

# 不同毛管配置对水氮分布和机采棉根系生长的影响

刘 凯, 党涛涛, 王方斌, 廖 欢, 孙嘉璘, 殷 星, 闵 伟, 侯振安

(石河子大学农学院, 新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室, 新疆 石河子 832003)

**摘要:** 通过田间试验, 研究不同滴灌配置对机采棉根系生长、水氮运移和氮肥利用率的影响。设置 3 种滴灌毛管配置方式: (1) 内嵌式滴灌毛管 + 夹管 (EB); (2) 内嵌式毛管 + 侧管 (ES); (3) 迷宫式毛管 + 侧管 (LS); 施氮 (N) 量均为  $300 \text{ kg/hm}^2$ ; 同时, 以 ES 处理不施氮肥为对照 (CK)。结果表明: 滴灌施肥 24 h 后, 土壤水分及硝态氮均主要分布在 0—40 cm 土层。LS 和 EB 处理水分和硝态氮在作物行下方的根区含量高, ES 处理硝态氮分布向宽行偏移。90% 以上棉花根系分布在 0—30 cm 土层, 但 EB 处理根系分布更浅, 其超过 80% 根系分布在 15 cm 以内土层; ES 处理与 LS、EB 处理相比, 根干物质质量分别显著降低 31.7% 和 25.5%; ES 处理根长密度、根表面积、根体积显著高于 LS 和 EB 处理。LS 处理显著增加产量和氮肥利用率, 较 ES 处理分别增加 9.4% 和 18.0%; EB 处理产量和氮肥利用率也较 ES 处理分别增加 6.5% 和 8.5%。机采棉使用迷宫式滴灌毛管并在侧管铺设毛管, 水分和硝态氮分布与根系分布相匹配, 能显著促进棉花根系生长, 增加氮吸收量并提高产量和水氮利用效率。

**关键词:** 滴灌; 机采棉; 布管方式; 根系; 水氮分布

中图分类号: S562

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2021)03-0268-08

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2021.03.037

## Effects of Different Drip Irrigation Lateral Layout on Root Growth and Water and Nitrogen Distribution of Machine-harvested Cotton

LIU Kai, DANG Taotao, WANG Fangbin, LIAO Huan,

SUN Jialin, YIN Xing, MIN Wei, HOU Zhen'an

(Agricultural College of Shihezi University, The Key Laboratory of Oasis

Eco-agriculture, Xinjiang Production and Construction Group, Shihezi, Xinjiang 832003)

**Abstract:** Field experiments were conducted to study the effects of different drip irrigation lateral layout on the root growth of machine-harvested cotton, water and nitrogen transport, and nitrogen use efficiency. Three drip irrigation capillary configuration methods were set up: (1) Embedded drip irrigation lateral + center layout (EB), (2) embedded drip irrigation lateral + side layout (ES), (3) labyrinth drip irrigation lateral + side layout (LS). The amount of nitrogen (N) applied was  $300 \text{ kg/hm}^2$ . At the same time, the ES treatment without nitrogen fertilizer was used as the control (CK). The results showed that after 24 hours of drip irrigation, soil moisture and nitrate nitrogen were mainly distributed in the 0—40 cm deep soil layer. The contents of water and nitrate nitrogen in the root zone below the crop row were high in LS and EB treatments, while the nitrate nitrogen in ES treatment moved to wide rows. More than 90% of cotton roots were distributed in the 0—30 cm soil layer, but the roots of the EB treatment were shallower, and more than 80% of the roots were distributed in the soil layer within 15 cm. Compared with the LS and EB treatments, the dry root matter quality of the ES treatment was significantly reduced by 31.7% and 25.5% respectively. The root length density, root surface area, root volume of ES treatment were significantly higher than those of LS and EB treatments. The LS treatment significantly increased the yield and nitrogen use efficiency, which were 9.4% and 18.0% higher than those of the ES treatment. The yield and nitrogen use efficiency of the EB

收稿日期: 2020-11-27

资助项目: 国家重点研发计划项目 (2017YFD0200100, 2018YFD0800800)

第一作者: 刘凯 (1996—), 男, 博士研究生, 主要从事作物营养与施肥研究。E-mail: liukaishzu@163.com

通信作者: 侯振安 (1972—), 男, 教授, 主要从事土壤肥力与调控研究。E-mail: hzaty@163.com

treatment also increased by 6.5% and 8.5% respectively compared with the ES treatment. Machine-harvested cotton should be planted with the labyrinth drip irrigation lateral and side layout. Then the distribution of water and nitrate nitrogen would match the root system distribution better, which could significantly promote cotton root growth, increase nitrogen uptake, and increase yield and water and nitrogen use efficiency.

**Keywords:** drip irrigation; machine-harvested cotton; drip irrigation lateral layout; root system; water and nitrogen distribution

新疆作为我国最大的棉花生产基地,光热条件充足,具有种植棉花的自然优势。随着棉花生产成本的提升,发展机采棉成为棉花增产增效的重要途径<sup>[1]</sup>。目前,北疆兵团棉花全程机械化采摘已达 90%以上<sup>[2]</sup>,但机采棉发展仍处于起步阶段,为了适应采棉机采收与实际生产的需要,机采棉滴灌毛管铺设出现在作物窄行中间布管与在作物宽行间靠近作物位置布管 2 种方式,滴灌毛管也分迷宫式与内嵌式 2 种。不同滴灌配置成为影响机采棉生长和产量的重要因素之一<sup>[3-5]</sup>。

灌水和施肥是农业生产中可调控的主要因素,在西北干旱区,水肥利用效率对作物产量形成及经济收益有至关重要的作用<sup>[6-7]</sup>。新疆机采棉均使用膜下滴灌技术<sup>[8]</sup>,但滴灌棉花早衰现象普遍,其主要原因是棉田水氮调控不当<sup>[9]</sup>,而水肥一体化是滴灌的特点,水分和养分均随滴灌毛管运输供给棉花生长,改变滴灌毛管配置是调节棉花生长的重要手段之一<sup>[10]</sup>。王萌萌等<sup>[3]</sup>研究发现,机采棉 1 膜 2 管布置下水分向作物行运移阻力加大,棉花根区受水盐胁迫,不利于棉花生长;1 膜 3 管布置下土壤含水率适宜,根系层形成盐分淡化区,产量及水分利用效率高。蔡利华等<sup>[4]</sup>研究表明,1 膜 3 管下窄行布管利于水分养分向根区运移,促进棉花生长,降低黄萎病发病率。刘凯等<sup>[5]</sup>研究表明,在 66 cm+10 cm 株行配置下滴灌毛管在窄行中间布管或宽行布管,均利于水氮向作物行迁移,促进棉花养分吸收并提高氮肥利用率。适宜的滴灌毛管配置对机采棉产业发展具有重要意义。

根系作为植物获取养分和水分的重要器官,它与根区环境的相互作用影响作物生产效率<sup>[11]</sup>。关于新疆滴灌条件下棉花根系生长分布已有较多报道,主要涉及水盐水平、氮肥用量,滴灌间距等因素。闵伟等<sup>[12]</sup>研究发现,随灌溉水盐度增加棉花根的总质量显著降低,根长密度显著增加,随施氮量的增大根表面积、根体积和平均直径均显著降低。王允喜等<sup>[13]</sup>研究显示,随滴灌毛管数目增加,滴灌间距缩小,灌溉土壤湿润区分布更均匀,而宽浅型土壤湿润区不仅可使田间棉花根系分布均匀,还能使各行间棉花株高与叶面积生长均匀。刘梅先等<sup>[14]</sup>研究发现,在宽行铺设滴灌毛管能促进棉花根系生长并提高根长密度。

总体来说,虽然前人研究取得很多成果,但主要是单一针对滴灌毛管铺设位置,或者毛管数量对棉田水盐分布与棉花产量形成的影响。关于不同滴灌毛管类型和铺设位置对棉田水氮运移和氮素利用的综合关系还不明确,水氮和根系空间分布耦合效应的研究也少有报道。因此,本研究通过田间试验,探讨不同毛管配置对机采棉根系分布与棉田水氮运移的影响,为新疆机采棉寻求适宜的滴灌配置提供技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于 2019 年在新疆石河子市天业生态示范园(86°04′11″E,44°21′14″N)进行。海拔 443 m,气候类型为温带干旱区大陆性气候,平均气温 6.5~7.2℃。年均降水量 130~210 mm,年均蒸发量 1 660 mm。土壤类型为灌溉灰漠土,质地为壤土。耕层土壤容重 1.41 g/cm<sup>3</sup>,有机质含量 17.99 g/kg,全氮含量 1.02 g/kg,有效磷含量 23.22 mg/kg,速效钾含量 421.2 mg/kg。供试棉花品种为“新陆早 45 号”。

### 1.2 试验设计

采用机采棉种植模式,1 膜 6 行,行距配置为 66 cm+10 cm,株距为 10 cm。试验依据滴灌毛管类型及铺设位置(图 1),设置 3 种滴灌毛管配置方式:(1)内嵌式滴灌毛管+夹管(EB);(2)内嵌式毛管+侧管(ES);(3)迷宫式毛管+侧管(LS);施氮(N)量均为 300 kg/hm<sup>2</sup>;同时,以 ES 处理不施氮肥为对照(CK)。试验中 2 种滴灌毛管滴头间距均为 30 cm,滴头流量 1.8 L/h。试验共 4 个处理,每个处理重复 3 次,共 12 个小区,小区面积 68 m<sup>2</sup>。试验各处理滴灌配置见表 1。

2019 年 4 月 20 日播种并滴出苗水(30 mm)。棉花生育期内共灌水 9 次,灌溉定额 450 mm,灌水周期为 7~10 天。灌水时间为 6 月 16 日至 8 月 20 日。试验中所有肥料全部随水滴施,各处理磷钾肥施用量一致,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 105 kg/hm<sup>2</sup>,K<sub>2</sub>O 75 kg/hm<sup>2</sup>。在棉花生长期间共施肥 6 次,每次磷、钾肥用量相同,氮肥按不同比例施用。具体灌溉用量及氮素分配比例见表 2。其他管理与当地滴灌机采棉大田相同。

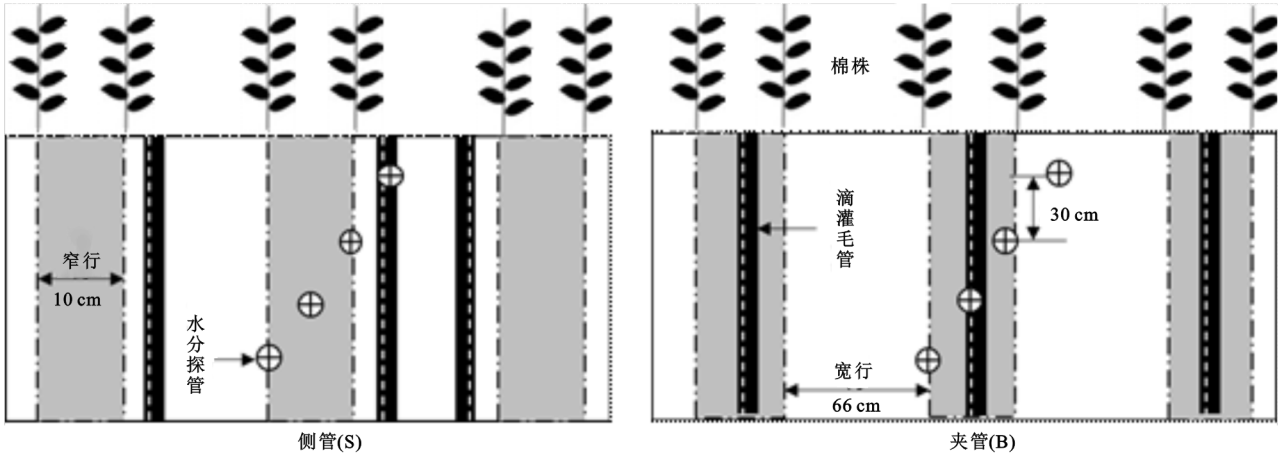


图 1 毛管铺设位置及水分探针位置分布示意

表 1 各处理滴灌毛管配置

处理	滴灌毛管 类型	毛管铺设 位置	施氮量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )
CK	内嵌式	侧管	0
LS	迷宫式	侧管	300
ES	内嵌式	侧管	300
EB	内嵌式	夹管	300

表 2 各次灌水量及氮素分配比例

灌水批数	灌水量/mm	氮素施用比例/%
第 1 次	45.0	15
第 2 次	45.0	20
第 3 次	60.0	20
第 4 次	60.0	20
第 5 次	52.5	15
第 6 次	52.5	10
第 7 次	45.0	0
第 8 次	45.0	0
第 9 次	45.0	0
合计	450.0	100

1.3 测定指标与方法

1.3.1 土壤水分动态监测 采用 HH2－PR2 水分测定仪动态监测土壤水分。各处理随机选择一条膜(3 管 6 行),在每条膜的中间位置埋设 4 个 HH2－PR2 水分测定仪探针(直径 3 cm),水平间距为 5 cm,纵向间距 30 cm(滴灌毛管滴头间距为 30 cm),埋设深度 120 cm。水分测定仪探针的埋设位置见图 1。试验期间,定期测定 10,20,30,40,60,100 cm 深度土层含水量。

1.3.2 棉花根系及土壤硝态氮 第 4 次滴灌施肥结束 24 h 后(2019 年 8 月 1 日,棉花处于盛花期),采用挖掘法采集棉花根系。样方长度设置为 60 cm,宽度设置为 45 cm(2 行棉花,从距离作物行 10 cm 处开始以 15 cm 为间距向膜中间挖掘)。挖取面积 60 cm×45 cm、深 100 cm 的土体,每层 10 cm,并切割成 20

cm×15 cm×10 cm 的立方块。挖出的每块土体全部收集,手工检出杂质及非棉根物质,根系用纯水冲洗干净。根系样品用根系扫描仪(Epson Expression/STD 1600 Scanner)扫描成 300 dpi 的图像,然后用 WinRhizo(Regent Instruments,2001)根系分析软件分析得到根长、根体积、根表面积和根长密度等参数。扫描后的根系样品放入牛皮纸袋,75 ℃烘干至恒重,称量得出棉花根系干物质量。

挖掘根系时同步采集土壤样品,用 2 mol/L KCl 浸提,紫外分光光度法<sup>[15]</sup>测定土壤硝态氮含量。

1.3.3 植株干物质量、含氮量和产量 每个处理在花铃期选取连续 3 株长势均匀的植株,采集棉花地上部,按器官分成茎、叶、铃 3 部分,105 ℃杀青 30 min 后,于 75 ℃下烘干至恒质量,称量干物质量。植株样品烘干后粉碎,过 0.5 mm 筛,H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>－H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>消解,凯氏法<sup>[15]</sup>测定全氮量。

在吐絮期用样方法测定棉花产量,样方大小 6.67 m<sup>2</sup>,每个处理选取 3 个样方。测定样方内所有株数及铃数,随机采集 30 铃测定单铃质量,最后实收记产。

1.4 数据处理与分析

数据处理及作图采用 Microsoft Excel 2019 软件进行。土壤水分、硝态氮、根系干物质量及根长密度空间分布图用 Surfer Version 10.0 软件绘制。用 SPSS 21.0 软件进行单因素方差分析,Duncan 法进行多重比较,统计显著性假设为  $p<0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 不同滴灌配置下土壤水分及硝态氮空间分布

2.1.1 土壤水分空间分布 不同滴灌配置显著影响土壤水分分布(图 2)。灌水施肥结束 24 h 后,LS 处理(迷宫式毛管+侧管)土壤水分主要分布在 0—40 cm 深度土层(土壤含水量≥16%),随距滴头距离的增加,土壤水分逐渐降低。ES(内嵌式毛管+侧管)处理水分主要分布 0—30 cm 深度土层,随距滴头距

离的增加,土壤水分迅速降低,在作物行(5—10 cm)下方水分分布低于其他处理。EB(内嵌式毛管+夹管)处理土壤水分集中分布在 0—60 cm 深度土层的在作物行下方。

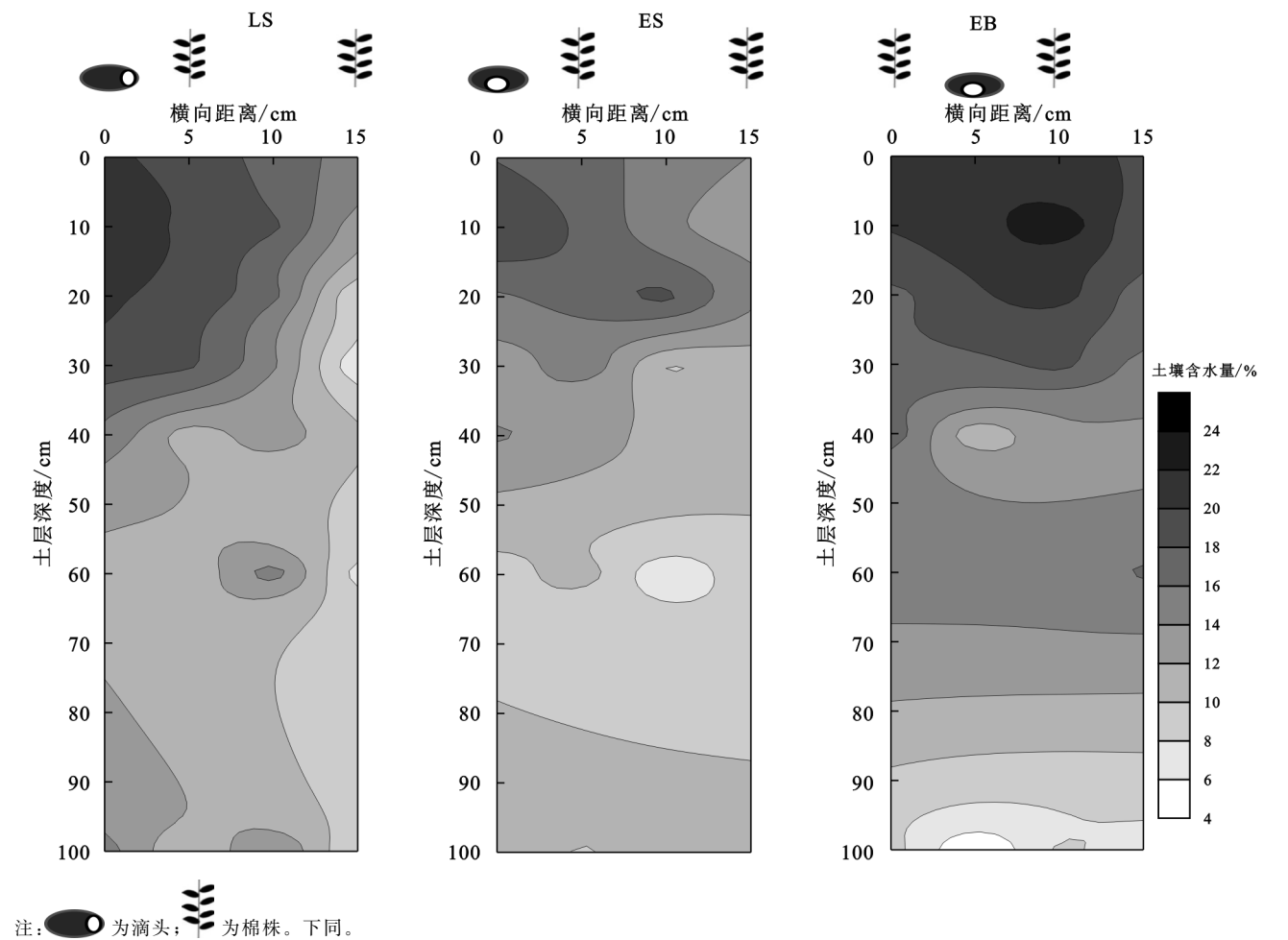


图 2 灌水施肥结束 24 h 后土壤水分空间分布

**2.1.2 土壤硝态氮空间分布** 土壤硝态氮均主要分布在 0—40 cm 土层(图 3)。LS 处理硝态氮分布集中在横向 0~40 cm、深 0—40 cm 处,作物行(横向 10~20 cm)下方硝态氮分布均匀,硝态氮向作物行运移明显。ES 处理硝态氮分布集中在横向 25~30 cm、深 0—30 cm 处,已偏离作物行(横向 10~20 cm)。EB 处理硝态氮分布集中在横向 10~30 cm、深 0—40 cm 处,作物行(横向 10~20 cm)下方硝态氮分布均匀,且根区 0—20 cm 深土层硝态氮最高。

2.2 棉花根系生长

**2.2.1 根系干物质量及分布** LS 处理与 EB 处理棉花根干物质量无显著差异(图 4);ES 处理与 LS、EB 处理相比,棉花根干物质量分别显著降低 31.7%和 25.5%。

棉花根系主要分布在 0—30 cm 土层(根干物质量≥93%,图 5)。LS 处理根系分布集中在横向 0~30 cm、深 0—30 cm 处,左侧作物行(横向 10 cm 处)下方根系分布最多,根系向作物行左侧偏移明显。ES 处理棉花根系分布集中在横向 0~30 cm、深 0—25 cm 处,作物行(横向 10~20 cm)下方最高,但根系向作

物行左侧偏移。EB 处理根系分布集中在滴头正下方(横向 5~25 cm、深 0—20 cm 处),其中≥80%根系集中在作物行(横向 10~20 cm,深 0—15 cm),与 LS 和 ES 处理相比,EB 处理根系分布更浅且更集中。

**2.2.2 根长密度及分布** LS 处理与 ES 处理棉花平均根长密度无显著差异(图 6),ES 处理与 LS 处理相比,棉花平均根长密度显著增加 24.2%。

各处理棉花根长密度分布差异显著(图 7)。ES 处理棉花根长密度分布集中在横向 5~45 cm、深 0—60 cm 处,作物行(横向 10~20 cm)下方最高。在滴头(横向距离 25 cm 处)下方 10—60 cm 深土层 ES 处理根长密度分布高于 EB 和 LS 处理。EB 处理根长密度分布集中在横向 0~30 cm、深 0—45 cm 处,作物行(横向 10~20 cm)下方分布集中,且滴头正下方最高。LS 处理根长密度分布集中在横向 10~30 cm、深 0—50 cm 处,作物行(横向距离 10 cm 处)下方最多,根长密度向滴头(横向 30 cm 处)下方分布。

ES 与 LS 处理根长密度在横向 20~40 cm、深



0—80 cm 处均高于 EB 处理;ES 处理在横向 30~40 cm 下方根长密度最大,EB 处理则最小。

2.2.3 根表面积和根体积 LS、EB 处理间根表面积和根体积均无显著差异(图 8)。ES 处理与 LS、EB 处理相比,棉花根表面积分别显著增加 15.3% 和 9.4%;棉花根体积分别显著增加 24.3% 和 23.9%。

2.3 地上部干物质质量

各施氮处理地上部干物质质量及各器官干物质均

显著高于 CK(表 3)。LS、EB 和 ES 处理总干物质重较 CK 分别增加 47.3%,37.3% 和 33.9%;茎干物质分别增加 47.8%,49.7% 和 42.7%;叶干物质分别增加 47.3%,37.3% 和 33.9%;铃干物质分别增加 46.7%,30.3% 和 36.1%。不同毛管配置下,LS 处理与 EB 和 ES 处理相比,总干物质质量分别显著增加 18.9% 和 25.4%;叶片干物质质量分别显著增加 26.4% 和 67.6%;铃干物质质量分别显著增加 30.9% 和 19.9%。

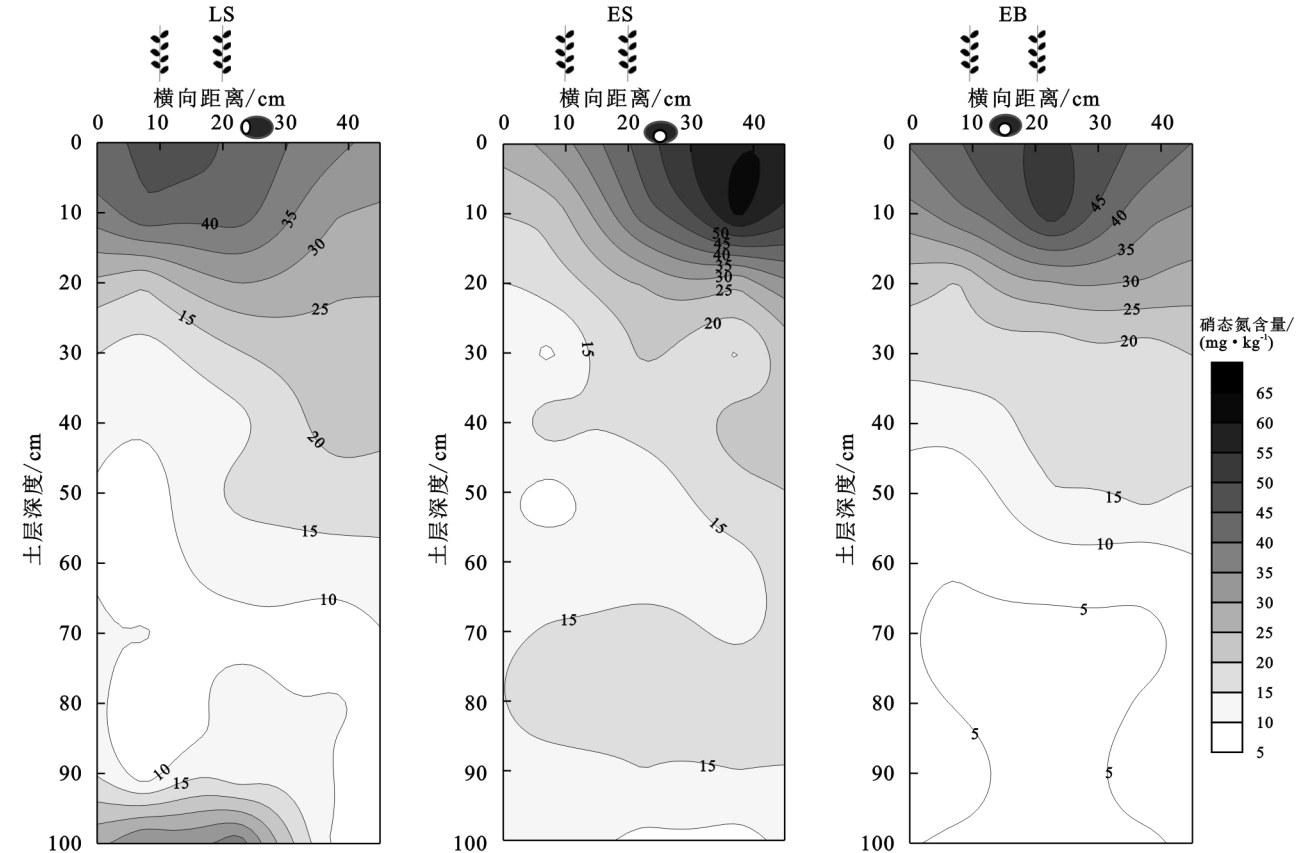


图 3 灌水施肥结束 24 h 后土壤硝态氮空间分布

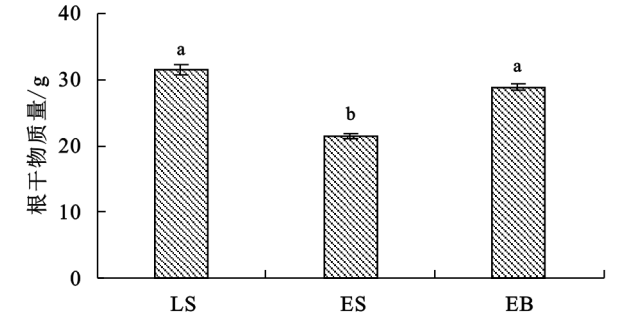


图 4 棉花根干物质质量

2.4 氮吸收量、产量和水氮利用率

不同毛管配置下,LS 处理氮吸收量最高(图 9)。LS 处理与 EB 和 ES 处理相比,氮吸收量分别显著增加 7.2% 和 20.5%。EB 处理氮吸收量显著高出 ES 处理 12.3%。各施肥处理棉花产量均显著高于 CK(图 9)。与 CK 相比,LS、EB 和 ES 处理产量分别增加

37.6%,36.0% 和 31.8%。不同滴灌毛管配置下,ES 处理产量最低,与 ES 处理相比,LS 和 EB 处理产量分别显著提高 9.4% 和 6.5%。不同毛管配置下,LS 处理氮肥利用率最高(图 9)。LS 处理与 EB 和 ES 处理相比,氮肥利用率分别显著提高 9.5% 和 18.0%。EB 处理氮肥利用率显著高出 ES 处理 8.5%。各施肥处理棉花灌溉水利用效率均显著高于 CK(图 9)。与 CK 相比,LS、EB 和 ES 处理灌溉水利用效率分别提高 60.3%,56.1% 和 46.5%。不同滴灌毛管配置下,ES 处理灌溉水利用效率最低,与 ES 处理相比,LS 和 EB 处理分别显著提高 9.4% 和 6.6%。

3 讨论

机采棉不同的滴灌配置通过对土壤水分与硝态氮运移和分布的影响,进而影响棉花产量形成和氮肥的利用<sup>[16-17]</sup>。本研究结果表明,夹管处理(EB)土壤

水分在作物行下方分布均匀,且水分含量大于侧管处理(LS、ES),这与王萌萌等<sup>[3]</sup>研究结果一致。同时还有研究<sup>[10]</sup>表明,土壤水分差异与滴灌毛管滴头距作物行距离有直接关系,灌水后距离滴灌毛管距离越短,土壤的水分含量越高,随土层深度的增加,水分的变化量降低,水分运输距离长时,在重力作用下会有向下迁移的趋势,导致水分在棉花作物行水分分布不均匀,本研究也有相同结论。不同滴灌毛管类型对于水分运移有显著影响,在本研究中夹管处理

下,使用迷宫式滴灌毛管处理(LS)土壤水分显著高于使用内嵌式滴灌毛管处理(ES)。因迷宫式滴灌毛管水流阻力更小,在滴头离作物行远时,更利于水分运输,而内嵌式滴灌毛管虽然灌溉均匀度高,但水流扩散能力弱<sup>[18]</sup>。迷宫式滴灌毛管出水口位于侧面,水流方向可控,内嵌式滴灌毛管滴头位于正下方,水分垂直向下运输,水流方向不可控<sup>[19]</sup>。因此,机采棉采用侧管铺设模式时,使用迷宫式滴灌毛管利于水分向作物行运输。

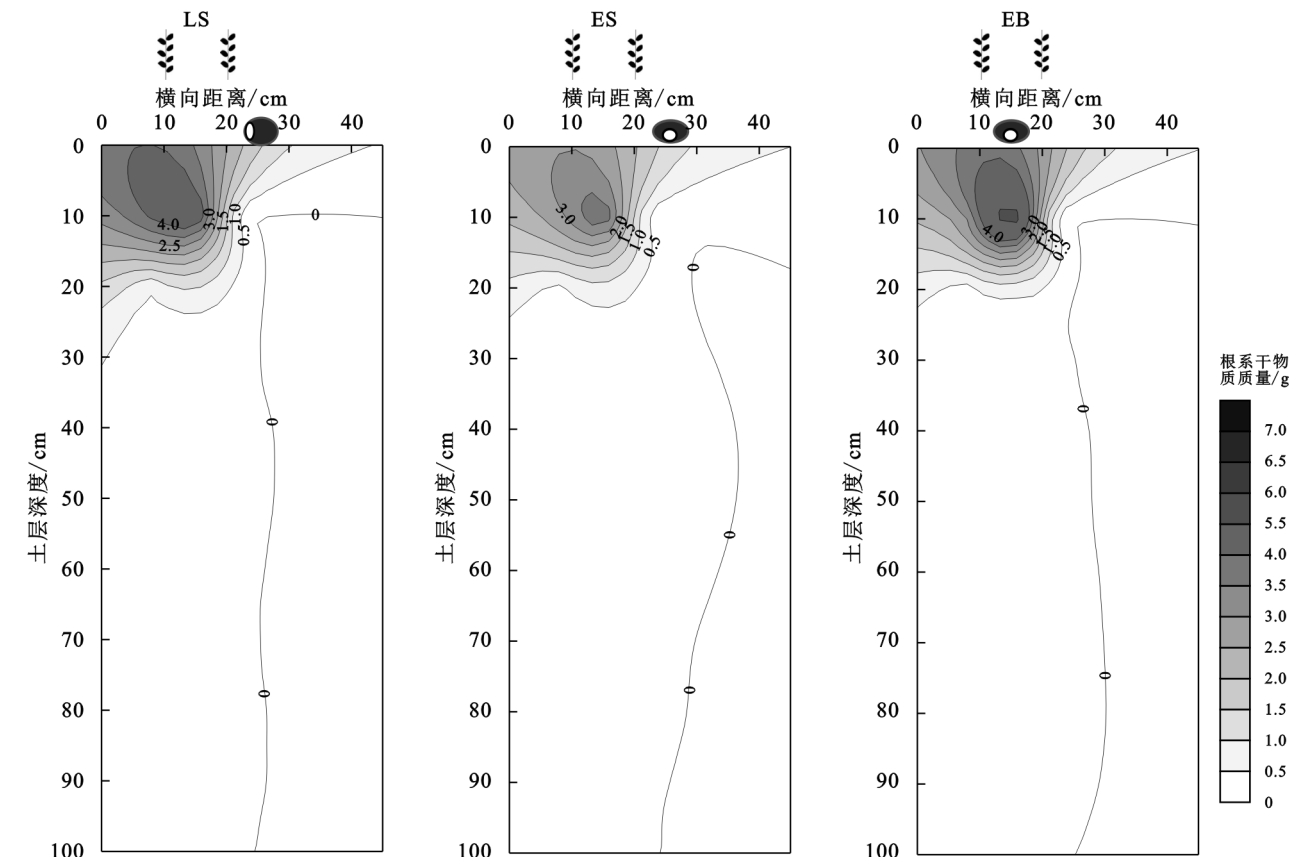


图 5 根系干物质质量空间分布

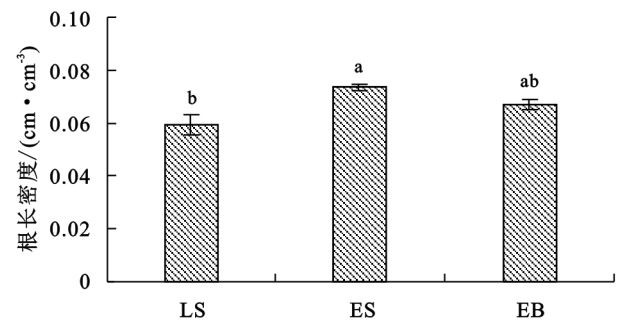


图 6 根长密度

硝态氮在土壤移动性强,其分布受水分运移影响<sup>[20]</sup>。本研究中土壤硝态氮分布与水分运移情况相似。夹管处理(EB)土壤硝态氮在作物行分布均匀,且在水分湿润峰处聚集,而侧管处理(ES)硝态氮分布偏离作物行。蔡利华等<sup>[4]</sup>研究认为,窄行布管利于棉花对养分的利用,因窄行布管水分和养分集中在作

物行下方处,有利于根系吸收;而宽行布管处理水肥运输距离长,其作物行下方土壤水肥运移量少,不利于作物对于养分的利用,这与本研究结果一致。但本研究还发现,在侧管铺设下,使用迷宫式滴灌毛管硝态氮随水向作物行运移更强。因此,针对滴灌毛管不同铺设位置,选用适宜的滴灌毛管类型可能是提高棉花水氮利用效率的一种途经。

作物通过根系吸收水分和养分,发达的根系对于提高灌溉用水生产率和作物产量至关重要<sup>[21]</sup>。土壤中的水分状况首先影响根系的生长和分布,进而对地上部起作用影响产量<sup>[22]</sup>。有研究<sup>[23]</sup>认为,根系有向土壤水分较高的地方偏移生长的现象,而本研究结果也表明,棉花根系的分布受到土壤水分的影响,各处理棉花根系主要在 0—30 cm 深土层,但由于土壤水分迁移的不同,在使用相同滴灌毛管时,夹管处理下棉花根分布更集中,

且总根重更大,侧管处理棉花根系分布更松散,且总根重较小。土壤水分与硝态氮在作物行的分布越集中,根系的生长越旺盛。根长密度能更好体现根系对土壤水分和养分的吸收<sup>[12]</sup>,侧管下使用内嵌式滴灌毛管时,土壤水分与硝态氮向宽行偏移,根系吸收水分与硝态

氮更困难,其根长密度在养分集中区域分布更多。而夹管情况下,其根区水氮更充足,根长密度分布更均匀,但其根系分布更浅,对于深层土壤养分和水分吸收能力减弱。因此侧管下使用迷宫式滴灌毛管,水氮分布与根系分布匹配程度高,水氮利用效率最大。

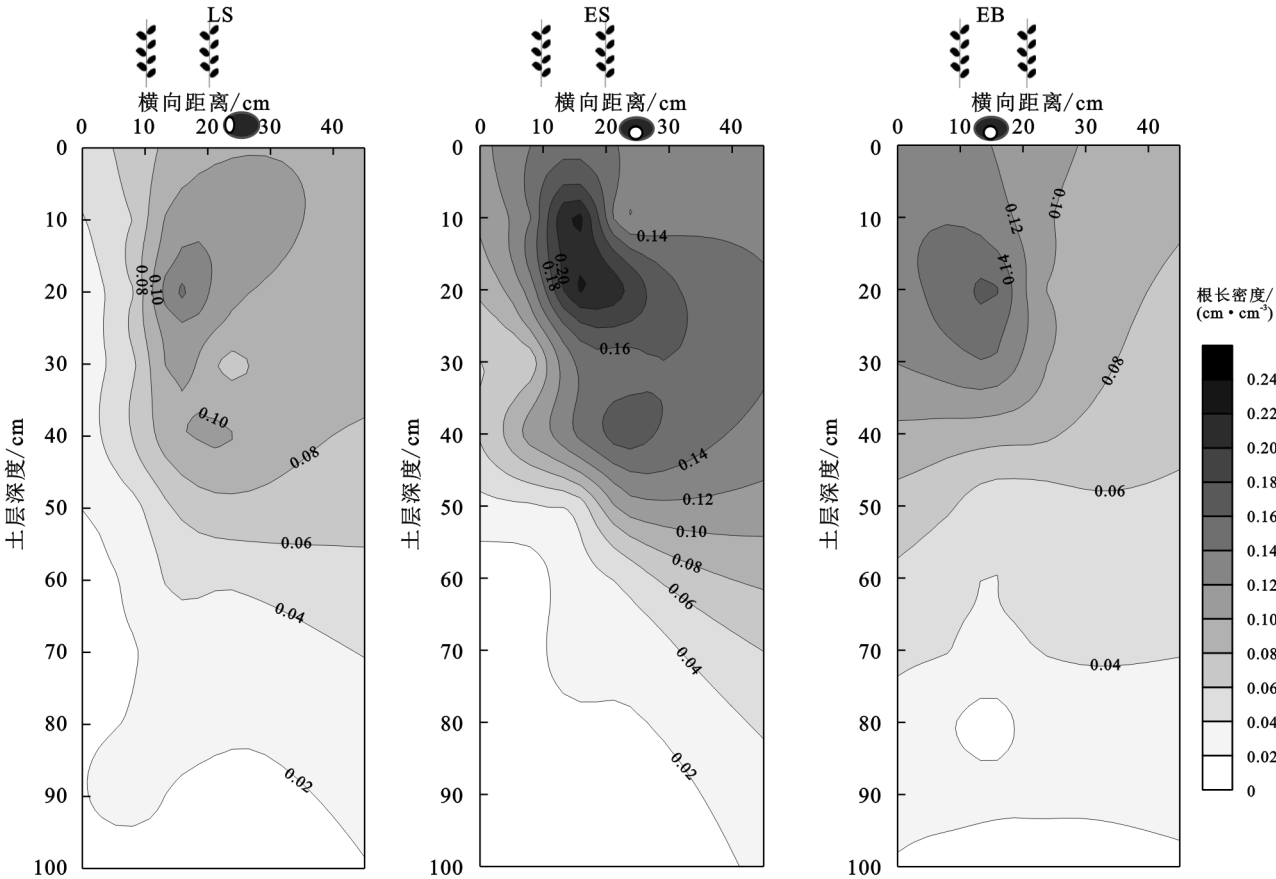


图 7 根长密度空间分布

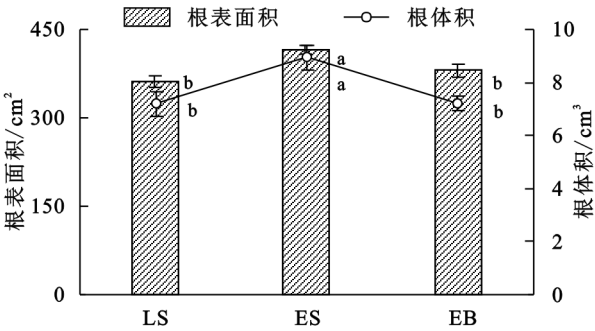


图 8 棉花根表面积和根体积

不同的滴灌毛管配置影响机采棉的生长和产量构成<sup>[24]</sup>。有研究<sup>[4]</sup>表明,窄行布管条件下单株结铃数更多,棉花产量显著高于在宽行布管。土壤养分不仅影响作物生长及产量构成,同时也影响作物对水分的利用<sup>[25]</sup>,窄行布管处理利于养分向棉花根区运移,提高棉花养分吸收和产量。而宽行布管处理水氮分布与根区部分偏离,以致养分吸收率低,不利于棉花生长,产量相对较低。但本研究结果显示,使用内嵌式滴灌毛管时,夹管条件下棉花产量更高;但侧管铺设下使用迷

宫式滴灌毛管,棉花产量与夹管铺设下无显著差异,且棉花干物质量与氮肥利用率均高于夹管铺设处理。同时也有研究<sup>[5]</sup>认为,侧管铺设下使用迷宫式滴灌毛管,更利于水氮向根区移动,提高养分吸收量和产量。

表 3 棉花地上部干物质量

单位:kg/hm<sup>2</sup>

处理	茎	叶	铃	总重
CK	3346c	3098d	6797d	13241d
LS	6408ab	5945a	12758a	25111a
ES	6658a	4702b	9747c	21106b
EB	5837b	3546c	10641b	20024c

注:同列不同小写字母表示差异达 5%显著水平。下同。

本研究通过不同滴灌毛管类型与铺设位置对滴灌棉田土壤水氮运移、棉花根系生长分布的影响发现,使用迷宫式滴灌毛管侧管铺设更利于棉花根系生长与产量形成,水氮利用效率最高,可能是未来滴灌机采棉可采取的毛管配置。但本试验仅在特定土壤条件下开展,土壤性质(质地、结构等)和肥料

类型也会直接影响滴灌农田的土壤水氮运移,进而影响棉花生长和养分吸收。因此,对于不同滴灌毛管配

置下机采棉水氮利用和根系生长的研究还需从多方面综合考虑。

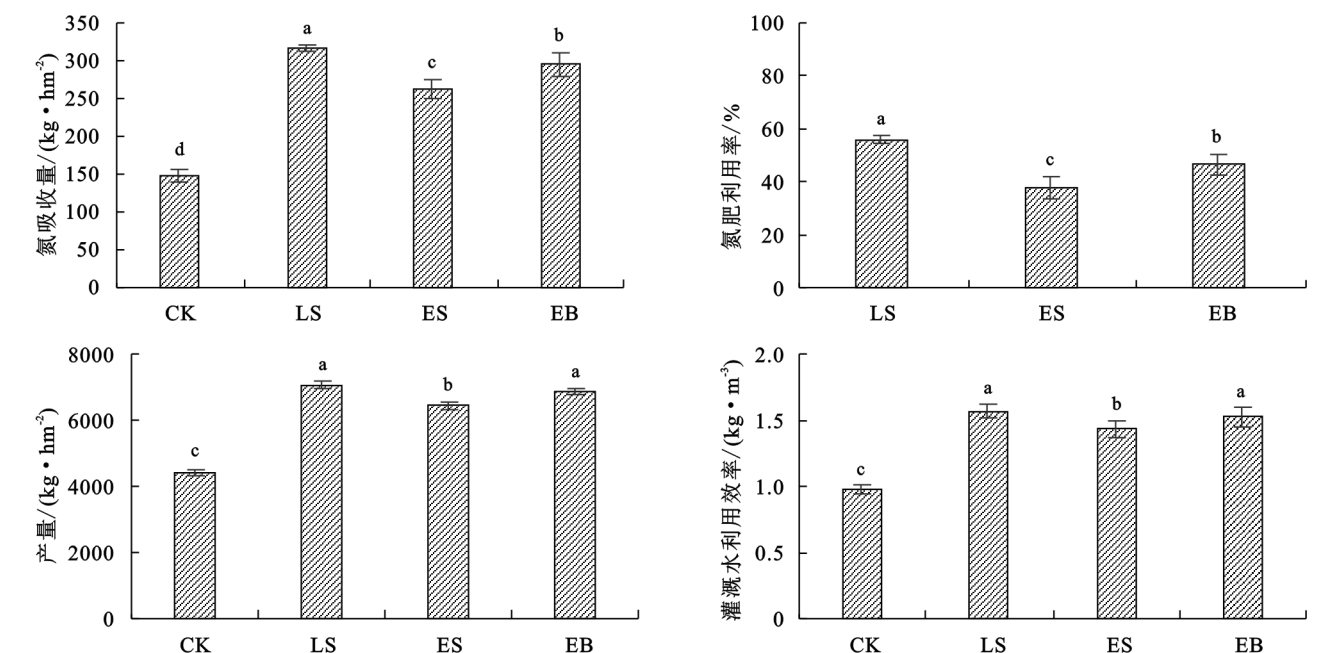


图 9 棉花氮吸收量、产量和水氮利用率

# 4 结论

(1)机采棉使用内嵌式滴灌毛管时,夹管铺设方式棉花根区水分与硝态氮集中分布,而侧管铺设,根区水分含量低且硝态氮分布向宽行偏移;使用迷宫式滴灌毛管侧管铺设水分与硝态氮运移一致,在根区含量高。

(2)90%以上棉花根系分布在 0—30 cm 土层,但夹管铺设毛管根系分布更浅,其超过 80%根系分布在 15 cm 以内土层。侧管铺设毛管时,使用内嵌式滴灌毛管棉花根干物质质量显著降低 31.7%;根长密度、根表面积和根体积显著增加 24.2%,15.3%和 24.3%。

(3)机采棉使用迷宫式滴灌毛管并用侧管铺设方式,其水分和硝态氮的分布与根系分布相匹配,显著增加棉花氮吸收量和干物质量,提高产量和水氮利用效率。

## 参考文献:

[1] 余渝,孔宪辉,刘丽,等.新疆兵团机采棉发展现状与建议[J].塔里木大学学报,2018,30(3):57-61.

[2] 赵媛.我国棉花产业现状及机械化发展对策[J].现代农村科技,2019(8):5.

[3] 王萌萌,吕廷波,何新林,等.机采棉模式下滴灌毛管布置方式对土壤水盐运移及产量的影响[J].中国农村水利水电,2018(8):40-44,54.

[4] 蔡利华,练文明,邵红忠,等.南疆两种膜下滴灌布管方式对机采棉产量和品质的影响[J].干旱地区农业研究,2019,37(2):52-58.

[5] 刘凯,侯振安,王方斌,等.优化行管配置和施氮量提高机采棉养分吸收及产量[J].灌溉排水学报,2020,39(5):1-9.

[6] 吕金岭,吴儒刚,范业泉,等.干旱条件下施肥与作物抗旱性的关系[J].江西农业学报,2012,24(2):6-10.

[7] 隋娟,王建东,龚时宏,等.滴灌水肥耦合对农田水氮利用的影响[J].灌溉排水学报,2015,34(12):38-41,46.

[8] 宁松瑞,左强,石建初,等.新疆典型膜下滴灌棉花种植模式的用水效率与效益[J].农业工程学报,2013,29(22):90-99.

[9] Chen Y Z, Dong H Z. Mechanisms and regulation of senescence and maturity performance in cotton [J]. Field Crops Research, 2016,189:1-9.

[10] 杨昕馨,董新光,刘磊.棉花膜下滴灌两种布管方式下的土壤水盐运移研究[J].节水灌溉,2011(2):40-42,45.

[11] Xu C L, Tao H B, Tian B J, et al. Limited-irrigation improves water use efficiency and soil reservoir capacity through regulating root and canopy growth of winter wheat [J].Field Crops Research,2016,196:268-275.

[12] 闵伟,侯振安,冶军,等.灌溉水盐度和施氮量对棉花根系分布影响研究[J].棉花学报,2014,26(1):58-65.

[13] 王允喜,李明思,蓝明菊.膜下滴灌土壤湿润区对田间棉花根系分布及植株生长的影响[J].农业工程学报,2011,27(8):31-38.

[14] 刘梅先,杨劲松,李晓明,等.滴灌模式对棉花根系分布和水分利用效率的影响[J].农业工程学报,2012,28(增刊 1):98-105.



干物质生产及产量的影响[J].华北农学报,2018,33(6):174-182.

[5] 赵斌,董树亭,张吉旺,等.控释肥对夏玉米产量和氮素积累与分配的影响[J].作物学报,2010,36(10):1760-1768.

[6] 郝小雨,马星竹,陈苗苗,等.氮肥配施增效剂实现寒地水稻增产、提质与增效[J].水土保持学报,2019,33(4):175-179.

[7] 鲁艳红,聂军,廖育林,等.氮素抑制剂对双季稻产量、氮素利用效率及土壤氮平衡的影响[J].植物营养与肥料学报,2018,24(1):95-104.

[8] 李玉,王茂莹,张倩,等.包膜脲酶抑制剂增效尿素对小麦生长的影响及其机理研究[J].水土保持学报,2020,34(2):283-289.

[9] 王静,王允青,张凤芝,等.脲酶/硝化抑制剂对沿淮平原水稻产量、氮肥利用率及稻田氮素的影响[J].水土保持学报,2019,33(5):211-216.

[10] 王丹阳,边文范,董晓霞,等.氮肥增效剂用量对玉米产量和氮素利用率的影响[J].山东农业科学,2019,51(12):53-57.

[11] 杜震宇,童淑媛.超密植条件下施用氮肥增效剂对玉米茎秆特性和产量的影响[J].江苏农业科学,2014,42(5):108-110.

[12] Drury C F, Yang X, Reynolds W D, et al. Combining urease and nitrification inhibitors with incorporation reduces ammonia and nitrous oxide emissions and increases corn yields[J].Journal of Environmental Quality, 2017,46(5):939-949.

[13] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000:128-133.

[14] 关松荫.土壤酸及研究法[M].北京:农业出版社,1986.

[15] 侯云鹏,杨健,尹彩侠,等.氮肥后移对春玉米产量、氮素吸收利用及土壤氮素供应的影响[J].玉米科学,2019,27(2):146-154.

[16] 葛均筑,徐莹,袁国印,等.覆膜对长江中游春玉米氮肥利用效率及土壤速效氮素的影响[J].植物营养与肥料学报,2016,22(2):296-306.

[17] 秦宇坤,李鹏程,郑苍松,等.氮肥施用量对棉花产量及土壤脲酶活性的影响[J].新疆农业大学学报,2018,41(2):86-92.

[18] 陈仙仙,王趁义,黄兆玮,等.第四类配合物型脲酶抑制剂对油菜生长及土壤氮素转化的影响[J].水土保持学报,2019,33(4):180-186.

[19] 张文学,王萍,孙刚,等.脲酶抑制剂不同用量对土壤氮素供应的影响[J].中国土壤与肥料,2018(6):38-44,52.

[20] 曹银珠,赵同科,刘树庆,等.脲酶/硝化抑制剂双控过程中硝化抑制尿素分解效应[J].水土保持学报,2015,29(4):143-147.

[21] 武文明,陈洪俭,王世济,等.氮肥运筹对苗期受渍夏玉米干物质和氮素积累与转运的影响[J].作物学报,2015,41(8):1246-1256.

[22] 巩俊花,高俊岭,刘月田,等.不同类型稳定性增效剂对玉米生长发育及其产量的影响[J].安徽农业科学,2020,48(14):153-155.

[23] Diego A, Simon J, Alberto S C, et al. Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency [J].Agriculture, Ecosystems and Environment,2014,189:136-144.

[24] 李香兰,徐华,蔡祖聪.氢醌、双氰胺组合影响稻田甲烷和氧化亚氮排放研究进展[J].土壤学报,2009,46(5):917-924.

(上接第 275 页)

[15] 鲍士旦.土壤农化分析 [M].3 版.北京:中国农业出版社,2000.

[16] 李鑫鑫,刘洪光,龚萍,等.膜下滴灌棉花不同种植模式土壤水分分布规律研究与数值模拟[J].节水灌溉,2018(8):23-29.

[17] 陶婷,吕新,陈剑,等.不同滴灌施肥方式对棉田土壤含水率、硝态氮分布及对产量的影响[J].棉花学报,2015,27(4):329-336.

[18] 席奇亮,葛国锋,周方,等.2 种滴灌毛管灌水均匀度对铺设长度和进水压力的响应[J].灌溉排水学报,2018,37(3):78-83.

[19] 王霞,崔春亮,阿不都·沙拉木,等.不同类型滴灌毛管灌水均匀度田间试验分析[J].节水灌溉,2012(8):12-15.

[20] 郑彩霞,张富仓,贾运岗,等.不同滴灌量对土壤水氮运移规律研究[J].水土保持学报,2014,28(6):167-170,176.

[21] Min W, Guo H J, Hou Z A, et al. Root distribution and growth of cotton as affected by drip irrigation with saline water [J].Field Crops Research,2014,169:1-10.

[22] Feng S W, Gu S B, Zhang H B, et al. Root vertical distribution is important to improve water use efficiency and grain yield of wheat [J].Field Crops Research, 2017,214:131-141.

[23] 高超,李明思,蓝明菊.土壤水分空间胁迫对棉花根系构型的影响[J].棉花学报,2018,30(2):180-187.

[24] 徐新霞.行距配置对机采棉花产量形成及采收品质的影响[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2015.

[25] 金可默.作物根系对土壤异质性养分和机械阻力的响应及其调控机制研究[D].北京:中国农业大学,2015.