

保水剂用量对豫西旱地土壤养分和烤烟质量的影响

梅雅楠¹,赵世民²,赵铭钦¹,孔德辉²,史龙飞²

(1.河南农业大学烟草学院/国家烟草栽培生理生化研究基地,河南 郑州 450002;2.河南省洛阳市烟草公司,河南 洛阳 471000)

摘要:为了缓解豫西旱地烟田干旱缺水以及烤烟产质量不稳定等问题,在洛阳烟区设置保水剂不同施用量田间试验处理,T1(CK):当地常规栽培措施(不施保水剂),T2:保水剂 15kg·hm⁻²,T3:保水剂 30 kg·hm⁻²,T4:保水剂 45 kg·hm⁻²,探究保水剂对豫西烟田土壤水分、养分、烤烟生长、化学质量以及经济性状的影响。结果表明:T4和T3较CK可以显著提高烤烟生育期各时期内的土壤含水率、碱解氮含量、速效磷含量、速效钾含量和有机质含量;施用保水剂可以提高烤烟的总糖、还原糖、钾、类胡萝卜素类、棕色化产物和新植二烯的含量,降低烟碱、氯、芳香族氨基酸类和类西柏烷类的含量,提高烤烟的糖碱比和钾氮比,协调烟叶中性致香成分,提高烟叶质量;T4和T3的烤烟产量较CK显著增加12.79%和10.25%;T4、T3和T2的烤烟产值较CK显著增加15.07%、15.25%和4.51%。在保水剂施用量30kg·hm⁻²的条件下,土壤速效养分较好,烤后烟的化学质量和经济效益最佳。

关键词:保水剂施用量;土壤养分;烤烟质量;豫西旱地

中图分类号:S572;S156.2 文献标志码:A

Effects of super absorbent polymers' dosages on soil nutrient and quality of flue-cured tobacco in Western Henan arid region

MEI Ya-nan¹, ZHAO Shi-min², ZHAO Ming-qin^{1*}, KONG De-hui², SHI Long-fei²

(1. College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, National Tobacco Cultivation & Physiology & Biochemistry Research Center, Zhengzhou, Henan 450002, China; 2. Luoyang Tobacco Company, Luoyang, Henan 471000, China)

Abstract: In order to improve water shortage of tobacco field and unstable yield and quality of tobacco in the arid land of west Henan Province, four treatments of super absorbent polymers (SAPs) in the field experiments were carried out in Luoyang tobacco growing area. T1 (CK) represented local conventional cultivation measures without SAP, T2 represented 15 kg·hm⁻² of SAPs, T3 represented 30 kg·hm⁻² of SAPs and T4 represented 45 kg·hm⁻² of SAPs. The influence of super absorbent polymers on soil moisture and nutrient, the growth of tobacco, chemical property and economic characters of flue-cured tobacco were studied. Results indicated that the T4 and T3 can improve the soil moisture content, alkali-hydrolyzable nitrogen content, available phosphorus content, available potassium content and organic matter content in each stage of the whole tobacco growing period than CK; Application the SAP can significantly increase the content of total sugar, reducing sugar, potassium, carotenoid catabolites, the products of browning reaction and neophytadiene of tobacco, decrease the nicotine, chlorine, aromatic amino acid and cembratriendiol catabolites content. The ratio of sugar to nicotine and the ratio of potassium to chlorine had increased. The neutral aroma components of tobacco was coordinated, which improves the quality of tobacco leaves. The tobacco yield from T4 and T3 treatments had significantly increased by 12.79% and 10.25% compared with CK, respectively. The production value of tobacco from T4, T3 and T2 treatments had significantly increased by 15.07%, 15.25% and 4.51%. Under the condition of 30 kg·hm⁻² SAPs, not only available soil nutrients improved, but also the chemical components and economic benefit of flue-cured tobacco improved.

Keywords: super absorbent polymers dosages; soil nutrients; quality of flue-cured tobacco leaf; Western Henan arid region

烟草是豫西丘陵旱作区重要的经济作物之一,洛阳烟区大部分属于旱作烟田,地形主要以丘陵和浅山区为主,地势较高,光照充足,所产烟叶色香味品质均好于平原水浇地烟区^[1]。因此,旱作烟草具有十分重要的地位。但是豫西水资源贫乏、降雨量少、土壤瘠薄,保水保肥性能差成为制约烟叶生产的重要因子,烟株常常被迫在低营养水平下生长,烟叶产量和质量也受到影响。

保水剂是一种具有高吸水特性的高分子材料,具有反复吸水的功能^[2]。同时,作为一种新型的节水材料,它不但保水、保肥而且能够改善土壤的水、气、热状况^[3]。研究表明,保水剂可以增加旱地土壤水分入渗,减少土壤水分流失,加速土壤有机物质的分解与矿化,改善土壤养分状况^[4-9],并且在烤烟种植中施用可以改善烟叶品质^[10-11]。目前,保水剂在旱作农业中的应用研究大多集中于马铃薯、小麦、棉花上^[12-14],在烤烟生产上的应用并不多,特别是对豫西旱地施用保水剂的研究鲜见报道。因此,结合生产实际需求,本试验探究了不同保水剂施用量对植烟土壤养分以及烤烟质量的影响,为旱地烤烟栽培管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地情况

2015 年保水剂试验安排在洛阳市洛宁县王村(34°26′11.42″N,111°37′57.22″E)进行,该试验地年均气温 13.7℃,日照 2217.6h,年平均无霜期 216d,年降水量 600~800mm,试验地要求土壤肥力中等,地势平坦,排灌方便。土壤类型为红粘土,有机质含量 13.13 g·kg⁻¹、速效氮含量 61.55 mg·kg⁻¹、速效磷含量 8.45 mg·kg⁻¹、速效钾 158.13 mg·kg⁻¹、pH 值 7.73,全生育期降水 434.2mm。

1.2 试验材料

供试保水剂为法国 SNF 保水剂,由河南路腾化工有限公司提供,主要成分是聚丙烯酰胺,有效成分 99%,呈白色颗粒状晶体,颗粒直径 0.85~2mm。试验品种为秦烟 96(该品种适应性广泛,适宜在黄淮烟区种植,适宜在肥水条件较好的地块种植^[15])。5 月 9 日移栽,种植密度为 120cm 行距,55cm 株距,密度 15000 株·hm⁻²,移栽 45d 揭膜。

1.3 试验设计

试验设 4 个保水剂处理:T1(CK),当地常规栽培措施(不施保水剂);T2,保水剂 15 kg·hm⁻²;T3,保水剂 30 kg·hm⁻²;T4,保水剂 45 kg·hm⁻²。共 4

个处理,重复 3 次,共 12 个小区。保水剂穴施在土壤中:移栽时先用移栽器挖开深度为 15~20cm 的倒锥形穴,将保水剂均匀撒入穴内,然后浇水后移栽,用土掩埋。将施肥按照常规施肥:复混肥(N:P₂O₅:K₂O=10:12:18)225 kg·hm⁻²,芝麻饼肥(N 5%)450 kg·hm⁻²;硫酸钾(K₂O 50%)225 kg·hm⁻²;重过磷酸钙(P₂O₅ 45%)150 kg·hm⁻²,肥料作为底肥全部条施。田间每小区成熟烟叶采用三段式烘烤工艺进行调制,按烤烟 42 级分级标准(国标)进行分级。

1.4 测定项目和方法

分别在 5 月 9 日(移栽前)、6 月 10 日(团棵期)、7 月 10 日(旺长期)、8 月 10 日(圆顶期)、9 月 10 日(成熟期)和 9 月 20 日(中部叶采收)5 个时期采用五点取样法取茎体 0~20cm 土壤。土壤含水量测定:采用烘干法测定土壤的含水量;主要土壤有效养分测定参照鲍士旦《土壤农化分析》^[16]采用碱解扩散法测定土壤的碱解氮含量,采用 0.5mol·L⁻¹ NaHCO₃法测定土壤速效磷含量,采用 NH₄OAc 浸提-火焰光度法测定土壤速效钾含量,采用稀释热法测定有机质含量;根据烟草行业标准 YC/T 142-2010 在旺长期用软尺测定烟株的茎围和株高,以及最大叶长和最大叶宽,将叶长和叶宽之积再乘以叶面积指数 0.6345 计算烤烟的叶面积;在收购时期调查烤烟的经济性状。

烤后烟选取 C3F 等级烟叶用于化学成分测定:采用连续流动分析仪测定烟叶常规化学成分^[17-18]:总糖、还原糖、烟碱、总氮、钾和氯;烤后烟中性致香成分测定:采用水蒸气蒸馏-二氯甲烷溶剂同时蒸馏萃取法,由 GC/MS 鉴定结果和 NIST02 库检索定性^[19]。

1.5 数据处理

通过 Microsoft Excel 和 SPSS 21.0 进行数据处理和分析,对数据进行多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对烟田土壤水分和养分的影响

2.1.1 不同处理对土壤含水率的影响 由表 1 看出,各处理的大田生育期内土壤含水率变化趋势一致,总体呈现先升高再降低、又升高的趋势,各个时期含水率与保水剂施用量呈正比。在团棵期,由于移栽时浇水以及地膜覆盖,土壤含水率呈增高趋势,在此阶段保水剂处理含水率显著高于 CK,T4 显著高于其它处理;在旺长期和团棵期,由于此时期

烟田揭除地膜,土壤的水分散失加快,烟株的生长耗水量也在增大,土壤的含水率呈下降趋势,含水率的降低速率和保水剂的施用量呈反比,T4和T3的土壤含水率显著高于T2和CK;在成熟期,由于天气降水比较集中,土壤的含水率迅速升高,土壤含水率的升高速率与保水剂施用量呈正比,T4显著高于其它处理,T3显著高于T2和CK;在中部叶采收时,保水剂处理间没有显著差异,但都显著高于对照。由此可见保水剂可以促进土壤含水量的增加,并且抑制土壤水分的散失,改善土壤的水分状况,增强旱地烤烟的抗旱性。

2.1.2 不同处理对土壤碱解氮含量的影响 由表2看出,各处理的大田生育期内土壤碱解氮含量变化趋势相似,呈现出先增高再降低的趋势,各个时期碱解氮含量都和保水剂的施用量呈正相关关系。从移栽到旺长期,土壤的碱解氮含量一直在增加,T4的碱解氮含量显著高于其它处理,T3处理显著高于T2和CK,T2和CK之间没有差异,可见施用保水剂可以增加土壤中碱解氮的含量;在圆顶期,土壤的碱解氮含量开始降低,降低速率与保水剂施用量呈反比,各个保水剂之间没有差异。T4和T3显著高于CK,T2和CK没有显著差异。成熟期,各

个处理的碱解氮含量都无明显差异;在中部叶采收阶段,T4和T3显著高于T2和CK。表明在烤烟的生长过程中,施加保水剂可以提高土壤的碱解氮含量,在生长中前期,保水剂效果比较显著,在生长后期,保水剂的效果开始降低。这样有利于烤烟的正常落黄,与烤烟生长发育对氮肥“少时富、老来贫”的需肥规律吻合。

2.1.3 不同处理对土壤速效磷含量的影响 由表3看出,所有处理烤烟根际土壤的速效磷含量在整个生育期基本呈降低趋势,这和烤烟的整个生育期对磷的吸收规律一致。在团棵期,由于在移栽过后烟苗较小,加上底肥的施入会使速效磷有短暂的增加过程,T4和T3显著高于T2和CK;从旺长期到成熟,土壤的速效钾含量一直在降低,T4显著高于T3,这两个处理显著高于CK和T2,说明施用保水剂可以提高土壤的速效磷含量;在成熟后期,T4、T3和T2之间没有显著差异,这三个处理显著高于CK,说明随着烟株生育期的进行保水剂的效果在降低,但是在烟株的整个生育期内仍然能够提高土壤的有效磷含量,为烟株的生长提供更充足的有效磷养分。

表1 不同处理的土壤含水率

Table 1 The soil moisture content of different treatments/%

处理 Treatment	移栽前 Before the transplant	团棵期 Resettling stage	旺长期 Vigorous growing stage	圆顶期 Round top stage	成熟期 Mature stage	中部叶采收 Cutters harvest periods
CK	15.86	20.90c	20.44b	20.24b	22.27c	22.08b
T2	15.87	22.36b	20.95b	20.37b	23.05c	22.82ab
T3	15.85	23.29b	22.08a	21.44a	24.08b	23.77a
T4	15.87	24.33a	23.23a	22.83a	25.41a	24.33a

注:同列不同小写字母表示不同处理差异达显著水平($P<0.05$),下同。

Note: Different lowercase letter in same column indicate significant differences ($P<0.05$). The same as below.

表2 不同处理的土壤碱解氮含量

Table 2 The soil alkali-hydrolyzable nitrogen content of different treatments/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

处理 Treatment	移栽前 Before the transplant	团棵期 Resettling stage	旺长期 Vigorous growing stage	圆顶期 Round top stage	成熟期 Mature stage	中部叶采收 Cutters harvest periods
CK	61.56	68.77c	86.09c	69.85b	63.49	55.43b
T2	61.55	73.52c	90.65c	71.54ab	64.80	56.39b
T3	61.58	78.10b	95.86b	74.54a	66.32	58.94a
T4	61.56	79.52a	98.86a	76.06a	67.75	59.49a

表3 不同处理的土壤速效磷含量

Table 3 The soil available phosphorus content of different treatments/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

处理 Treatment	移栽前 Before the transplant	团棵期 Resettling stage	旺长期 Vigorous growing stage	圆顶期 Round top stage	成熟期 Mature stage	中部叶采收 Cutters harvest periods
CK	8.43	8.57c	8.08c	7.85c	7.63c	7.47b
T2	8.45	8.76b	8.47c	8.01c	7.86c	7.50a
T3	8.45	9.00a	8.77b	8.48b	8.16b	7.66a
T4	8.44	9.13a	8.91a	8.71a	8.49a	8.19a

2.1.4 不同处理对土壤速效钾含量的影响 由表 4 看出,所有处理烤烟根际土壤的速效钾含量在整个生育期变化趋势都是一致的,呈现出先升高再降低的趋势,并在圆顶期达到最大,即在烤烟生长的中后期达到最高,符合优质烤烟生长对“钾素后移”的要求^[20]。在圆顶期之前土壤的速效钾含量增加的速度和施用保水剂的量成正比, T4 显著高于 T3, T3 显著高于 T2, T2 显著高于 CK, 表明保水剂可以显著促进土壤中养分的释放;在成熟期, T4 和 T3 的处理结果基本一致,说明保水剂在烤烟的生长后期作用减弱,在中部叶采收时,土壤的速效钾含量有所上升,原因可能是烟株生育后期对钾素的吸收变

表 4 不同处理的土壤速效钾含量

Table 4 The soil available potassium content of different treatments/(mg · kg⁻¹)

处理 Treatment	移栽前 Before the transplant	团棵期 Resettling stage	旺长期 Vigorous growing stage	圆顶期 Round top stage	成熟期 Mature stage	中部叶采收 Cutters harvest periods
CK	158.13	206.34d	224.38d	229.73d	184.44c	189.78b
T2	158.13	211.11c	231.74c	242.46c	189.75bc	192.13b
T3	158.13	213.73b	238.02b	241.89b	194.46b	203.44ab
T4	158.13	217.86a	243.04a	248.51a	196.81a	205.70a

表 5 不同处理的土壤有机质含量

Table 5 The soil organic matter content of different treatments/(g · kg⁻¹)

处理 Treatment	移栽前 Before the transplant	团棵期 Resettling stage	旺长期 Vigorous growing stage	圆顶期 Round top stage	成熟期 Mature stage	中部叶采收 Cutters harvest periods
CK	13.15	14.36b	16.52b	15.45b	14.43c	20.70d
T2	13.13	15.03b	18.88b	17.61b	16.84c	21.36c
T3	13.14	16.79a	19.52b	18.87b	17.94b	22.15b
T4	13.17	17.19a	20.47a	19.09a	18.37a	22.83a

2.2 不同处理对烤烟生长和产量的影响

2.2.1 不同处理对烟株农艺性状的影响 由表 6 可知,在旺长期内,不同处理间烟株的株高 T4 最大, T4 和 T3 显著高于 T2 和 CK;不同处理间茎围 T3 最大, T4、T3 和 T2 显著高于 CK;不同处理间 T4 最大叶面积最大, T4 和 T3 显著高于 T2 和 CK。保水剂处理各个农艺性状指标均高于对照,其中 T3 和 T4 显著高于 CK,说明保水剂处理仍能够促进烟株的生长。由于较粗的茎围以及适当的株高有利于旱区烟株的生长, T4 处理较大的株高会较多的水分消耗,并不利于旱地烟株的生长, T2 具有较大的茎围以及适当的株高更适合旱地烟株生长的需要。

2.2.2 不同处理对烤烟经济形状的影响 由表 7 可知,不同保水剂处理的各个烤烟经济形状均高于对照,其中 T2 和 CK 之间并没有差异,从产量上看, T4 显著高于 T3, T3 显著高于 T2 和 CK;从上等烟比

小,造成土壤速效钾的富余。

2.1.5 不同处理对土壤有机质含量的影响 由表 5 看出,所有处理烤烟根际土壤的有机质含量在旺长期之前呈增长趋势之后开始降低直到成熟阶段,到采收后期又快速上升,应该由于生长后期烤烟对有机质的吸收速率开始变慢再加上一部分烟根腐烂后被根际土壤吸收固定导致的。在成熟期之前,保水剂低施用量对土壤有机质的含量影响不大, T4 显著高于其它处理,其它处理间没有差异;到成熟期之后,各个处理间的差异显著, T4 显著高于 T3, T3 显著高于 T2 和 CK。

例来看, T3 的上等烟比例最高,显著高于 T2 和 CK;由于 T3 的上等烟比例最大,从而使 T3 的均价也最高,弥补了 T3 处理在产量上的劣势,使烤烟的产值也最大。综合来看,保水剂可以提高烤烟的产量和上等烟比例,其中 T3 处理产生的经济价值最大,即 T3 的经济效益最好。

表 6 不同处理的烟株农艺性状(旺长期)

Table 6 The agronomic characters of tobacco content of different treatments (vigorously growing stage)

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	茎围 Stem girth/cm	最大叶面积/ Maximal leaf area/cm ²
CK	110.00b	9.43b	1390.35b
T2	110.13b	10.00a	1396.66b
T3	113.33a	10.06a	1496.64a
T4	114.20a	10.02a	1531.15a

表7 不同处理的烤烟经济性状

Table 7 The economic characteristics of flue-cured tobacco of different treatments

处理 Treatment	产量 Yield/(kg·hm ⁻²)	产值 Output value/(yuan·hm ⁻²)	均价 Average price/(yuan·kg ⁻¹)	上等烟比例 Ratio of high grade leaves/%
CK	2517.30c	64870.80c	25.77b	33.84b
T2	2622.75c	67798.05b	25.85b	35.73b
T3	2775.20b	74763.05a	26.94a	41.08a
T4	2839.35a	74646.45a	26.29ab	38.42ab

2.3 不同处理对烤烟化学质量的影响

2.3.1 不同处理对烤烟常规化学成分的影响 由表8看出,施用保水剂可以提高烤后烟的糖分含量,总糖含量T4显著高于T2和CK,T3和其它处理没有差异;还原糖含量T4显著高于T2和CK,T3显著高于CK,和T4和T2没有差异,可以看出保水剂对烤后烟的还原糖影响比对总糖的影响稍大;烟碱含量CK显著高于其它处理,T2显著高于T4和T3,T4和T3没有显著差异,可以看出保水剂能够降低烤后烟的烟碱含量;钾含量T4显著高于其它处理,T3显著高于T2和CK,T2和CK之间没有差异,可以看出保水剂处理可以增加叶片对钾的吸收。氯含量CK显著高于T3和T4,和T2没有差异,可以看出保水剂能够降低烤后烟中的氯含量。从糖碱比来看,T4和T3显著高于T2和CK;钾氯比T4显著高于其它处理,T3显著高于T2和CK。各个处理的烤后烟总氮和氮碱比没有差异。根据烤烟化学成分评价指标体系,在所有处理中T2烤后烟的常规化学成分协调性最好。

2.3.2 不同处理对烤烟中性致香成分的影响 由表9看出,各个处理间除类胡萝卜素类呈显著差异

外,其它芳香族氨基酸类、类西柏烷类、棕色化产物和新植二烯各成分T3和T4两处理间没有差异,T2和CK间也没有差异。T3和T4的棕色化产物和新植二烯显著高于T2和CK,芳香族氨基酸类和类西柏烷类显著低于T2和CK。由此可知。保水剂可以提高类胡萝卜素类、棕色化产物和新植二烯的含量,降低芳香族氨基酸类和类西柏烷类的含量,增加中性致香成分的总量,进而提高烤后烟叶的质量,其中T2对这几个成分影响不明显,在T3用量的基础上增加施用量对这几个成分的影响也不会继续增大。

2.3.3 土壤养分与烤烟化学质量的关系分析 土壤养分影响着烤烟的质量,表10将土壤养分和烤烟的化学质量做简单相关分析,可以看出土壤养分和烤烟总糖、还原糖、钾、糖碱比、钾氯比、类胡萝卜素类、棕色化产物、新植二烯和香气总量存在显著或极显著正相关关系,烤烟的这些成分可以提高烤烟的质量;土壤养分和烤烟总氮和氯存在显著或极显著负相关关系,这些成分含量高会影响烤烟的质量。可见保水剂通过改善土壤养分状况可以提高烤烟的化学质量。

表8 不同处理的烤烟常规化学成分

Table 8 The chemical composition content of flue-cured tobacco of different treatments

处理 Treatment	总糖 Total sugar /%	还原糖 Reducing sugar/%	总氮 Total nitrogen /%	烟碱 Nicotine /%	钾 Potassium /%	氯 Chlorine /%	糖碱比 Ratio of reducing sugar tonicotine	氮碱比 Ratio of total nitrogen to nicotine	钾氯比 Ratio of potassium to chlorine
CK	28.58b	20.99c	1.75	1.74a	1.17c	0.41a	16.41b	1.00	2.84c
T2	29.45b	21.49bc	1.74	1.75b	1.27c	0.39ab	16.84b	0.99	3.23c
T3	30.22ab	22.67ab	1.71	1.66c	1.32b	0.38b	18.24a	1.03	3.46b
T4	30.34a	23.90a	1.71	1.56c	1.36a	0.38b	19.43a	1.09	3.56a

表9 不同处理的烤烟中性致香成分

Table 9 The neutral aroma constituents content of flue-cured tobacco of different treatments/(μg·g⁻¹)

处理 Treatment	类胡萝卜素类 Carotenoid catabolites	芳香族氨基酸类 Aromatic amino acids	类西柏烷类 Cembratriendiol catabolites	棕色化产物 The products of browning reaction	新植二烯 Neophytadiene	总量 Total
CK	59.51d	7.00a	22.62a	15.97b	638.56b	743.66b
T2	61.42c	7.00ab	22.60a	16.03b	642.65b	749.71b
T3	63.90b	6.90b	22.43b	16.20a	650.73a	760.17a
T4	64.97a	6.73b	22.30b	16.25a	652.77a	763.02a

表 10 烤烟化学质量和土壤养分的相关性分析

Table 10 Correlation analysis between chemical components and soil nutrient of flue-cured tobacco

指标 Index	土壤碱解氮 Soil alkali-hydrolyzable nitrogen	土壤速效磷 Soil rapidly-available phosphorus	土壤速效钾 Soil rapidly-available potassium	土壤有机质 Soil organic matter
总糖 Total sugar	0.98 **	0.95 *	0.98 **	1.00 **
还原糖 Reducing sugar	0.97 **	0.99 **	0.90 *	0.93 *
总氮 Total nitrogen	-0.97 **	-0.94 *	-0.91 *	-0.95 *
烟碱 Nicotine	-0.90 *	-0.95 *	-0.78	-0.82
钾 Potassium	0.98 **	0.96 *	1.00 **	1.00 **
氯 Chlorine	-0.94 *	-0.89 *	-0.98 **	-0.98 **
糖碱比 Ratio of reducing sugar to nicotine	0.97 **	0.99 **	0.89 *	0.92 *
氮碱比 Ratio of total nitrogen to nicotine	0.85	0.92 *	0.73	0.77
钾氯比 Ratio of potassium to chlorine	0.98 **	0.95 *	1.00 **	1.00 **
类胡萝卜素类 Carotenoid catabolites	1.00 **	0.99 **	0.97 **	0.99 **
芳香族氨基酸类 Aromatic amino acids	-0.88 *	-0.94 *	-0.78	-0.82
类西柏烷类 Cembratriendiol catabolites	-0.95 *	-0.98 **	-0.85	-0.90 *
棕色化产物 The products of browning reaction	0.99 **	0.98 **	0.92 *	0.96 *
新植二烯 Neophytadiene	1.00 **	0.98 **	0.94 *	0.97 **
香气总量 Total aroma	1.00 **	0.98 **	0.95 *	0.98 **

注: ** 为 0.01 水平显著相关, * 为 0.05 水平显著相关。

Note: ** stands for $P < 0.01$, * stands for $P \leq 0.05$.

3 讨论和结论

1) 作物的产量、质量与土壤状况密切相关。施用保水剂可以显著地提高土壤含水率,抑制土壤水分的散失,为烤烟生长提供的水分,提高旱地烤烟的抗旱性;施用保水剂可以提高土壤的碱解氮含量,在生长中前期保水剂效果比较显著,在生长后期保水剂的效果开始降低,这样有利于烤烟的正常落黄,符合烤烟生长发育对氮肥“少时富、老来贫”的需求规律;烤烟生长前期对磷比较敏感,在生长后期对磷的需求不大^[21],随着烟株生育期的进行保水剂的效果在降低,但是在烟株的整个生育期内仍然能够提高土壤的有效磷含量,为烟株的生长提供更充足的有效磷养分;烟草是喜钾作物,施用保水剂可以提高土壤速效钾含量,为烟株提供更多的土壤速效钾养分,在烤烟的生长后期作用减弱,但在中部叶采收时土壤的速效钾含量有所上升,原因可能是烟株成熟后期对钾素的吸收变小,造成土壤速效钾的富余;施用保水剂可以显著提高土壤的有机质含量,有机质含量在成熟后期有所上升,应该这是由于此时期烤烟对有机质的吸收速率变慢再加上一部分烟根腐烂后被根际土壤吸收固定导致的。可见施用保水剂可以显著改善土壤的养分状况,并且随着保水剂用量的增加,土壤的养分状况提升越明显,原因可能是施用保水剂后提高了土壤的含水率,进而促进了烟株包括根系的生长,根系的生长又促进了土壤中速效养分的释放,这与侯贤清的研究结果一致^[22]。

钾是衡量烟叶质量的重要指标之一^[23],烟叶中

性致香物质对烟叶香气的质、量、型有不同的贡献^[24],这些物质都是衡量烤烟质量的因素。土壤养分与烤烟质量有显著相关性,烟田施用保水剂可以提高土壤养分进而显著提高烟叶的钾含量,显著降低烟叶中的氯含量,显著提高类胡萝卜素类、棕色化产物和新植二烯的含量,降低芳香族氨基酸类含量,提高烟叶中性致香成分的总量,协调烤烟的香气物质成分,提升烤烟的化学质量。

烟田施用保水剂可以促进烟株株高、茎围和烟叶的生长,为烤烟的高产打下基础,能够提高烤后烟叶的产量、均价、产值和上等烟比例,增加种植烤烟的经济收入。

2) 随着保水剂施用量的增加,烟田土壤含水率、碱解氮、速效磷、速效钾以及有机质含量均有不同程度的增加,可以为烤烟的生长提供水分和养分,以 T4 ($45\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 和 T3 ($30\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 的效果最好。

施用保水剂可以通过提高土壤的养分从而改善烤烟的常规化学成分和中性致香成分含量,协调烟叶化学成分的比例,提高烟叶的化学质量,以 T4 ($45\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 和 T3 ($30\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 的效果最好。

保水剂不同处理可以不同程度增加烤烟的产量和收购质量,进而提高烤烟的经济收入。在保水剂处理 T3 ($30\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 时经济效益达到最好。

参考文献:

- [1] 刘鉴家. 谈河南旱作烟草的栽培技术[J]. 中国烟草, 1989, 14(4): 45-46.
- [2] 山仑, 黄占斌, 张岁岐. 节水农业[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [3] 马天新, 庞中存, 陆秀珍. 土壤保水剂在我省旱作农业上的应用展

- 望[J]. 甘肃农业科技, 1997(12): 31-32.
- [4] 黄占斌, 万会娥, 邓西平, 等. 保水剂在改良土壤和作物抗旱节水中的效应[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(4): 52-55.
- [5] 侯贤清, 李荣, 何文寿, 等. 保水剂施用量对旱作土壤理化性质及马铃薯生长的影响[J]. 水土保持学报, 2015, 29(5): 325-330.
- [6] 黄占斌, 张国栋, 李秧秧, 等. 保水剂特性测定及其在农业中的应用[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 22-26.
- [7] 汪立刚, 武继承, 王林娟. 保水剂有效使用用的土壤水分条件及对小麦的增产效果[J]. 土壤, 2003, 35(1): 80-82.
- [8] 李开扬, 任天瑞. 高吸水性树脂在农业中的应用[J]. 过程工程学报, 2002, 18(1): 91-96.
- [9] 杜太生, 康绍忠, 魏华. 保水剂在节水农业中的应用研究现状与展望[J]. 农业现代化研究, 2000, 21(5): 317-320.
- [10] 钟秋瓚, 郭伟, 肖先仪, 等. 保水剂对烤烟生长及产量的影响[J]. 广东农业科学, 2014, 41(19): 18-22.
- [11] 左广玲, 叶红勇, 杜朝军, 等. 大豆秸秆基保水剂对南阳烟田土壤物理性状及烟叶生长的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(2): 15-19.
- [12] 侯贤清, 李荣, 何文寿. 保水剂施用量对旱作马铃薯产量及养分吸收的影响[J]. 西北农业学报, 2015, 24(10): 56-63.
- [13] 杨永辉, 武继承, 吴普特, 等. 保水剂对小麦生长及生理特性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(3): 133-137.
- [14] 吴湘琳, 王新勇, 葛春辉, 等. 在干旱条件下保水剂保水效果及其对棉花产量的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(27): 198-201.
- [15] 孙渭, 陈志强, 马英明, 等. 烤烟新品种秦烟 96 的选育及其特征特性[J]. 中国烟草科学, 2012, (02): 28-33.
- [16] 鲍士旦. 土壤化学分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 34-35, 56-58, 81-83, 106-128.
- [17] 杜瑞华, 周松明. 连续流动分析法在烟草分析中的应用[J]. 中国测试技术, 2007(3): 76-78.
- [18] 王瑞新, 韩富根, 杨素勤, 等. 烟草化学品质分析法[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1990.
- [19] 史宏志, 邸慧慧, 赵晓丹, 等. 豫中烤烟烟碱和总氮含量与中性香气成分含量的关系[J]. 作物学报, 2009, 35(7): 1299-1305.
- [20] 耿伟. 不同覆盖方式对洛阳植烟土壤理化性状及烤烟品质的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2010.
- [21] 时向东, 耿伟, 李钠钾, 焦枫, 智磊. 不同覆盖方式下烤烟根际土壤养分含量与酶活性的动态变化[J]. 中国烟草学报, 2010, 16(05): 50-54.
- [22] 侯贤清, 李荣, 何文寿, 等. 2 种保水剂对旱作土壤物理性状及马铃薯产量的影响比较[J]. 核农学报, 2015, 29(12): 2410-2417.
- [23] 郭清源, 丁松爽, 刘国顺, 等. 钾用量与灌溉量对不同土层钾素及烟叶钾含量的积累效应[J]. 中国烟草科学, 2015, 36(1): 61-67.
- [24] 周正红, 高孔荣, 张水华. 烟草中化学成分对卷烟色香味品质的影响及其研究进展[J]. 烟草科技, 1997(2): 22-25.

(上接第 129 页)

参考文献:

- [1] 苏布达, 王腾飞, 尹宜舟. IPCC 第五次评估报告关于气候变化影响的检测和归因主要结论的解读[J]. 气候变化研究进展, 2014, 10(3): 203-207.
- [2] 董思言, 高学杰. 长期气候变化——IPCC 第五次评估报告解读[J]. 气候变化研究进展, 2014, 10(1): 56-59.
- [3] 包刚, 覃志豪, 周义, 等. 气候变化对中国农业生产影响的模拟评价进展[J]. 中国农学通报, 2012, 28(2): 303-307.
- [4] 李永庚, 蒋高明, 杨景成. 温度对小麦碳氮代谢、产量及品质影响[J]. 植物生态学报, 2003, 27(2): 164-169.
- [5] 姜东燕, 于振文. 土壤水分对小麦产量和品质的影响[J]. 核农学报, 2007, 21(6): 641-645.
- [6] 李卫民, 张佳宝, 朱安宁. 空气温湿度对小麦光合作用的影响[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(3): 90-92.
- [7] 高素华, 郭建平, 赵四强, 等. “高温”对我国小麦生长发育及产量的影响[J]. 大气科学, 1996, 20(5): 599-605.
- [8] 李广, 黄高宝. 基于 APSIM 模型的降水量分配对旱地小麦和豌豆产量影响的研究[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(2): 342-347.
- [9] 张立伟, 延军平, 李旭谱, 等. 黄土高原地区冬、春小麦对气候变化的适应度评价[J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(4): 214-223.
- [10] 廖建雄, 王根轩. 干旱、CO₂ 和温度升高对春小麦光合、蒸发蒸腾及水分利用效率的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(5): 547-550.
- [11] Asseng S, Keating BA, et al. Performance of the APSIM-wheat model in Western Australia[J]. Field Crops Res, 1998, 57(2): 163-179.
- [12] 李广, 黄高宝, 王琦, 等. 基于 APSIM 模型的旱地小麦和豌豆水肥协同效应分析[J]. 草业学报, 2011, 20(5): 151-159.
- [13] 董莉霞, 李广, 刘强, 等. 旱地春小麦产量对逐日最低温度和最高温度变化响应的模拟与分析[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(8): 1016-1022.
- [14] 杨楠, 李广. 免耕旱地小麦产量的光温效应[J]. 草业科学, 2014, 31(4): 705-710.
- [15] 雷娟娟, 闫雨娟, 李广, 等. 基于 APSIM 模型光照与 CO₂ 对小麦的影响机制[J]. 草业科学, 2015, 32(8): 1310-1316.
- [16] 郭叶航. 春小麦重要农艺性状响应高温胁迫的相关性分析[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- [17] 房世波, 谭凯炎, 任三学, 等. 气候变暖对冬小麦生长和产量影响的大田实验研究[J]. 中国科学: 地球科学, 2012, 42(7): 1069-1075.
- [18] 邓振铺, 张强, 徐金芳, 等. 全球气候变暖对甘肃农作物生长影响的研究进展[J]. 地球科学进展, 2008, 23(10): 1070-1078.
- [19] 张云兰, 王龙昌, 邹聪明, 等. 高温伏旱区旱地农作系统水分供需平衡特征与生态适应性研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(6): 95-100, 105.
- [20] 牛立元, 茹振钢. 小麦旗叶光合生产力环境限制因子研究[J]. 华北农学报, 2004, 19(2): 49-52.
- [21] 杜瑞英, 杨武德, 许吟隆, 等. 气候变化对我国干旱/半干旱区小麦生产影响的模拟研究[J]. 生态科学, 2006, 25(1): 34-37.
- [22] 张红卫, 陈怀亮, 杨志清, 等. 土壤水分变化对冬小麦蒸腾速率的影响[J]. 河南农业科学, 2010, 39(7): 10-14.
- [23] 张凯, 王润元, 冯起, 等. 模拟增温和降水变化对半干旱区春小麦生长及产量的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(增刊 1): 161-170.
- [24] 柯世省, 金则新. 水分胁迫和温度对夏蜡梅叶片气体交换和叶绿素荧光特性的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(1): 43-49.
- [25] 赵琴, 潘静, 曹兵, 等. 气温升高与干旱胁迫对宁夏枸杞光合作用的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(18): 6016-6022.