

王筱滢,张云贵,刘青丽,等. 根区施肥对烤烟干物质积累及氮吸收的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(8):70-73,80.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.08.016

# 根区施肥对烤烟干物质积累及氮吸收的影响

王筱滢<sup>1</sup>, 张云贵<sup>2</sup>, 刘青丽<sup>2</sup>, 李志宏<sup>2</sup>, 张美娟<sup>2</sup>, 黄纯杨<sup>3</sup>, 彭玉龙<sup>3</sup>, 张之砚<sup>3</sup>, 孟源<sup>3</sup>, 王鹏<sup>1</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学农学院,黑龙江大庆 163319; 2. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所/烟草行业生态环境与烟叶质量重点实验室,北京 100081; 3. 贵州省烟草公司遵义市公司,贵州遵义 563000)

**摘要:**为探明根区内不同施肥空间对烤烟氮素吸收与利用的影响,试验在田间条件下,设置 T1(对照)、T2(直径 15 cm)、T3(直径 20 cm)、T4(直径 25 cm)4 个处理,烤烟品种为云烟 87,小区试验设计,3 次重复。结果表明:土壤有效氮含量 T2 处理处于最低值,对照最高,2 个处理之间差异显著,T4 与对照之间无显著差异;地上部干物质积累量随着生育期延后表现出一直增加的变化,第 17 周时 T4 比对照提高了 17.78%,差异显著,T2、T3 均低于对照;地下部干物质积累量 T2 处于最低值,与对照之间差异显著,T4 高于对照 16.17 kg/hm<sup>2</sup>;地上部氮吸收量 T2、T3、T4 分别低于对照 17.82、9.04、6.07 kg/hm<sup>2</sup>;地下部氮吸收量 T4 低于对照 0.15 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,T2、T3 显著低于对照;T4 氮利用率高于对照 12.90%。分析认为,综合土壤有效氮积累量,地上、地下氮积累量和氮肥利用率可知根际施肥空间在 20 cm 之内不利于烤烟根系对氮素营养的吸收,而 T4 的空间施肥是提高氮素积累的最适处理。

**关键词:**根区施肥;烤烟;氮吸收;干物质积累

**中图分类号:** S572.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)08-0070-04

氮素在烟株生长发育过程中具有重要作用,特别是对烤烟产量、品质影响较大,在一定范围内施氮水平的提高能增加烟叶产量、提高烟叶等级<sup>[1]</sup>。然而受施肥方式和根系在土壤中非均匀分布的影响,只有局部土壤营养空间能够满足根系对养分的需求<sup>[2]</sup>,导致化肥利用率低,而通过区域施肥的方式可以提高肥料利用率<sup>[3-4]</sup>。而在耕层中如何选择最佳的施肥位置,目前报道较少。尽管一些研究已经证实肥料深施、穴施或条施均可以不同程度提高肥料利用率<sup>[5]</sup>,但施肥位置对提高肥料利用率还能有多大的潜力和空间有待进一步研究<sup>[6]</sup>。有研究指出,局部供应磷素可以促进小麦幼苗生长及同化物向根系的运输<sup>[7]</sup>;局部供应氮、锌元素有利于根系向养分富集区生长<sup>[8]</sup>;研究表明,养分局部供应区域根系的吸收能力明显增大,可以补偿根区养分非均匀供应造成的影响,这种局部供氮使根系生长提高是对缺氮部分的生长补偿<sup>[9]</sup>;目前有关养分局部供应的研究多集中在模式植物上,国内有关局部施肥对烤烟养分吸收利用和分配的研究尚未见报道。本试验探讨根区内不同施肥空间对烤烟氮素吸收与利用的影响,旨在探讨烤烟对氮素吸收和对肥料利用率的影响,为烤烟生产提供理论依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 试验地点

试验于 2017 年在贵州省遵义市正安烤烟科技园进行,试

收稿日期:2017-12-21

基金项目:黑龙江八一农垦大学研究生创新基金(编号:YZSCX2017-Y15);中国烟草总公司贵州省公司科技项目(编号:201703)。

作者简介:王筱滢(1992—),女,黑龙江鸡西人,硕士研究生,主要从事植物营养等方面的研究。E-mail:1139774460@qq.com。

通信作者:王鹏,博士,教授,博士生导师,主要从事植物营养方面的研究。E-mail:wangp.ycs@163.com。

验品种为云烟 87。

### 1.2 试验设计

本试验设 4 个处理,T1 为对照,施肥方式为条施;T2 施肥直径为 15 cm,深度 20 cm;T3 施肥直径为 20 cm,深度 20 cm;T4 施肥直径为 25 cm,深度 20 cm。试验采取随机区组设计,3 次重复,小区面积 66.7 m<sup>2</sup>。施肥方法:T1 处理为起垄之后肥料条施,施肥深度 20 cm;T2、T3、T4 分别将不同管径施肥管置于土壤 20 cm 深,然后肥料施于不同管径范围内的土壤中,将施入的肥料与 20 cm 土体充分混合均匀后,将施肥管取出(图 1)。

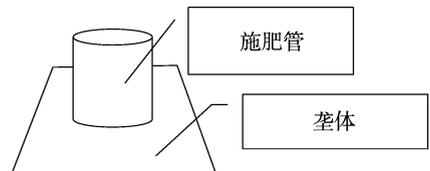


图1 施肥空间控制示意

基肥用烟草专用基肥(复混肥:含 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 分别为 9%、9%、25%)、尿素、过磷酸钙、硫酸钾,追肥用烟草专用追肥(复混肥:含 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 分别为 15%、0%、30%)。各处理氮磷钾用量均为纯 N 90 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 240 kg/hm<sup>2</sup>(表 1)。各处理其他田间管理相同。

### 1.3 田间采样与测定

**1.3.1 土壤采样** 烤烟成熟期,T1、T2、T3、T4 的各小区内选取代表平均长势的烟株 1 棵,以烟株为中心沿垄体平面做十字交叉,长 40 cm、宽 20 cm,取 5 cm × 5 cm × 5 cm 立方体土壤(图 2),分别取垄体 0 ~ 5 cm、5 ~ 10 cm、10 ~ 15 cm、15 ~ 20 cm 深度(图 3),分拣各样品中的根系,称质量。土样测定土壤有效 N 含量。

**1.3.2 植株采样与测定项目** 各处理移栽后 30 d,选择能代

表1 试验肥料用量

处理	纯养分量(kg/hm <sup>2</sup> )						
	基肥(N, 占比60%)	基肥(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 占比100%)	基肥(K <sub>2</sub> O, 占比60%)	移栽15 d(N, 占比15%)	移栽15 d(K <sub>2</sub> O, 占比15%)	移栽35 d(N, 占比25%)	移栽35 d(K <sub>2</sub> O, 占比25%)
T1	54	90	162	13.5	40.5	22.5	67.5
T2	54	90	162	13.5	40.5	22.5	67.5
T3	54	90	162	13.5	40.5	22.5	67.5
T4	54	90	162	13.5	40.5	22.5	67.5

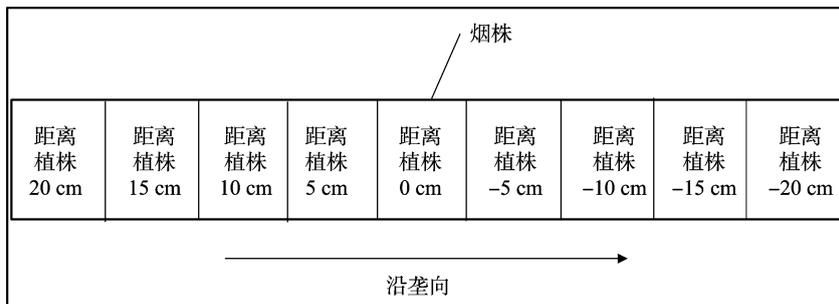


图2 土壤取样平面示意

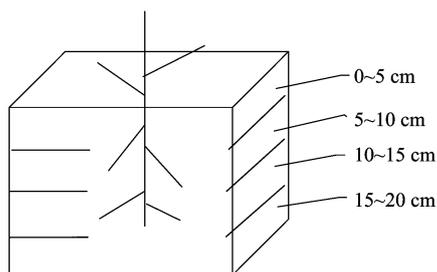


图3 土壤取样纵向示意

表小区平均长势的烟苗挂牌为样品采集株;分别在移栽后5、7、9、11、13、15、17周取整株烟,分根、茎、下部叶(6张)、中部叶(6张)和上部叶5个部位,烟杈并入烟茎样品,烘干称质量,粉碎后测定氮含量。土壤碱解氮的测定采用碱解扩散法,

植株全氮含量的测定采用过氧化氢-硫酸消煮,用凯氏定氮仪测定;氮肥利用率采用差减法进行测算。

1.4 数据处理

试验数据经 Excel 2010 整理后作图,并用 SPSS 11.5 软件对数据进行分析,显著性检验均采用 SPSS 分析方法。

2 结果与分析

2.1 根区内不同施肥空间对土壤有效氮含量的影响

由图4可见,从土壤有效氮热图上来看,各处理当耕层深度相同时,距离植株0~10 cm的土样,有效氮含量最高,随着距离的增加,有效氮含量逐渐降低。当与植株的距离一定时,随着耕层深度的增加,各处理有效氮含量总体是减少的。

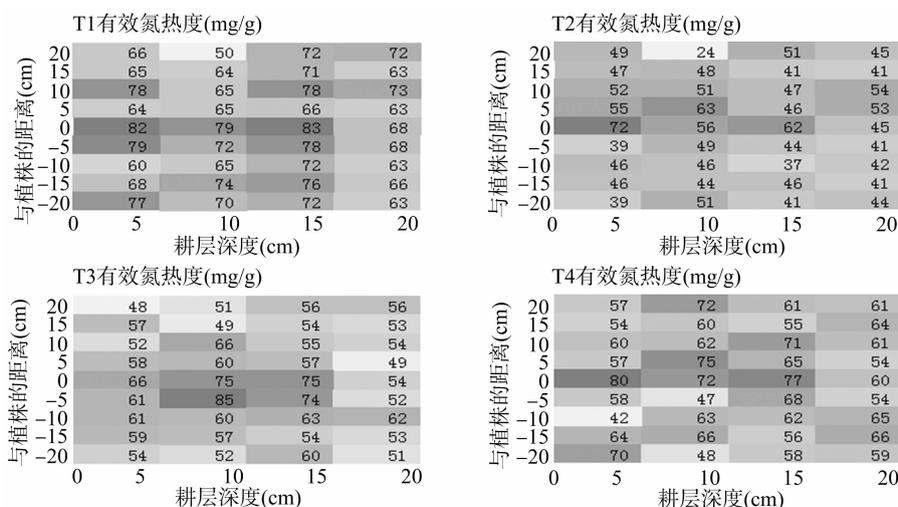


图4 有效氮热力

由表2可知,从土壤有效氮含量变化上来看,不同处理之间也存在差异。耕层0~5 cm深度范围内,除距离±5 cm处外,T1处理有效氮含量处于最高值,T2处理处于最低值,2个

处理之间存在显著差异,T4处理除距离±10 cm处外,其余取样点均与T1处理之间无显著差异,T3处理在10 cm、20 cm处显著低于T1处理;耕层5~10 cm深度范围内,距离植株

±(5~15) cm T1 处理处于最高值,显著高于 T2 处理,距离 ±(5~20) cm 取样点 T4 处理与 T1 处理之间均无显著差异,显著高于 T2 处理,T3 处理在距离植株 ±15 cm、±20 cm 处显著低于 T1 处理;耕层 10~15 cm 深度范围,T1 处理处于最高值,其次为 T4 处理,2 个处理之间无显著差异,T2 处理处于最低值,显著低于 T1、T4 处理,T3 处理在距离 ±5 cm 处与 T1 处理之间无显著差异,距离植株 ±(10~20) cm 处 T3 与 T1 处理之间差异显著;耕层 15~20 cm 深度范围,除距离植株 ±15 cm 处之外,其余取样点均表现为 T1 最高,T4 次之,2 个处理之间无显著差异,同时 T2 仍然处于最低值,显著低于 T1 处理,T3 与 T1 之间无显著差异。

表2 土壤有效氮含量变化分析

耕层深 (cm)	处理	有效氮含量(mg/g)			
		距离 ±5 cm	距离 ±10 cm	距离 ±15 cm	距离 ±20 cm
0~5	T1	71.71aA	69.02aA	66.17aA	71.55aA
	T2	46.86bA	49.07bB	46.23bA	44.01bC
	T3	59.52abA	56.36bAB	58.10abA	50.97bBC
	T4	81.37aA	50.97bB	59.21abA	63.64aAB
5~10	T1	68.39aA	64.91aA	69.02aA	59.84aA
	T2	56.36bA	45.91bA	46.23cB	46.22cB
	T3	72.82aA	63.01aA	53.19bcAB	51.29bB
	T4	61.11abA	62.37aA	63.01abAB	59.84aA
10~15	T1	72.35aA	74.88aA	73.45aA	71.87aA
	T2	44.96bB	41.79cB	43.38cB	46.23cB
	T3	65.54aA	58.89bAB	54.14bB	57.94bAB
	T4	66.17aA	66.49abA	55.41bB	59.52bAB
15~20	T1	65.85aA	68.39aA	64.59aA	67.75aA
	T2	46.54bA	47.81bA	40.53bB	44.64bA
	T3	50.34abA	57.94abA	52.56abAB	53.51abA
	T4	53.82aA	63.01abA	65.22aA	59.84abA

注:同一耕层深度同列数据后不同大、小写字母分别表示在 0.01、0.05 水平下差异显著。

## 2.2 根区内不同空间施肥对烤烟干物质的影响

由图 5 可知,烤烟地上部干质量表现为随着生育期延后一直增加的变化趋势,T2、T3、T4 处理均在移栽后 17 周达到最高值,同时在不同生育期不同处理之间存在差异。5~11 周,T4 处理处于最高值,与对照相比分别提高了 58.84%、47.66%、44.19%、46.81%,方差分析结果表明,2 个处理之间差异显著;7~9 周,T3 仅次于 T4,分别低于 T4 处理 448.91、879.12 kg/hm<sup>2</sup>,其中 7 周时 2 个处理间差异显著,9 周时无显著差异,5、11 周 T2 仅次于 T4 处理,无显著差异,同时,T2、T3 与对照之间无显著差异;13~15 周,对照干物质积累量处于最高值,T4 次之,2 个处理分别相差 43.60、64.87 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,T3 处于最低值,分别低于 T4 处理 1 084.78、847.41 kg/hm<sup>2</sup>,差异显著,T2 分别高于 T3 处理 127.13、241.64 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,T2 显著低于 T1、T4 处理;17 周 T4 分别高于其他 3 个处理 644.90、1 057.38、1 308.70 kg/hm<sup>2</sup>,方差分析结果表明,T4 与 T1 之间无显著差异,显著高于 T2、T3 处理,T2、T3 与 T1 之间无显著差异。

## 2.3 根区内不同空间施肥对烤烟根系干物质积累的影响

由图 6 可知,烤烟根系干物质积累量表现为随着生育期延长先升高后降低的变化趋势,不同处理之间存在差异。5

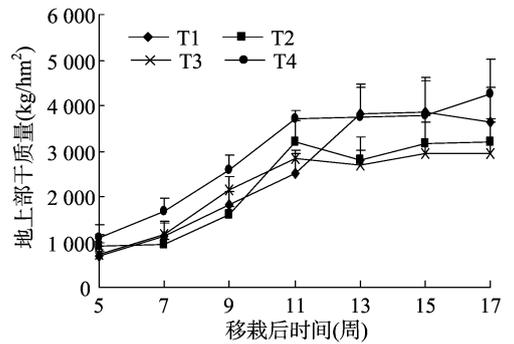


图5 根区内不同空间施肥对烤烟干物质的影响

周时, T1 分别高于 T2、T3、T4 处理 32.18、31.96、1.82 kg/hm<sup>2</sup>,所有处理之间无显著差异,7、9 周 T4 处理处于最高值,其次为 T3 处理,2 个处理分别相差 6.55、0.11 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,T2 与 T1 处理相近;11、13 周 T1 处理处于最高值,其次为 T3 处理,2 个处理之间相差 38.56、61.38 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,T4 处理分别低于 T1 处理 63.31、135.52 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异;15 周时,T2 处理最高,分别高于 T1、T3、T4 处理 38.67、50.55、22.94 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异;17 周时 T4 处理达到最高值,高于对照 16.17 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,T2、T3 处理分别低于 T1 处理 217.25、108.96 kg/hm<sup>2</sup>,差异显著。

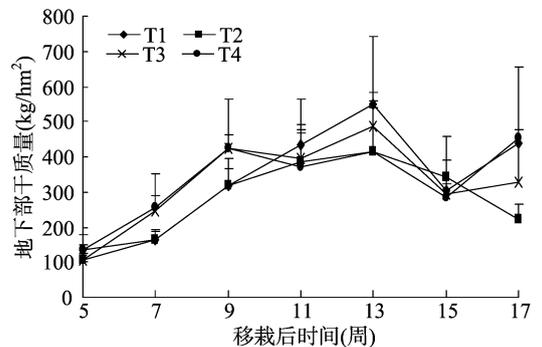


图6 根区内不同空间施肥对烤烟根部干物质积累的影响

## 2.4 根区内不同空间施肥对烤烟地上部分氮素吸收量的影响

由图 7 可知,烤烟地上部氮营养吸收量 T1 呈现出随着生育期延后一直升高的变化,而 T2、T3、T4 表现为先升高后略有降低的变化趋势。移栽后 5、7、9、11、13 周,T4 处理氮吸收量一直处于最高值,与对照相比分别提高了 25.70%、16.13%、32.92%、80.05%、2.77%,其中 5~11 周 2 个处理之间存在显著差异;5 周时,T2、T3 分别高于 T1 处理 5.87、2.39 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,T2 处理在 7、9 周分别低于 T1 处理 7.45、7.88 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,11 周高于 T1 处理 4.73 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,13、15、17 周处于最低值,分别低于 T1 处理 16.45、13.98、17.82 kg/hm<sup>2</sup>,差异显著;15 周时,T3 处理高于对照 8.67 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,T4 低于对照 1.77 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异;17 周时,T2、T3、T4 分别低于对照 17.82、9.04、6.07 kg/hm<sup>2</sup>,其中 T4 与对照之间无显著差异,T2、T3 均显著低于对照。

## 2.5 不同空间施肥对烤烟根部氮吸收的影响

由图 8 可知,T4 处理根系氮吸收量在移栽后 5~9 周呈现出一直升高的变化,9~17 周呈现出降低的变化,其他处理

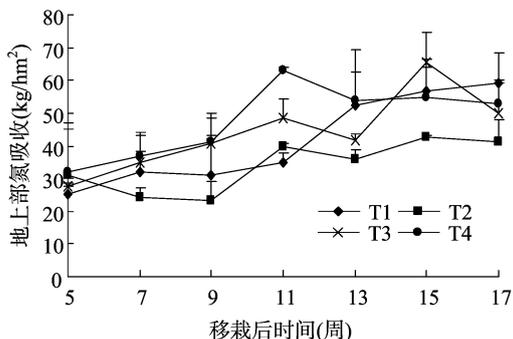


图7 根区内不同空间施肥对烤烟地上部氮积累的影响

在5~13周一直表现出升高的变化,13~15周表现出降低的变化,不同处理根系氮吸收量存在差异。移栽后5周,T2、T3、T4分别低于对照0.87、1.25、0.87 kg/hm<sup>2</sup>,所有处理之间无显著差异;7、9周T4处于最高值,与对照相比分别提高了1.43、2.40 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,T3与对照之间无显著差异,T2分别高于对照0.09、0.56 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异;11、13周T1处理处于最高值,分别高于T2处理2.91、2.89 kg/hm<sup>2</sup>,差异显著,T4分别低于T1处理2.81、0.82 kg/hm<sup>2</sup>,其中11周时差异显著;15周时,T3处于最高值,分别高于T1、T2、T4处理1.10、2.91、0.28 kg/hm<sup>2</sup>;17周时,T4仅低于对照0.15 kg/hm<sup>2</sup>,无显著差异,2个处理均显著高于T2、T3处理。

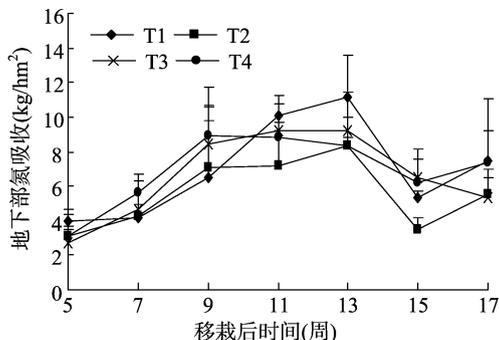


图8 烤烟根系氮吸收变化情况

## 2.6 根区内不同空间施肥对氮肥利用率的影响

由图9可知,不同处理对烤烟氮肥利用率的影响存在差异。从试验结果来看,T2低于对照8.92%,无显著差异;T3低于对照4.31%,无显著差异,T2处理和对照相似;T4高于对照34.48%,差异显著,T4处理能显著提高烤烟氮肥利用率。

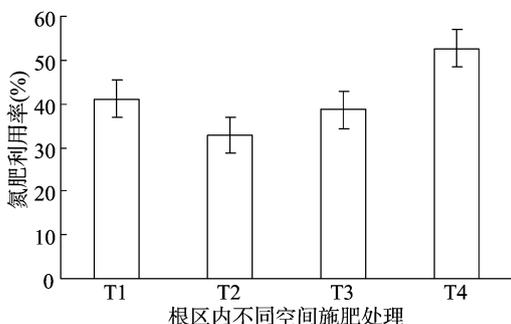


图9 根区内不同空间施肥对烤烟氮肥利用率的影响

## 3 讨论与结论

烤烟主要通过根系吸收养分,所以根系分布范围以及根

系分布区内养分供应状况直接影响烤烟的生长<sup>[10]</sup>,通过分析和研究土壤中养分的分布对烤烟生长以及氮吸收的影响规律,对指导烤烟根际施肥生产实践具有重要作用。

### 3.1 不同空间施肥对烤烟地上部及地下部干物质质量的影响

烤烟地上部干物质积累量受根际施肥直径的影响而不同,根际施肥直径在25 cm时(T4)对促进地上部以及根系干物质积累量增加效果最佳,分析原因认为这可能与烤烟根系分布范围较大有关,特别是后期,根系主要吸收区域的外延使得施肥分布范围大的处理更加有利于根系吸收营养并促进烤烟植株生长<sup>[11]</sup>,而施肥根际范围15 cm(T2)由于距离烤烟根系过近,导致后期营养不足,从而使得烤烟干物质积累量降低比较显著,而施肥范围在20 cm时(T3),烤烟干物质积累量与T4之间并无显著差异,但是与对照之间也没有显著差异,证明该施肥直径仍然过小,不利于烤烟后期生长对养分的需求<sup>[12]</sup>。

### 3.2 不同空间施肥对烤烟地上部及地下部氮积累量的影响

烤烟氮吸收高峰一般在9~13周之间<sup>[13]</sup>,该生育阶段氮肥供应量的影响高低直接影响烤烟氮营养的吸收量高低,从烤烟地上部氮吸收量变化上来看,T2处理处于最低值,说明该处理不利于烤烟氮吸收,T4处理与对照之间无显著差异,说明施肥直径在25 cm时对促进烤烟地上部氮吸收效果最佳;从根系氮吸收变化上来看,仅T4处理与对照之间无显著差异,其余2个处理均显著低于对照,证明根际施肥半径低于20 cm不利于烤烟根系对氮营养的吸收<sup>[14]</sup>。

### 3.3 不同空间施肥对土壤有效氮含量的影响

从土壤有效氮含量变化上来看,T2处理根际周围有效氮含量最低,T4处理最高,说明根际施肥对土壤内有效氮含量具有较大影响;本试验研究表明,T1、T2、T3处理土壤有效氮含量皆低于CK处理的土壤有效氮含量。成熟期土壤氮素的降低,有利于烤烟落黄和烟叶品质的提高<sup>[15]</sup>。CK处理各土层有效氮含量相近原因还有待进一步研究。

### 3.4 不同空间施肥对烤烟氮肥利用率的影响

从氮肥利用率上来看,根际施肥直径在25 cm时氮肥利用率最佳,这与肖元松等的研究结果<sup>[16]</sup>相似,证明根际施肥对烤烟生长以及氮营养吸收具有显著的作用。

## 参考文献:

- [1]王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003:35-38.
- [2]孙三民,安巧霞,杨培岭,等.间接地下滴灌灌溉深度对枣树根系和水分的影响[J].农业机械学报,2016,47(8):81-90.
- [3]高凤菊,吕金岭.尿素深施对小麦产量及氮肥利用率的影响[J].山东农业科学,2006(3):48-49.
- [4]吕殿青,高华,方日尧,等.渭北旱塬冬小麦产区提前深耕一次深施肥料的肥水效应与理论分析[J].植物营养与肥料学报,2009,15(2):269-275.
- [5]闫湘,金继运,何萍,等.提高肥料利用率技术研究进展[J].中国农业科学,2008,41(2):450-459.
- [6]王川,林治安,李絮花.施肥方式对夏玉米产量和养分吸收利用的影响[J].湖南农业科学,2011(3):36-37.
- [7]庞欣,李春俭,张福锁.部分根系供磷对小麦幼苗生长及同化物分配的影响[J].作物学报,2000,26(6):719-724.
- [8]孙海国,林杉,张福锁.小麦根系接受缺磷信号的部位[J].植

又可作用于土壤,使土壤活性产生变化,进而促进农田土壤中养分转化,增强叶片光合产物制造的强度。

非光化学淬灭(NPQ)反映的是PS II天线色素吸收的光能不能用于光合电子传递而以热的形式耗散掉的光能部分,基本反映了叶黄素循环的非辐射耗散途径的强弱,而有效光化学量子产量反映的则是PS II反应中心原初光能捕获效率<sup>[11]</sup>。通过对荧光参数结果的分析可以看出,生物降解膜处理,烟叶具有较高的PS II光化学活性;各处理NPQ的强弱存在差异,覆降解膜的处理NPQ较小,说明通过非辐射耗散的热能较少,而 $F_0$ 的上升则可能是由于PS II反应中心破坏或逆失活, $F_0$ 增幅较小,反应受破坏程度较低。

### 3.2 生物降解膜覆盖下烟株农艺性状对环境的响应

合理的栽培措施可以使根系发育免受制约,进而提高烟叶产质量。侯加民等认为,根系的发育与土壤环境有关<sup>[12]</sup>。生物降解膜进行覆盖可以避免由普通地膜覆盖后因回收困难所带来的土壤板结、通透性变差的问题。土壤与大气之间气体交换的不畅以及土壤环境的持续恶化都会阻碍根系的正常发育。马新明等研究表明,烤烟的根数量与株高、叶数呈显著正相关<sup>[13]</sup>。通过本试验对生物降解膜覆盖下烤烟农艺性状的调查可以看出,覆盖生物降解膜的处理叶数与株高显著高于对照组,这说明覆盖所形成的农田小气候会对烤烟植株生长产生一定的影响,体现在膜下土壤水分的调控、膜内土壤湿度的保持,这些因素都会在促进根系发育的同时在一定程度上促进烤烟地上部的生长。

### 3.3 生物降解膜覆盖下烤烟生育期干物质总量的变化

干物质的合成主要来源于烟叶的光合作用,经筛管输送至根、茎,在烤烟的生长过程中,干物质会不断合成,且合成的量会随烟株的生长发育呈现出不同变化<sup>[14]</sup>。在烤烟移栽后的一段时间内外界环境温度较低,覆盖栽培有利于烟株的快速还苗进入生长期,相对延长处于旺长期的天数。旺长期是烟株及叶片生理活动最旺盛的时期,也是干物质制造和积累的高峰期,在旺长前期,烟株只进行营养生长,干物质积累较少,而随着生长期的推进,干物质积累迅速增加,养分的吸收强度也随之提高<sup>[15]</sup>。同一时期,覆盖生物降解膜的处理虽与覆地膜的处理相比较干物质积累量达不到显著差异,但从数据来看,覆盖生物降解膜的处理烟株根干物质的积累仍会在一定程度上有所提高。

## 4 结论

本试验所采用的金发科技研发生产的降解膜与普遍使用

的聚乙烯薄膜具有相同程度的覆盖栽培效果,北方烟区冬季异常寒冷,在烟苗进行移栽时环境温度较低,而覆盖栽培则可以增温保湿,使烟株可以快速还苗进入旺长期,改善根系生长发育的不利条件,增加干物质的积累强度,因其对具有土壤及周围环境无污染的优点,适合在我国北方烟区推广使用。

### 参考文献:

- [1] Chakraborty D, Nagarajan S, Aggarwal P A, et al. Effect of mulching on soil and plant water status, and the growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in a semi-arid environment [J]. *Agricultural Water Management*, 2008, 95 (12): 1323-1334.
- [2] Zhou L M, Li F M, Jin S L, et al. How two ridges and the furrow mulched with plastic film affect soil water, soil temperature and yield of maize on the semiarid Loess Plateau of China [J]. *Field Crops Research*, 2009, 113 (1): 41-47.
- [3] 尹光华, 佟娜, 郝亮, 等. 不同覆盖材料对地温和花生叶片光合作用的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2012, 30 (6): 44-49.
- [4] 崔晓红. 地膜覆盖在农业生产中的应用探讨[J]. *现代农业科技*, 2013 (16): 192-192, 195.
- [5] 蒋水萍, 穆青, 毛春堂, 等. 不同揭膜破膜时间与方式对烤烟生长及品质的影响[J]. *贵州农业科学*, 2014, 42 (1): 36-40, 41.
- [6] 周炼川, 唐国俊. 生物可降解地膜在烤烟生产中的应用研究[J]. *现代农业科技*, 2012 (2): 250-250, 257.
- [7] 梁美英, 卜玉山, 李伟, 等. 不同覆盖材料土壤水温效应与作物增产效应分析[J]. *中国农学通报*, 2011, 27 (9): 328-335.
- [8] 何文清, 赵彩霞, 刘爽, 等. 全生物降解膜田间降解特征及其对棉花产量影响[J]. *中国农业大学学报*, 2011, 16 (3): 21-27.
- [9] 王峥, 宋洪卫, 张炳军, 等. 种植密度对烤烟叶片光和特性、叶绿素荧光特性及产质量的影响[J]. *安徽农业科学*, 2014, 42 (6): 1632-1634, 1638.
- [10] 张广富, 赵铭钦, 韩富根, 等. 烤烟净光合速率与生理生态因子的关系[J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2011, 37 (2): 187-192.
- [11] 余凌翔, 朱勇, 钟楚, 等. 生态环境对烟草农艺性状和叶绿素荧光特性的影响[J]. *中国农业气象*, 2015, 36 (2): 149-154.
- [12] 侯加民, 张忠锋, 任明波, 等. 烤烟根系发育与烟叶产质量关系的研究[J]. *中国烟草科学*, 2003, 24 (2): 16-18.
- [13] 马新明, 刘国顺, 王小纯, 等. 烟草根系生长发育与地上部相关性的研究[J]. *中国烟草学报*, 2002, 8 (3): 26-29.
- [14] 滕永忠, 李素华, 王瑞宝, 等. 滇东南烟区烤烟干物质和养分的分配状况研究[J]. *中国烟草科学*, 2005, 26 (1): 17-19.
- [15] 韩锦峰. 烟草栽培生理[M]. 北京: 农业出版社, 2003.
- [13] 刘雪琴. 有机肥对烤烟产量和品质的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2007.
- [14] 张守仕, 彭福田, 姜远茂, 等. 肥料袋控缓释对桃氮素利用率及生长和结果的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2008, 14 (2): 379-386.
- [15] 张亮, 黄建国. 有机肥对烤烟生长及产量品质影响的研究进展[J]. *贵州农业科学*, 2011, 39 (6): 51-54.
- [16] 肖元松, 彭福田, 房龙, 等. 树盘施肥区域大小对 $^{15}\text{N}$ 吸收利用及桃幼树生长的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2014, 20 (4): 957-964.

(上接第73页)

物生理学通讯, 2001, 37 (3): 201-203.

- [9] 史正军, 樊小林, Klaus D, 等. 根系局部供氮对水稻根系形态的影响及其机理[J]. *中国水稻科学*, 2005, 19 (2): 147-152.
- [10] 曹鹏云, 鲁世军, 张务水. 植烟土壤有机质含量与有机肥施用概况[J]. *中国烟草学报*, 2004, 10 (6): 40-42.
- [11] 张吉立, 刘振平, 王宁, 等. 不同重茬烤烟干物质的积累规律及其产值[J]. *西北农业学报*, 2010, 19 (8): 111-115.
- [12] 张翔, 毛家伟, 黄元炯, 等. 不同施肥处理对烤烟干物质积累与分配的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2011 (3): 31-34, 91.