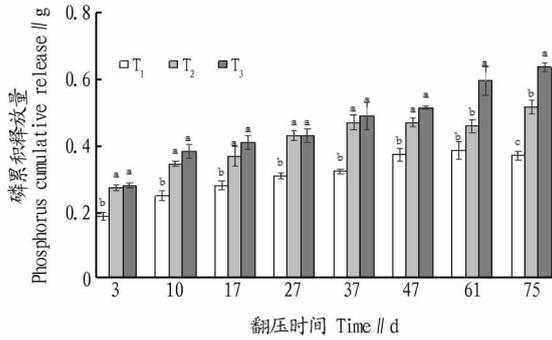
Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments ($P < 0.05$)

图 3 毛叶苕子氮养分变化特征

Fig.3 The characteristics of nitrogen nutrient in *Vicia villosa*

2.4 毛叶苕子磷养分释放量变化特征 随着时间推移不同翻压量毛叶苕子的磷养分累积释放量与氮养分累积释放量变化趋势类似, 均呈逐渐增加趋势(图 4), 纵观翻压后各时期磷养分变化特征, 整体表现为 $T_3 > T_2 > T_1$ 。至试验结束时各处理磷养分累积释放量依次为 0.37、0.52 和 0.64 g, 此时 T_3 磷养分累积释放量显著高于 T_1 、 T_2 处理 72.83%、23.52%, T_2 处理显著高于 T_1 处理 39.92%。在翻压 3、10、17、27、37、47 d 时, T_2 、 T_3 磷养分累积释放量显著高于 T_1 ($P < 0.05$)。

2.5 毛叶苕子钾养分释放量变化特征 随着时间推移不同翻压量毛叶苕子的钾养分累积释放量与氮、磷养分累积释放量变化趋势类似, 均呈逐渐增加趋势(图 5); 纵观翻压后各时期钾养分变化特征, 整体表现为 $T_3 > T_2 > T_1$, 翻压 17、27、37 d 时 T_2 钾养分累积释放量略高于 T_3 , 但未表现出显著差异。至试验结束时各处理钾养分累积释放量依次为 3.96、



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

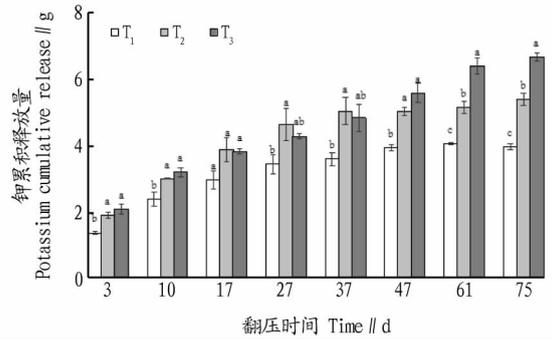
Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments ($P<0.05$)

图4 毛叶苕子磷养分变化特征

Fig.4 The characteristics of phosphorus nutrient in *Vicia villosa*

5.38和6.66 g,此时 T_3 钾养分累积释放量显著高于 T_1 、 T_2 处理68.17%、23.65%, T_2 显著高于 T_1 处理36.01%。在翻压3、10、47 d时, T_2 、 T_3 钾养分累积释放量显著高于 T_1 ($P<0.05$);在翻压27、37 d时, T_2 钾养分累积释放量显著高于 T_1 ($P<0.05$);翻压61 d时,各处理钾养分累积释放量差异显著($P<0.05$)。

2.6 不同翻压量下毛叶苕子养分释放量间的相关性 对毛叶苕子植株含水量、干物质质量减少量与养分累积释放量



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments ($P<0.05$)

图5 毛叶苕子钾养分变化特征

Fig.5 The characteristics of potassium nutrient in *Vicia villosa*

进行 Pearson 相关性分析(表 1),结果表明,植株含水量与干物质质量减少量呈极显著正相关关系($P<0.01$),与氮、磷、钾养分累积释放量呈极显著负相关关系($P<0.01$);干物质质量减少量与氮、钾养分累积释放量呈极显著负相关关系($P<0.01$),与磷养分累积释放量呈显著负相关关系($P<0.05$);氮、磷、钾养分累积释放量间呈极显著正相关关系($P<0.01$)。

表 1 不同翻压量下毛叶苕子养分释放量间的相关性

Table 1 The correlation between nutrient release of different *Vicia villosa* green manure applications

指标 Index	干物质含水量 Dry matter moisture content	干物质质量减少量 Characteristics of dry matter quality	氮累积释放量 Nitrogen cumulative release	磷累积释放量 Phosphorus cumulative release	钾累积释放量 Potassium cumulative release
植株含水量 Dry matter moisture content	1				
干物质质量减少量 Characteristics of quality	0.816**	1			
氮累积释放量 Nitrogen cumulative release	-0.537**	-0.551**	1		
磷累积释放量 Phosphorus cumulative release	-0.580**	-0.499*	0.963**	1	
钾累积释放量 Potassium cumulative release	-0.693**	-0.660**	0.968**	0.969**	1

注: * 表示显著相关($P<0.05$); ** 表示极显著相关($P<0.01$)

Note: * indicated significant correlation at 0.05 level; ** indicated extremely significant correlation at 0.01 level

3 讨论与结论

绿肥作物翻压还田后,受不同土壤环境以及气候条件等的影响,腐解速率不同,但其腐解过程一般包括快速腐解期和缓慢腐解期^[9]。该研究发现,随着时间推移不同翻压量毛叶苕子的干物质质量减少量与含水量变化趋势类似,呈逐渐降低趋势,但前期(0~17 d)降低速度迅速,至试验结束时各处理干物质质量减少量趋于一致,含量为6.01~6.65 g,这与薄晶晶等^[5]和刘佳等^[6]研究结果相似。主要是由于翻压初期毛叶苕子植株水分含量高,水溶性有机物多糖、氨基酸、有机酸等有机物质被微生物利用,加速了腐解进程^[10];同时腐解前期植株秸秆中微生物嗜嗜性高的可溶性糖类、蛋白质和(半)纤维素等物质会快速分解^[11]。随翻压时间的延长,植株秸秆中易分解有机物质逐渐减少,含水量逐渐降低,腐解随之缓慢。

不同养分的释放率与其在植物体内的存在形态和分布位置有关,该研究中随着时间推移不同翻压量毛叶苕子氮、

磷、钾养分累积释放量呈逐渐增加趋势。至试验结束时各处理氮养分累积释放量依次为2.83、4.36和5.23 g,磷养分累积释放量依次为0.37、0.52和0.64 g,钾养分累积释放量依次为3.96、5.38和6.66 g,养分释放量表现为钾>磷>氮,这是由于钾在植株体内以离子形式存在,易溶于水而容易被释放出来;氮、磷元素以难分解的有机态为主,释放需要微生物分解,且释放过程较慢^[12-13]。相关性分析发现,毛叶苕子质量减少量与氮、钾养分累积释放量呈极显著相关,与磷养分累积释放量呈显著相关,高翻压量下毛叶苕子养分释放量高于低翻压量。

参考文献

- [1] 张久东,包兴国,曹卫东,等.长期施用绿肥减施化肥对毛叶苕子产草量和土壤肥力的影响[J].中国土壤与肥料,2017(6):66-70.
- [2] 张成兰,刘春增,李本银,等.不同施肥条件下毛叶苕子的腐解及养分释放特征[J].应用生态学报,2019,30(7):2275-2283.
- [3] 段志龙,冯红利,周军,等.毛叶苕子与豆菜轮茬模式对果园土壤水分的影响[J].农业科技通讯,2020(12):95-97.

(下转第134页)

明等^[4]研究证明,在山东诸城采取中温中湿烘烤工艺对烤烟品种 NC55 采取的最高干筋温度是 68 ℃。杨士福^[8]在河南省襄城县利用热泵烤房对中烟 100、豫烟 10 号进行烘烤工艺研究,选择的干筋期最高温度为 68 ℃。高远等^[6-7,10]的研究(品种分别是云烟 87、中烟 100 和云烟 87)未提及最高干筋温度,而王战义等^[17]针对云烟 87 品种调整干筋期湿球温度,干球温度则设置了一个较为宽泛的范围(干筋前期干球温度为 54~60 ℃,干筋后期干球温度为 60~68 ℃)。这些研究结果表明,在不同区域、不同烤烟基因型、不同部位^[8]、不同烤房类型采用的最适宜干筋期最高温度并不一致。

3.2 结论 该研究结果表明,烟叶致香物质类胡萝卜素类 10 种、棕色化产物 7 种、苯丙氨酸类 4 种、类西柏烷类 2 种、新植二烯为 1 类,其他类别 57 种。在云南楚雄禄丰烟区,密集烤房采用 T₂(65 ℃)处理干燥烟叶时,烤后烟叶的致香物质总量最高,同时,在致香物质各类比较中,T₁处理(62 ℃)在类胡萝卜素类、棕色化产物、苯丙氨酸类和类西柏烷类含量均为最高,T₂处理的新植二烯和其他类致香物质含量最高。2 个处理间致香物质最为明显的差别是新植二烯的含量。新植二烯属叶绿素降解产物,是初烤烟叶中含量较高的关键中性香气成分,与其他致香物质具有较强的相关性,其含量对烟叶香型风格和卷烟品质具有重要影响^[23]。在致香物质总量和各分类中,T₃处理(68 ℃)和 T₄处理(70 ℃)表现均不佳,说明在干筋期,温度过高不利于香气物质的积累和转化。

参考文献

- [1] 史宏志,刘国顺.烟草香味学[M].北京:中国农业出版社,1998:3.
- [2] 赵会纳,蔡凯,雷波,等.烤烟中性致香物质在烘烤前后的差异分析[J].中国烟草科学,2015,36(2):8-13.
- [3] 胡小东,张映翠,方亮,等.楚雄州不同生态烟区烤烟致香成分含量比较分析[J].西南农业学报,2015,28(3):1311-1316.

(上接第 114 页)

- [4] 李帅,王艳,贾龙,等.山东省冬闲农田种植冬牧 70 压青后腐解及养分动态[J].生态环境学报,2019,28(11):2239-2244.
- [5] 薄晶晶,王俊,付鑫.两种绿肥腐解及其碳氮养分释放动态特征[J].生态科学,2019,38(6):37-45.
- [6] 刘佳,张杰,秦文婧,等.红壤旱地毛叶苕子不同翻压量下腐解及养分释放特征[J].草业学报,2016,25(10):66-76.
- [7] 林心雄,吴顺龄,车玉萍.干旱和半干旱地区测定有机物分解速率的尼龙袋法[J].土壤,1992,24(6):315-318.
- [8] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3 版.北京:中国农业出版社,2000.

- [4] 廖和明,孙福山,徐秀红,等.不同烘烤工艺对烤烟品种 NC55 中性香气物质各组分含量的影响[J].中国烟草科学,2013,34(5):89-94.
- [5] 崔国民,黄维,赵高坤,等.不同烘烤工艺对烟叶评吸质量及致香物质的影响[J].安徽农业科学,2013,41(24):10125-10128.
- [6] 高远,宋朝鹏,杨义方,等.不同烘烤工艺烤烟香气质量的主成分分析[J].江西农业学报,2009,21(12):36-39,45.
- [7] 詹军,李伟,霍开玲,等.密集烘烤中稳温时间对烤烟上部叶香气质量的影响[J].南方农业学报,2011,42(10):1193-1198.
- [8] 杨士福.云烟烘烤与分级[M].昆明:云南科技出版社,1994:188.
- [9] 孟智勇,宗胜杰,高相彬,等.热泵密集烤房不同烘烤工艺效果比较[J].江苏农业科学,2019,47(22):247-251.
- [10] 陈越立,李旭华,潘义宏,等.定色后期稳温点对烟叶常规化学成分和致香物质的影响[J].江西农业学报,2014,26(2):89-94.
- [11] 杨虹琦,周冀衡,杨述元,等.不同产区烤烟中主要潜香型物质对评吸质量的影响研究[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2005,31(1):11-14.
- [12] 叶荣飞,赵瑞峰.烟草香气物质来源[J].广东农业科学,2011,38(5):51-53.
- [13] 景延秋,官长荣,张月华,等.烟草香味物质分析研究进展[J].中国烟草科学,2005,26(2):44-48.
- [14] 周冀衡,王勇,邵岩,等.产烟国部分烟区烤烟质体色素及主要挥发性香气物质含量的比较[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2005,31(2):128-132.
- [15] 黄永成,官长荣,郭瑞,等.烤烟中色素与香味物质的关系研究进展[J].河南农业科学,2008,37(2):5-9.
- [16] 赵铭钦.卷烟调香学[M].北京:科学出版社,2008:89.
- [17] 王战义,代丽,宋朝鹏,等.植物生长调节剂对烤烟叶致香物质的影响[J].浙江农业科学,2009,50(6):1159-1162.
- [18] 李章海,王能如,王东胜,等.烤烟香型的重要影响因子及香型指数模型的构建初探[J].安徽农业科学,2009,37(5):2055-2057.
- [19] 詹军,官长荣,李伟,等.密集烘烤干筋期干球和湿球温度对烟叶香气质量的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2011,37(5):484-489.
- [20] 周平,王松峰,孙福山,等.密集烘烤中各阶段对烟叶常规化学成分和致香物质的贡献率分析[J].中国烟草学报,2017,23(5):73-80.
- [21] 李万乾,徐成龙,詹军,等.密集烘烤干筋期最高温度对大理地区烟叶品质的影响[J].现代农业科技,2015(21):24-25,28.
- [22] 徐成龙,范志勇,胡恩军,等.干筋期最高温度对烟叶致香物质和感官质量的影响[J].湖南农业科学,2020(12):49-51.
- [23] 杨盼盼,周文忠,李佛琳,等.红外快速测定初烤烟叶中的新植二烯[J].云南农业大学学报(自然科学),2019,34(6):994-999.

- [9] TALGRE L, LAURINGSON E, ROOSTALU H, et al. Phosphorus and potassium release during decomposition of roots and shoots of green manure crops[J]. Biological agriculture & horticulture, 2014, 30(4):264-271.
- [10] 吕丽霞,王维,王秀荣,等.渭北苹果园绿肥不同深度翻压腐解及养分释放规律[J].果树学报,2018,35(5):586-595.
- [11] 张经廷,张丽华,吕丽华,等.还田作物秸秆腐解及其养分释放特征概述[J].核农学报,2018,32(11):2274-2280.
- [12] 崔志强,李宪利,崔天舒.果园绿肥腐解及养分释放动态研究[J].中国农学通报,2014,30(22):121-127.
- [13] 侯宪文,张军,符瑞益,等.荔枝剪枝还田腐解及养分释放特征研究[J].广东农业科学,2020,47(4):77-84.