

连作对烤烟根际与非根际土壤养分含量的影响

何俊瑜^{1,2}, 陈博¹, 任艳芳¹, 李岭¹, 陆引罡^{1,2}, 梁晓超¹

(1.贵州大学农学院, 贵州 贵阳 550025; 2.贵州省烟草品质研究重点实验室, 贵州 贵阳 550025)

摘要:为了明确连作对烤烟烟田养分含量的影响,分析不同连作年限烟田烤烟根际与非根际土壤的养分含量变化。结果表明:随着烤烟生育进程的推进,不同连作年限烟田烤烟根际和非根际土壤的 pH、非根际土壤的有机质含量总体呈先降低后增加的趋势;根际土壤的有机质含量逐渐增加;根际和非根际土壤的全氮和碱解氮含量、非根际土壤速效钾和全钾含量均呈先降后升再降的变化趋势;根际土壤速效钾、全钾和全磷含量及根际和非根际土壤速效磷含量总体呈先增加后降低的趋势;非根际土壤全磷含量呈缓慢下降趋势。随着连作年限的增加,根际和非根际土壤 pH 逐渐下降,有机质含量和全量、有效态的氮、磷、钾含量均出现不同程度的累积;根际土壤 pH 低于非根际土壤,而根际土壤有机质含量和全量、有效态的氮、磷、钾含量高于非根际土壤;连作导致根际与非根际土壤中有效氮、有效磷、有效钾含量比发生变化,相对于速效氮和速效磷含量而言,根际土壤速效钾含量表现为亏缺,而非根际土壤速效钾含量表现为累积。

关键词:烤烟;连作;土壤养分;根际土壤;非根际土壤

中图分类号:S572;S158 文献标志码:A 文章编号:1007-1032(2013)06-0585-06

Effect of continuous cropping on soil nutrients at flue-cured tobacco rhizosphere and non-rhizosphere

HE Jun-yu^{1,2}, CHEN Bo¹, REN Yan-fang¹, LI Ling¹, LU Yin-gang^{1,2}, LIANG Xiao-chao¹

(1.College of Agriculture, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2.Guizhou Province Key Laboratory of Tobacco Quality Research, Guiyang 550025, China)

Abstract: In order to clear the effects of flue-cured tobacco continuous cropping on soil nutrients, soil chemical properties in rhizosphere and non-rhizosphere at different continuous cropping years of flue-cured tobacco were analyzed. The results showed that pH both at rhizosphere soil and non-rhizosphere soil, and soil organic matter in non-rhizosphere soil decreased firstly and then increased at different growth and development stages of flue-cured tobacco during continuous cropping years. However, the content of organic matter in rhizosphere increased gradually. The total N and available N both in rhizosphere soil and non-rhizosphere soil, and total K and available K in non-rhizosphere soil showed the trend from decrease to increase, and then decrease again. The total K and available K in rhizosphere, the available P both in rhizosphere and non-rhizosphere soil, and the total P in rhizosphere increased firstly and then decreased. However, the total P in non-rhizosphere soil decreased gradually. With the increase of continuous cropping time, the pH both in rhizosphere and non-rhizosphere soil decreased gradually, however, the contents of organic matter, total N and available N, P and K both in rhizosphere and non-rhizosphere soil appeared to enrichment at different degrees. The pH at rhizosphere soil was lower than that at non-rhizosphere soil, however, the content of organic matter, total N and available N, P and K in rhizosphere soil were higher than those in non-rhizosphere soil. Continuous cropping of flue-cured tobacco changed a reasonable proportion of available nutrients both in rhizosphere and non-rhizosphere soil, which could not meet the vast demand for the growth of flue-cured tobacco. Compared with available N and P, continuous cropping resulted in the lack of available K in rhizosphere soil and the enrichment of available K in non-rhizosphere soil.

收稿日期:2013-06-18

基金项目:贵州省铜仁地区烟草公司项目(贵铜烟[2009]13);湖南中烟有限责任公司项目(贵大 H110378 号)

作者简介:何俊瑜(1975—),男,山西河曲人,博士,教授,主要从事土壤污染、植物营养及生理生态研究, junyuhe0303@126.com

Key word: flue-cured tobacco; continuous cropping; soil nutrients; rhizosphere; non-rhizosphere

当前,中国烟草农业不断向规模化和集约化方向发展,烤烟连作现象十分普遍。烤烟是一种忌连作作物,长期连作导致烤烟的土传病虫害危害程度增加、生长发育受阻、产量和品质下降等^[1-4]。烤烟连作3年以上就会对烟叶的外观与内在质量均产生显著的不良影响^[2]。连作造成烟株株高、叶面积指数、烟叶产量、中上等烟比例等均有不同程度的降低^[3]。据统计,每年由于烤烟连作带来的直接或间接经济损失高达40亿元,已经严重威胁到中国烤烟农业的可持续发展。目前普遍认为土壤养分亏缺或失衡、有害微生物大量繁殖、根系分泌物及前茬作物残留物毒害是连作障碍产生的重要原因,其中,土壤养分含量直接影响植株的生长。连作烤烟对土壤养分的选择和非均衡吸收,极大地改变了土壤养分的比例,造成土壤养分失调,从而影响烟株生长,造成烟叶减产^[4-6]。烤烟连作导致耕作层土层的有机质、碱解氮和速效钾含量均发生不同程度的积累^[6],连作后植烟土壤中的有机质、全氮含量减少,有效养分积累,养分比例明显失调^[7],但也有关于烤烟连作后土壤碱解氮、全氮和全磷含量变化不大的报道^[7]。根际微域环境研究目前已成为土壤学最活跃、最敏感的研究领域^[8],但关于连作烤烟根际养分的研究还很缺乏。笔者对不同连作年限烤烟不同生育期根际与非根际的土壤养分状况进行分析,以期揭示烤烟连作土壤养分的变化规律,为明确烤烟连作障碍的发生机理及植烟土壤健康管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料与实验地点概况

试验烤烟品种为南江三号。

试验区贵州省德江县位于贵州高原的东北部,东经107°36′~108°28′,北纬28°00′~28°38′,平均海拔高800 m,气候温和,全年平均气温13~17℃,无霜期达295 d。

1.2 土壤样品的采集

选取相邻的、土质相同的、种植年限分别为1年、3年和5年的烟田,形成连作2年、连作4年和连作6年的种植体系,以正茬烟田为对照。试验小区规格27 m×15 m,3次重复。于烤烟移栽前按S形在每块地随机取5个点,采集层深0~20 cm的土样。烟苗移栽后于团棵期、旺长期和成熟期按5点取样法选取烤烟植株,采用抖土法采集根际和非根际土壤,5点样混合,4分法取样,用塑料封口袋包扎密封,带回实验室,样品自然风干后,研磨,过0.25 mm和1 mm筛,保存供分析用。施肥及田间管理按当地烟草公司田间管理技术规程执行。

1.3 测定项目及方法

土壤pH和有机质、全氮、全磷、全钾、缓效钾、碱解氮、有效磷、速效钾含量按常规方法^[9]进行测定。

1.4 数据处理

所有数据采用Microsoft Excel 2003和SPSS 13.0软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 供试土壤的 pH

土壤pH通过对烟株根细胞表面电荷的间接作用和对土壤养分离子的有效作用,进而影响烟株对养分的吸收^[10]。多年来,人们一直认为生产优质烟叶的最适土壤pH是5.5~7.0^[10-11]。由表1可知,从移栽前到成熟期,随着烤烟生育期的推进,不同连作年限烟田烤烟根际和非根际土壤pH总体呈先降低后增加的趋势,其中,旺长期pH较小,非根际pH为5.43~6.44,根际pH为5.22~6.18,根际土壤pH低于非根际土壤。同一生育期相比,随着连作年限的增加,根际和非根际土壤pH逐渐下降,连作6年时已低于最适范围(连作6年旺长期根际土壤的pH为5.22,非根际土壤pH为5.43),说明连作使得土壤严重酸化。

表 1 不同连作年限烟田烤烟根际和非根际土壤的 pH

连作年限	移栽前	团棵期土壤 pH		旺长期土壤 pH		成熟期土壤 pH	
		非根际	根际	非根际	根际	非根际	根际
正茬	6.64±0.36	6.57±0.27	6.37±0.35	6.44±0.27	6.18±0.28	6.57±0.17	6.29±0.31
2 年	6.56±0.27	6.55±0.22	6.08±0.24	6.28±0.35	5.87±0.25	6.37±0.32	5.92±0.22
4 年	6.26±0.21	6.05±0.36	5.56±0.32	5.88±0.22	5.43±0.29	5.81±0.25	5.46±0.40
6 年	5.78±0.33	5.62±0.29	5.36±0.39	5.43±0.33	5.22±0.19	5.37±0.28	5.23±0.39

2.2 供试土壤的有机质含量

由表2可知,随着烤烟生长发育进程的推进,不同连作年限烟田根际土壤有机质含量呈逐渐增加的趋势,非根际土壤有机质含量总体呈现为先降低后增加的趋势,即移栽前期较高,团棵期和旺长期有所下降,到成熟期有机质含量又上升。这可能是由根系在成熟期衰老腐烂后直接被根际土壤吸收、固定及根系分泌物外溢所导致,尤其是由根毛

脱落所导致^[13]。在烤烟各生育期,根际土壤的有机质含量大于非根际土壤。与根际相比,非根际土壤中的有机质含量变化相对平稳。同一时期相比,随着连作年限的增加,根际和非根际土壤有机质含量均逐年增加。与正茬相比,连作2年、4年和6年根际土壤成熟期有机质含量分别增加了2.75%、9.43%和15.37%,非根际土壤有机质含量分别增加了7.80%、14.18%和22.69%。

表 2 不同连作年限烟田烤烟根际和非根际土壤的有机质含量

连作年限	移栽前	团棵期土壤有机质含量		旺长期土壤有机质含量		成熟期土壤有机质含量	
		非根际	根际	非根际	根际	非根际	根际
正茬	13.60±0.40	13.50±0.43	15.83±2.48	12.60±0.55	17.30±0.50	14.10±0.80	24.40±1.35
2 年	14.50±0.53	14.00±1.21	16.65±1.62	13.10±0.64	18.55±0.35	15.20±0.70	25.07±1.80
4 年	15.70±0.51	14.90±0.41	18.37±1.17	14.00±1.04	21.04±1.37	16.10±1.60	26.70±1.17
6 年	16.30±0.40	15.62±0.52	19.17±0.94	14.30±0.57	23.48±1.22	17.30±0.30	28.15±0.85

2.3 供试土壤的氮素含量

土壤含氮量过高会影响烤烟品质^[14]。由表3可知,在烤烟各生育期根际土壤碱解氮含量大于非根际土壤,不同连作年限烟田整个生育期内烤烟根际

和非根际土壤碱解氮含量呈现出先降后升再降的变化趋势。同一生育期相比,根际与非根际土壤中的碱解氮含量正茬烟田最低,连作后逐渐升高,连作6年、4年、2年和正茬的碱解氮含量依次减小。

表 3 不同连作年限烟田烤烟根际和非根际土壤的碱解氮含量

连作年限	移栽前	团棵期土壤碱解氮含量		旺长期土壤碱解氮含量		成熟期土壤碱解氮含量	
		非根际	根际	非根际	根际	非根际	根际
正茬	134.42±7.55	111.54±6.50	127.09±9.79	126.10±6.94	133.50±6.85	102.12±3.34	118.13±6.37
2 年	141.01±7.19	116.00±8.06	135.40±8.42	132.54±5.76	137.10±3.80	111.30±8.68	128.27±7.68
4 年	153.70±8.96	129.66±9.68	140.18±9.56	139.28±8.08	147.51±7.74	125.69±9.11	142.28±8.42
6 年	169.31±7.78	140.16±6.65	157.77±1.04	153.88±2.18	164.88±6.15	139.05±7.86	158.97±7.80

由表4可知,不同连作年限烟田烤烟根际和非根际土壤中全氮含量随烤烟生育期的变化与碱解氮含量随烤烟生育期的变化基本一致。根际与非根际土壤中全氮含量相差不大,根际的略高。无论根际还是非根际,连作烟田土壤全氮含量在各生育期

均明显高于正茬,呈现累积效应。与正茬相比,连作2年、4年和6年烟田烤烟成熟期根际土壤中全氮含量分别增加0.08、0.26、0.36 mg/kg,非根际土壤中全氮含量分别增加0.06、0.23、0.32 mg/kg。

表4 不同连作年限烟田烤烟根际和非根际土壤的全氮含量

连作年限	移栽前	团棵期土壤全氮含量		旺长期土壤全氮含量		成熟期土壤全氮含量	
		非根际	根际	非根际	根际	非根际	根际
正茬	1.44±0.12	1.36±0.14	1.41±0.09	1.39±0.10	1.42±0.12	1.22±0.09	1.29±0.11
2年	1.52±0.13	1.40±0.12	1.44±0.14	1.45±0.14	1.47±0.11	1.28±0.12	1.37±0.09
4年	1.65±0.16	1.51±0.09	1.60±0.12	1.59±0.11	1.67±0.10	1.45±0.13	1.55±0.08
6年	1.73±0.12	1.59±0.13	1.68±0.11	1.66±0.12	1.69±0.12	1.54±0.11	1.65±0.13

2.4 供试土壤的磷素含量

由表5可知,在烤烟生育期内,不同连作年限烟田根际和非根际土壤速效磷含量的总体变化表现为先增加后降低的趋势,根际土壤速效磷含量均高于非根际土壤,且移栽前到团棵期有所增加,团棵期到旺长期的下降幅度较大,其中正茬土壤速效

磷含量的降幅最大。同一生育期相比,随着连作年限的增加,根际与非根际土壤速效磷含量呈增加趋势,到成熟期,连作2年、4年和6年的土壤中速效磷含量高于正茬,根际土壤速效磷含量分别比正茬高14.74%、24.04%、31.08%,非根际土壤速效磷含量分别比正茬高12.20%、19.77%、39.51%。

表5 不同连作年限烟田烤烟根际和非根际土壤的速效磷含量

连作年限	移栽前	团棵期土壤速效磷含量		旺长期土壤速效磷含量		成熟期土壤速效磷含量	
		非根际	根际	非根际	根际	非根际	根际
正茬	31.47±1.76	43.53±2.20	57.55±3.46	37.35±1.71	47.63±2.76	35.16±1.60	42.47±2.77
2年	37.63±2.98	48.37±1.01	60.66±3.77	43.35±3.01	52.11±3.70	39.45±2.02	48.73±2.75
4年	40.22±1.90	50.45±2.45	65.56±2.76	45.33±2.01	56.54±2.09	42.11±3.94	52.68±1.01
6年	46.28±1.24	56.07±3.33	67.68±4.38	52.29±3.05	61.94±3.92	49.05±1.67	55.67±2.94

由表6可见,不同连作年限烟田非根际土壤全磷含量在生育期内几乎都呈缓慢下降趋势,而根际土壤全磷含量呈先上升后下降的趋势。同一生育期相比,随着连作年限的增加,根际和非根际全磷含

量有所增加,与正茬烟田相比,连作2年、4年和6年根际土壤全磷含量成熟期分别增加了4.39%、10.51%和23.68%,非根际土壤分别增加了4.08%、10.20%和14.29%。

表6 不同连作年限烟田烤烟根际和非根际土壤的全磷含量

连作年限	移栽前	团棵期土壤全磷含量		旺长期土壤全磷含量		成熟期土壤全磷含量	
		非根际	根际	非根际	根际	非根际	根际
正茬	0.57±0.03	0.54±0.09	2.02±0.09	0.51±0.06	1.46±0.14	0.49±0.06	1.14±0.12
2年	0.58±0.04	0.56±0.02	2.06±0.03	0.53±0.03	1.63±0.13	0.51±0.04	1.19±0.10
4年	0.62±0.05	0.59±0.08	2.08±0.11	0.57±0.01	1.82±0.18	0.54±0.02	1.26±0.10
6年	0.64±0.06	0.61±0.01	2.11±0.11	0.59±0.02	1.91±0.12	0.56±0.04	1.41±0.07

2.5 供试土壤的钾素含量

钾素被称为烤烟最重要的品质元素^[15]。由表7和表8可知,在烤烟各生育期,根际土壤速效钾含量明显大于非根际土壤,而在不同连作年限烟田的整个生育期内,烤烟非根际土壤速效钾含量和全钾含量均呈先降后升再降的变化趋势,根际土壤速效钾含

量和全钾含量总体呈先增加后降低的趋势。土壤速效钾含量和全钾含量的最大值均出现在旺长期。这可能与钾肥追施的时间有关。同一生育期相比,随连作年限的增加,根际和非根际土壤速效钾含量和全钾含量逐渐升高,可见,长期连作使土壤钾素供应受阻,最终导致土壤钾素含量不断升高。

表 7 不同连作年限烟田烤烟根际和非根际土壤的速效钾含量

Table 7 Content of available K in rhizosphere and non-rhizosphere soil of tobacco at different cropping years mg/kg

连作年限	移栽前	团棵期土壤速效钾含量		旺长期土壤速效钾含量		成熟期土壤速效钾含量	
		非根际	根际	非根际	根际	非根际	根际
正茬	150.69±13.16	131.29±17.81	156.33±12.50	154.47±10.55	228.12±17.67	116.64±12.33	153.56±10.90
2 年	163.39±18.36	143.56±10.90	169.26±19.80	166.53±16.07	230.41±13.14	125.80±10.46	166.80±11.46
4 年	181.39±17.81	165.39±13.36	182.27±12.53	192.27±13.87	240.71±25.67	161.86±13.87	191.86±13.87
6 年	190.69±15.96	178.96±16.96	187.74±13.90	215.27±25.55	256.38±14.30	182.95±21.87	198.05±12.42

表 8 不同连作年限烟田烤烟根际和非根际土壤的全钾含量

Table 8 Content of total K in rhizosphere and non-rhizosphere soil of tobacco at different cropping years g/kg

连作年限	移栽前	团棵期土壤全钾含量		旺长期土壤全钾含量		成熟期土壤全钾含量	
		非根际	根际	非根际	根际	非根际	根际
正茬	14.35±3.06	13.51±1.12	14.94±2.52	14.61±1.62	15.49±0.41	12.22±0.03	13.61±0.62
2 年	15.08±3.14	14.38±1.01	15.51±2.52	15.48±0.22	15.98±1.49	12.83±0.11	13.96±0.55
4 年	15.76±1.82	14.72±2.04	16.02±0.33	16.19±0.16	16.62±0.42	13.60±3.32	14.32±1.44
6 年	16.50±2.40	16.02±1.33	16.32±0.46	16.64±2.33	16.99±1.30	14.72±0.25	15.06±1.05

2.6 烤烟连作对根际和非根际土壤速效养分比例的影响

适宜的土壤碱解氮、速效磷、速效钾含量比例是优质烟叶生产的关键，比例失调会抑制植株对某些养分的吸收^[4]。由表9可知，不同连作年限烟田根际和非根际土壤有效养分比例随生育进程的推进而增大，移栽前正茬的比例为1 0.23 1.12，到成熟期非根际土壤提高到1 0.34 1.14，根际土壤提高到1 0.36 1.29；连作6年移栽前的比例为1 0.27 1.13，到成熟期非根际土壤提高到1 0.35

1.32，根际土壤提高到1 0.35 1.25。同一生育期相比，非根际土壤的比值随连作年限的延长有所增大，速效钾含量的增幅最大；不同生育期的比值变化不一致，团棵期和成熟期的比值随着连作年限的延长先增加后降低；旺长期的比值随着连作年限的延长而增加。可见，烟田连作导致根际与非根际土壤中碱解氮、速效磷、速效钾含量比例发生了变化，导致土壤养分结构改变和土壤养分的失衡，相对于速效氮含量和速效氮磷来说，根际土壤速效钾含量发生亏缺，而非根际土壤速效钾含量发生累积。

表 9 不同连作年限烟田烤烟根际与非根际土壤的土壤碱解氮、速效磷、速效钾的含量比

Table 9 Proportion of available N, P, K in rhizosphere and non-rhizosphere soil of tobacco at different cropping years

连作年限	移栽前	土壤碱解氮、速效磷、速效钾的含量比													
		团棵期				旺长期				成熟期					
		非根际		根际		非根际		根际		非根际		根际			
正茬	1 0.23 1.12	1 0.39 1.18	1 0.45 1.23	1 0.30 1.22	1 0.36 1.71	1 0.34 1.14	1 0.36 1.29								
2 年	1 0.27 1.16	1 0.42 1.24	1 0.45 1.25	1 0.33 1.26	1 0.38 1.68	1 0.35 1.13	1 0.38 1.30								
4 年	1 0.26 1.18	1 0.39 1.28	1 0.47 1.30	1 0.33 1.38	1 0.38 1.63	1 0.34 1.29	1 0.37 1.35								
6 年	1 0.27 1.13	1 0.40 1.28	1 0.43 1.19	1 0.34 1.40	1 0.38 1.55	1 0.35 1.32	1 0.35 1.25								

3 结 论

随烤烟生育期进程的推进，不同连作年限烟田烤烟根际和非根际土壤pH总体呈先降低后增加的趋势；根际土壤有机质含量逐渐增加，而非根际土壤有机质含量先降低后增加；根际和非根际土壤碱解氮含量和全氮含量，非根际土壤速效钾含量和全

钾含量均呈现出先降后升再降的变化趋势；根际土壤速效钾含量、全钾含量及根际和非根际土壤速效磷含量先增加后降低；非根际土壤全磷含量呈缓慢下降趋势，而根际土壤呈先上升后下降的趋势。随着连作年限的增加，根际和非根际土壤pH逐渐下降，有机质含量、全量和有效态的氮、磷、钾含量

均出现不同程度的累积。根际土壤pH低于非根际土壤,而根际土壤有机质含量和全量、有效态的氮、磷、钾含量均高于非根际土壤。不同连作年限烟田根际和非根际土壤有效态氮、磷、钾比例随生育期进程的推进而增大,烟田连作导致根际与非根际土壤中有效态氮、磷、钾比例发生变化,相对于速效氮和速效磷来说,根际土壤速效钾含量发生亏缺,而非根际土壤速效钾含量发生累积。

参考文献:

- [1] 张科,袁玲,施娴,等.不同植烟模式对烤烟产质量、土壤养分和酶活性的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(1):124-128.
- [2] 赵凯,娄翼来,王玲莉,等.烤烟连作对烟叶产量和质量的影响[J].现代农业科技,2008(8):118-119.
- [3] 晋艳,杨宇虹,段玉琪,等.烤烟轮作、连作对烟叶产量质量的影响[J].西南农业学报,2004,17(增刊):267-271.
- [4] 邓阳春,黄建国.长期连作对烤烟产量和土壤养分的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(4):840-845.
- [5] 胡汝晓,赵松义,谭周进,等.烟草连作对稻田土壤微生物及酶的影响[J].核农学报,2007,21(5):494-497.
- [6] 何琳,娄翼来,王玲莉,等.烤烟连作对土壤养分状况的影响[J].现代农业科技,2008(8):115-116.
- [7] 王连君,谷思玉.烤烟连作对土壤养分的影响[J].烟草科技,2004(9):40-42.
- [8] 叶功富,侯杰,张立华,等.不同年龄木麻黄林地根际土壤养分含量和酶活性动态[J].水土保持学报,2006,20(4):86-89.
- [9] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2001:25-103.
- [10] 周冀衡,方晓东,段灿枝,等.不同烤烟品种对根际pH适应能力的研究[J].中国农业科学,1999,32(3):105-107.
- [11] 陈建军,陈建勋,吕永华.根际pH对烟草无机营养的影响[J].植物生理学通讯,1996,32(5):341-344.
- [12] 何俊瑜,陈博,陈秀兰,等.贵州铜仁地区主要烟区植烟土壤养分状况[J].土壤,2012,44(6):953-959.
- [13] 时安东,李建伟,袁玲.轮间作系统对烤烟产量、品质和土壤养分的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(2):411-418.
- [14] 关广晟,屠乃美,肖汉乾,等.不同种植方式植烟土壤养分及烟叶化学成分的差异[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2007,33(1):28-31.
- [15] 韦峥宇,沈方科,尹永强,等.有机酸-钾、有机酸-钾镁对烤烟烟叶钾含量及产质量的影响[J].广东农业科学,2011(5):78-80,89.

责任编辑:王赛群
英文编辑:王 库