

枣棉间作模式下作物不同水肥界面交互影响初探

李发永,张莹山,王 龙,王兴鹏

(塔里木大学水利与建筑工程学院,新疆 阿拉尔 843300)

摘 要:为探讨枣棉间作模式下作物全生育期水肥的交互影响,在枣棉不同生育期,分析了不同土壤界面水分和养分的空间分布差异性。结果表明:枣棉在不同生育时期对水分的需求不同,在 7 月至 8 月,作物对水需求随着生长进程逐渐增大,红枣耗水量较大,红枣在新梢增长期、花期、以及幼果期易与棉花产生水分竞争,土壤 20~40 cm 深度为最易产生竞争的区域。而在 8 月下半月至 9 月上半月枣树对水分的需求低于棉花对水分的需求,二者水分竞争趋于缓和;枣棉对速效磷的竞争不如水分那么剧烈,根据二者的生育期特点可将这种竞争降到最低;速效钾和钠离子的分布都与滴灌位置有关,离滴灌位置越远二者含量越高。红枣和棉花在整个生育期对土壤速效钾的利用存在着竞争,前期竞争较缓和,红枣进入幼果期及棉花铃期和桃期以后,这种竞争更加剧烈。两者在 8 月份 0<H≤60cm 土层对钾的吸收竞争最激烈。

关键词:滴灌;枣棉间作;水肥;界面
中图分类号: S27 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)02-0099-08

Study on interaction between water and fertilizer under
jujube-cotton intercropping

LI Fa-yong, ZHANG Ying-shan, WANG Long, WANG Xing-peng

(College of Water Resources and Architectural Engineering, Tarim University, Xinjiang, Aral 843300, China)

Abstract: To explore the interaction between water and fertilizer in different growth stages of crops for jujube-cotton intercropping, we explored the spatial distribution soil moisture and nutrients in different depth. The result showed that jujube and cotton at different growth stages had different requirements for water. From July to August, water requirement increased with the growth process. Jujube needed more water than cotton. And the competition for water between the two crops became more severe at shoot growth, flowering, and the young fruit periods, being more obviously for 20~40 cm of soil depth. From late August to early September, jujube required less water than cotton did and the competition for water and available phosphorus weakened. There was competition for utilization of soil available K between dates and cotton during the whole growing period. The competition was more intense during the young fruit and cotton peach boll stages.

Keywords: drip irrigation; jujube-cotton intercropping; water and fertilizer; interaction

在南疆特色林果业的发展过程中,为了提高综合经济效益、增加果农收入,各地、州、师正在大力推广全新的种植模式(矮化密植),同时,采用多元化的果园套作建园模式,普遍套作经济效益高的棉花。由于枣树萌芽开花较晚,落叶早,加上根稀叶疏,与主要粮食作物物候期交错,可兼作小麦、大豆、棉花等。近年来在新疆南疆地区的戈壁沙漠边缘,枣产区实行枣粮兼作,兼顾了生态效益、经济效益和社会效益,取得了农林复合经营以及高效利用土地资源的成功典范^[1-2]。枣棉套作在新疆还是一种新兴的果园立体种植技术,其种植模式和生长发育调控与内地相比,具有很大的差异性。在盆地内,由于矮化密植果树套作模式下的灌溉方式和施肥措施相对统一,基本上以耗水量和养分需求占优势的种群来确定田间灌溉水量和施肥量的多少,因此,造成了大多数套作田在水肥管理模式上与普通棉田相似,极不利于弱势种群的生长发育,而田间水肥资源在某种程度上的极不合理利用,也使得浪费现象较为严重。由于该地区开展矮化密植果棉套作复合经营正处于起步阶段,尚不清楚矮化密植套作模式下种群间水肥利用过程中的交互影响过程,对其种间水肥竞争关系和生态功能缺乏有效的分析,而当前开展的研

收稿日期:2013-09-30
基金项目:国家自然科学基金项目(51169024);水利部公益性行业专项(201101050)
作者简介:李发永(1982—),男,讲师,主要从事极端干旱区农业水土环境方面的研究工作。E-mail: lisen8279@163.com。
通信作者:王兴鹏,副教授,主要从事节水灌溉相关研究工作。E-mail: SJYWXP@tayu.edu.cn。

究则多集中于果树套作模式的农艺技术研究上。所以,当地果农在套作模式的选择以及水肥的施用上都具有很大的盲目性和不确定性,套作模式也不统一,影响了枣园套作的整体质量。为此,开展枣树与棉花复合种间竞争领域的研究,探讨其竞争机制,为寻求避免枣棉之间放大负反馈的有效措施,优化和调控枣棉套作模式有着重要意义。

1 试验区概况

本试验在新疆阿拉尔市塔里木大学水利与建筑工程学院节水灌溉试验基地进行,实验基地位于北纬 $36^{\circ} \sim 42^{\circ}$ 、东经 $72^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 之间,占地面积 $31\text{ m} \times 44.5\text{ m}$,属暖温带干旱气候区,降水量稀少,蒸发量大,气候干燥。年平均气温 10°C ,1 月份平均气温 -8°C ,7 月份平均气温 25°C 。年平均降水量 100 mm 左右。太阳总辐射量 $544.115 \sim 590.155\text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$,日照时间 $2\,855 \sim 2\,967\text{ h}$,无霜期 $205 \sim 219\text{ d}$,风沙浮尘天气较多,主要集中在春季和夏季。春

季升温快而不稳,秋季降温快。

2 材料与方法

2.1 供试材料

试验材料以矮化密植红枣+棉花的枣棉间作模式作为研究对象,种植枣树为 3 年生嫁接、长势均匀的枣树,行距 2.7 m ,株距 1.5 m ;棉花行距为窄行 0.25 m ,宽行 0.60 m ,株距 0.1 m ;枣棉间距为 0.75 m 。年初进行修剪,株高保持在 $1.5 \sim 2.0\text{ m}$ 。

2.2 滴灌施肥布置方式

根据红枣种植模式滴灌带选用单翼迷宫式,滴头间距为 30 cm ,单滴头最大流量为 $3 \sim 5\text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$,工作压力为 0.1 MPa 。棉花的滴灌带布置方式为一膜四行两管膜下滴灌方式,滴灌带布设在窄行,布设方式为单行直线布置(见图 1)。每生育期需水高峰期灌水定额为 $369\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 。全生育期灌水 12 次,灌溉定额为 $4\,428\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

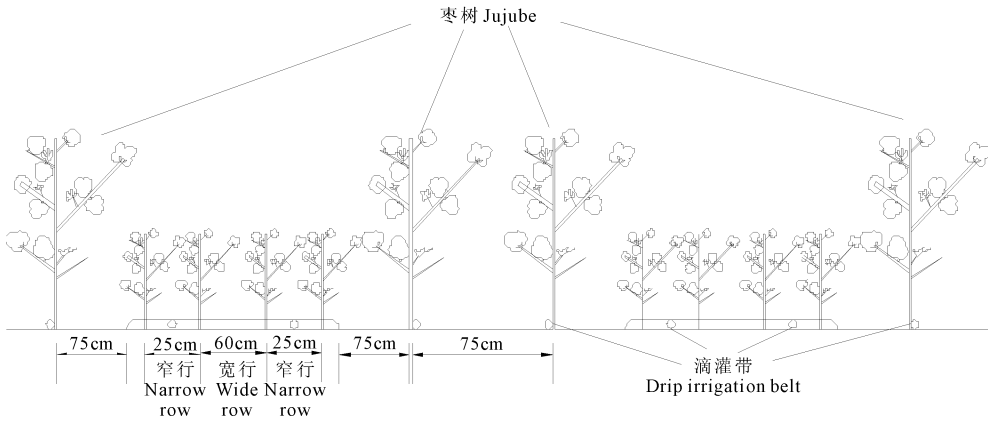


图 1 枣棉间作种植示意图

Fig.1 Schematic for jujube-cotton intercropping

施肥试验主要集中在 6 月、7 月、8 月以及 9 月四个需水关键期进行。氮、磷、钾肥施入主要以复合肥为主,N、P、K 比例为 $2:1:1$,施肥量为 $2\,250\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,全生育期施肥三次,花期 1 次,幼果期 1 次,果实膨大期 1 次,单次施肥量按总施肥量进行平均。田间施肥采用滴灌的随水施肥方式。在灌溉过程中,间作棉花采用相同的灌溉和施肥量。

2.3 样品采集与测定方法

土样的采集:采样时间分别为枣树的盛花期、幼果期、果实膨大前期、果实膨大后期、果实成熟期,即棉花的三叶期、五叶期、蕾期、花铃期、吐絮期;采样点分别在枣树根区、枣棉之间、棉花窄行、棉花宽行(以下均用字母 Z、ZM、M1、M2 分别表示)进行采样,距枣树滴灌滴头水平距离分别为 0 cm 、 40 cm 、 80

cm 、 120 cm 。土钻垂直取土深度分别为 $0 \sim 10\text{ cm}$ 、 $10 \sim 20\text{ cm}$ 、 $20 \sim 40\text{ cm}$ 、 $40 \sim 60\text{ cm}$ 、 $60 \sim 80\text{ cm}$,将取好的土样分类编号。

采用烘干法测定土壤含水分;采用碳酸氢钠浸提—钼蓝比色法测定土壤速效磷;采用火焰光度法测定速效钾、钠离子。

试验数据采用 Microsoft Excel 2003 和 surfer8 进行数据统计分析。

3 结果与分析

3.1 枣棉间作模式下全生育期内土壤不同界面含水量的分布特性

图 2 表示作物不同生育阶段枣棉根区不同界面的水分分布情况,由于枣树和棉花在生育阶段上存

在一定的差异,因此绘图时主要以半月为单位进行分阶段绘制。

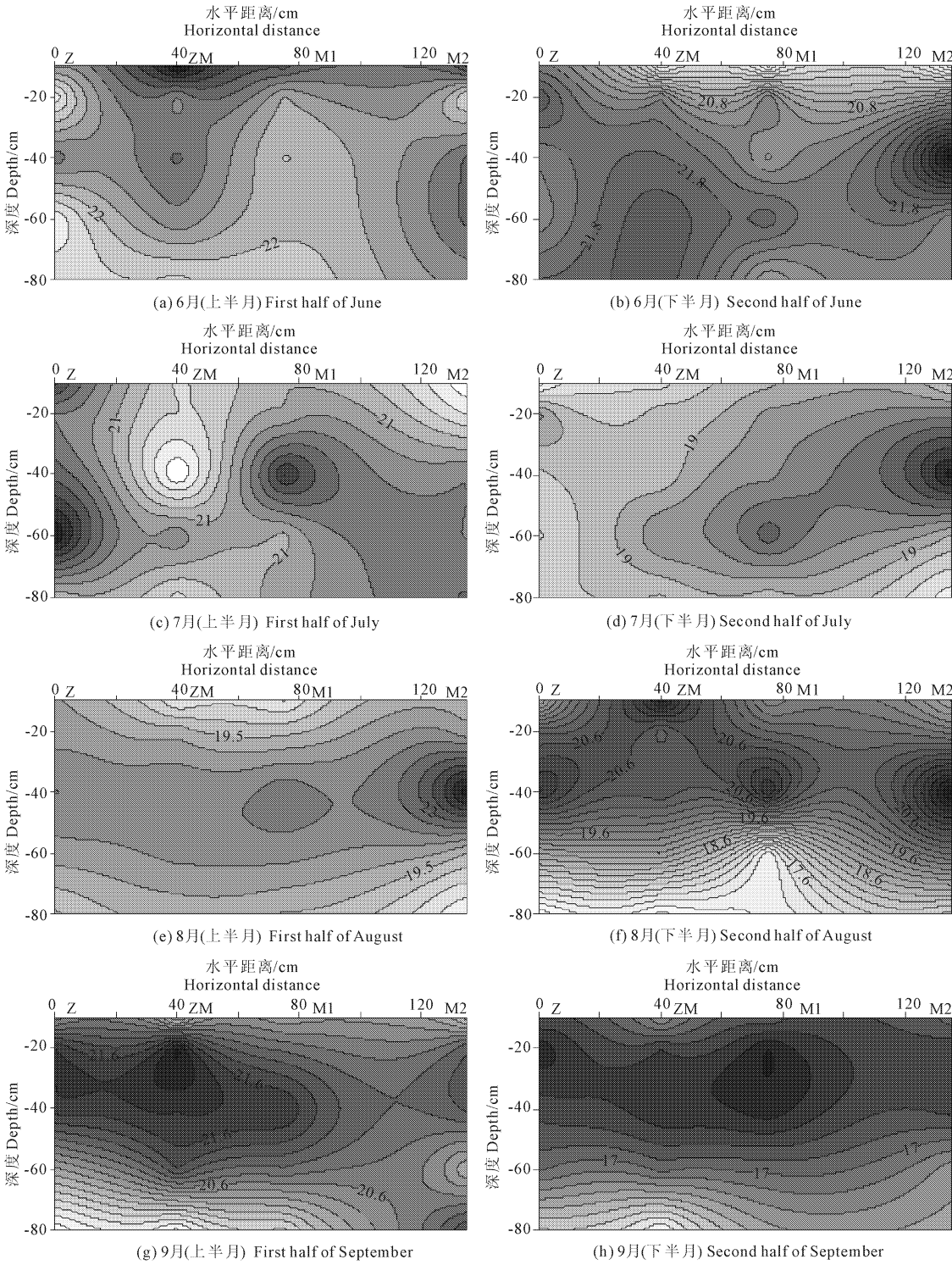


图 2 枣棉间作模式下全生育期内土壤不同界面含水量空间分布

Fig.2 Spatial distributions of soil moisture at different interfaces in the whole growth period under jujube-cotton intercropping

从时间轴上看,在枣棉间作模式下,由图 2 可知从 7 月下半月开始到 8 月上半月各个断面土壤水分处在一个相对较低的状态,尤其以枣棉中间区域 (ZM 点位) 含水率最低。在 7 月上半月前,总平均含水率(所有点位平均)由 21.04% 随着时间上升到 21.35%,而在 7 月下半月含水率明显下降为 19.06%,又逐渐上升为 20.67%,在 9 月下半月又下降为 17.16%,由此可见,整体上土壤平均含水量呈现一种先上升后下降的变化趋势。但在作物不同生育期内,土壤含水量变幅有较大差异,其中在 8 月下

半月到9月上半月增幅达最大为6.60%，在9月上半月到9月下半月降幅达最大为16.98%。分析表明8月下半月至9月上半月处于棉花的开花花铃期，正值枣树的果实膨大期对水分的需求较其他时期大；9月上半月至9月下半月作物对水分的需求较其他时期小，此时期为棉花吐絮成熟期和枣树果实成熟期，作物需水减小。数据统计表明枣树在8月下半月至9月上半月（即图2f至图2g）增幅达最大为7.16%，在7月上半月至7月下半月（即图2c至图2d）降幅达最大为20.05%。说明8月下半月至9月上半月处于枣树的果实成熟期，对水分的需求逐渐减小，而7月上半月至7月下半月处于枣树的幼果期和果实膨大期对水分的需求较大；而棉花在7月上半月至7月下半月降幅不明显，只在8月下半月至9月上半月增幅为6.85%。由此说明，在7月红枣耗水量较大，易与棉花在这一时期产生水分竞争，应增加红枣灌水量，保证红枣开花坐果，减小红枣与棉花水分竞争；在8月下半月至9月上半月枣树对水分的需求低于棉花对水分的需求，应在这一时期减少枣树灌水量增加棉花灌水量。

从水平分布上看，在整个生育期内，土壤中平均含水量随着距枣树距离的增加，呈现出先降低后升高的现象。在 $0 < H \leq 80$ cm 土层，从整体看，样点 Z、ZM、M1、M2 平均含水量分别为 20.24%、19.64%、20.10%、19.97%，其中样点 ZM 平均含水量明显低于其他样点，图 2c、图 2d、图 2f 反映较明显。在 $0 < H \leq 80$ cm 土层，6 月上半月至 7 月下半月（图 2a 至图 2d），样点 Z 平均含水量由 22.11% 逐渐降为 18.25%，主要亏缺区为 20 cm 和 40 cm 处；样点 ZM 平均含水量由 20.20% 降为 18.72%，主要亏缺区不明显；样点 M1 平均含水量由 21.42% 降为 19.67%，主要亏缺区为 40 cm 处；样点 M2 平均含水量由 20.41% 降为 19.61%，主要亏缺区不明显。由此可见，样点 Z 即枣树根区土壤平均含水量变化最大，其次是棉花窄行，二者均出现了水分亏缺区域。总体上枣树全生育期水分需求大于棉花，特别在 7 月下半月和 8 月上半月这种差异尤为明显。

从垂直分布上看，土壤中含水率随着土层深度的增加呈现先增加后递减的变化，在 40 cm 至 60 cm 处土壤含水量达到最大，60 cm 后又逐渐下降。统计分析表明，在整个生育期内， $0 < H \leq 60$ cm、 $60 < H \leq 80$ cm 土层，样点 Z 平均土壤含水率分别为 20.56%、18.95%，两者差异较为明显，而其他样点差异不明显。在 $0 < H \leq 60$ cm 土层中，样点 Z、ZM、M1、M2，从 6 月上半月至 7 月下半月（即枣树盛花期

至果实膨大前期）土壤平均含水率降幅分别为 20.85%、12.53%、9.18%、4.81%；而在 $60 < H \leq 80$ cm 土层中土壤平均含水率降幅分别为 22.43%、22.90%、19.92%、31.13%。由此看出，在枣树盛花期至果实膨大前期，在 $0 < H \leq 60$ cm 土层中样点 Z 平均含水率降幅最高，而在 $60 < H \leq 80$ cm 土层样点 M2 土壤平均含水率降幅最高，这说明在盛花期至果实膨大前期枣树在 $0 < H \leq 60$ cm 土层需水量变化较大。在 $60 < H \leq 80$ cm 土层，棉花的根系密度较少，因此棉花在该土层需水不稳定。由于样点 M2 处没有滴管管带，水分的缺失须从深层吸水进行补充。图 2e 至图 2h 水分的分布规律尤为明显。水分主要分布于 $0 < H \leq 60$ cm 土层，并且在 $20 < H \leq 40$ cm 土层含水量较高，棉花和枣树生育阶段后期尤为明显。

3.2 枣棉间作模式下全生育期内土壤不同界面的速效磷分布特性

图 3a 至图 3d 为枣棉间作模式下全生育期内土壤不同界面的速效磷空间分布。磷是植物生长发育所必需的营养元素，对植物的生命活动和生理功能具有重大影响^[3]，对作物产量的提高和品质的改善非常重要。图 3 显示，枣棉间作生态系统中土壤速效磷平均含量在时空分布上具有明显的差异性，主要分布区域为深度 $0 < H \leq 40$ cm 土层中。

从时间轴上看，在枣棉间作模式下整体上看， $0 < H \leq 80$ cm 土层中速效磷含量随作物生育进程呈现先降后增的变化，6 月份至 7 月份土壤中速效磷平均含量由 $54.69 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 降为 $47.08 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，下降幅度较大，这是因为 6 月份至 7 月份正是棉花的三叶期至开花花铃期，正值枣树的新梢增长期、盛花期至果实膨大前期，枣棉两作物对磷元素的需求都较大，这一时期是枣棉两作物对磷元素竞争激烈的时期，应在这一时期多施含磷元素的肥料，以减小枣棉对磷元素的竞争。7 月份，棉花进入桃期以后，枣棉两作物对磷元素的竞争减小。样点 Z 处土壤速效磷平均含量在 $0 < H \leq 80$ cm 土层中，随着作物的生长进程平均含量逐渐降低，在 8 月份速效磷平均含量达到最低值 $45.17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，但在 9 月份速效磷平均含量出现明显的升高。这是由于随着枣树的生长，对磷元素的需求逐渐增加，8 月份枣树的幼果期和果实膨大期对磷元素的需求达到最大，有利于果实膨大，但 8 月份之后，即果实膨大后期对磷元素的需求逐渐减少；样点 M1、M2 处土壤速效磷平均含量在 $0 < H \leq 80$ cm 土层中，随着生长进程呈现出先降后增的变化趋势，在 7 月份速效磷平均含量达到最

低值分别为 $43.80\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $42.55\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,这说明在 7 月份,即五叶期至开花花铃期棉花需要大量的磷元素;样点 ZM 处速效磷平均含量变化趋势为先升后降,在 8 月份速效磷平均含量降为最低值 $48.06\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,可见,在 8 月份枣树与棉花之间也存在对

磷元素的竞争,而在 9 月份速效磷含量高于 8 月份,这可能是由于在这一时期为棉花的吐絮成熟期、枣树的果实成熟期,对速效磷的吸收减少,从而导致 9 月份速效磷含量变高。因此,在 7 月份和 8 月份应多施磷肥。

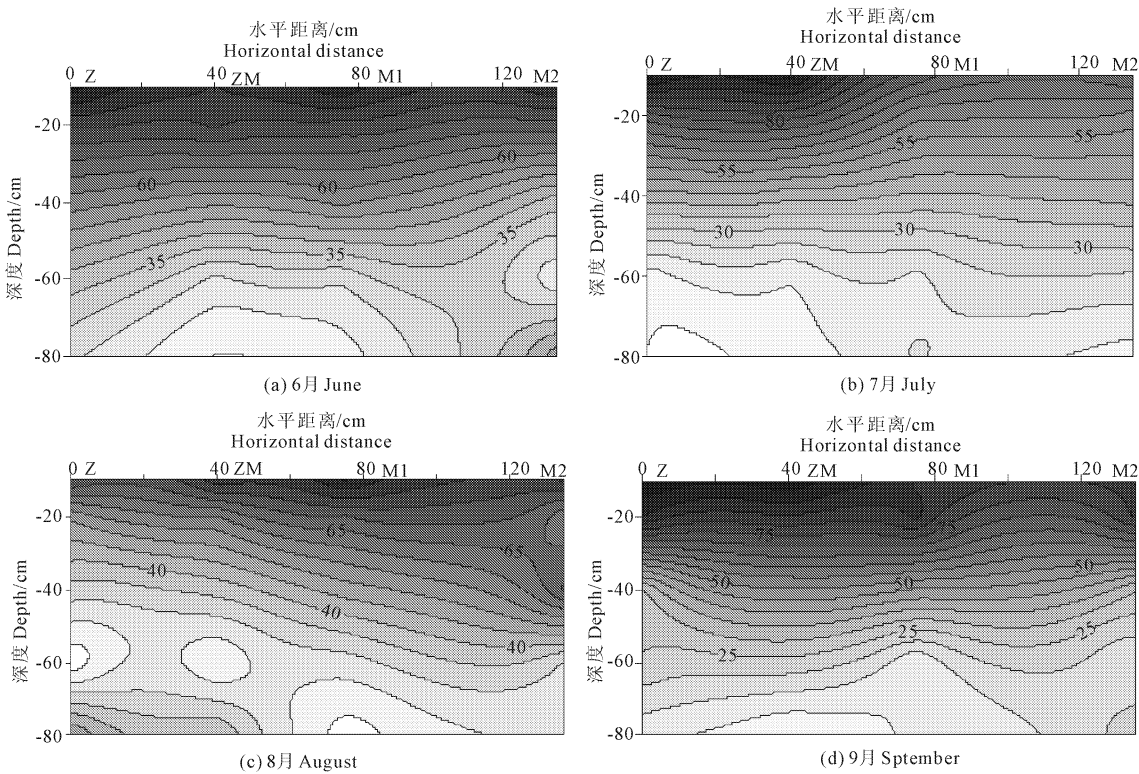


图 3 枣棉间作模式下全生育期内土壤不同界面速效磷空间分布
Fig.3 Spatial distribution of soil available phosphorus at different interfaces during the whole growth period under jujube-cotton intercropping

从水平分布来看,土壤速效磷平均含量随距枣树的距离的增加,整体上呈现出先降低再升高的现象,在样点 M1 处土壤速效磷平均含量最低。样点 Z、ZM、M1、M2, $0 < H \leq 80\text{ cm}$ 土层速效磷平均含量分别为 51.37 、 50.81 、 49.00 、 $49.08\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,其中 M1 土壤速效磷平均含量低于其他样点。由图 3b 结合数据,7 月份土壤速效磷平均含量样点 Z、ZM、M1、M2 分别为 59.94 、 61.53 、 49.55 、 $49.93\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷平均含量 $M1 < M2 < Z < ZM$,枣树和棉花速效磷平均含量均小于枣棉之间,说明枣棉两作物都对磷元素开始吸收,而棉花对磷元素的吸收量大于枣树,应对棉花增加磷肥的施用;而由图 3c 可以看出,8 月份土壤速效磷平均含量样点 Z、ZM、M1、M2 分别为 45.17 、 48.06 、 50.53 、 $54.09\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,呈现出土壤速效磷平均含量 $Z < ZM < M1 < M2$,这一时期正是枣树由果实膨大后期向果实成熟前期的变化,棉花由开花花铃期向吐絮成熟前期的变化,说明这一时期枣

树对速效磷的需求大于棉花,应对枣树增加磷肥的施用,而在 9 月份枣棉对磷元素的需求都较前期大幅较少。

从垂直分布上看,速效磷主要集中于 $0 \sim 10\text{ cm}$ 土层,下层速效磷含量差异不明显, $0 \sim 10\text{ cm}$ 土壤速效磷含量最高,随着深度的增加速效磷含量逐渐降低。在整个生育期内, $0 < H \leq 60\text{ cm}$ 、 $60\text{ cm} < H \leq 80\text{ cm}$ 土层的整体上速效磷平均含量分别为 57.06 、 $22.10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,两者差异达极显著水平 ($P < 0.01$)。同时,由图 3a 至图 3d 结合数据得出,在 $0 < H \leq 60\text{ cm}$ 土层中整体上看,速效磷平均含量由 6 月份的 $61.69\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 降至 9 月份的 $57.99\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷消耗量为 $3.69\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,降幅为 5.98% ,而 $60\text{ cm} < H \leq 80\text{ cm}$ 土层的速效磷含量,则由 6 月份的 $26.70\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 降至 9 月份的 $13.20\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷消耗量 $13.50\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,降幅高达 50.57% 。可见,在枣棉间作模式下 $0 < H \leq 80\text{ cm}$ 土层中,枣树和棉花

对磷肥的主要吸收区域集中在 $0 < H \leq 60$ cm 土层内,但 $60 < H \leq 80$ cm 土层则为土壤速效磷的主要亏缺区域,这与滴灌下养分很难随水输送到根区较深位置有关。同时降幅最大的区域主要集中于枣树根区 60 cm 以下土层。

3.3 枣棉间作模式下全生育期内土壤不同界面的速效钾分布特性

图 4 反映了枣棉间作模式下全生育期内土壤不

同界面的速效钾空间分布情况。土壤钾素营养是影响植物抗旱性、根系生长和作物产量的重要因素^[4-5]。钾不具体参与植物体内重要有机体的组成,但对碳水化合物的合成、运转、转化等方面起着重要作用。钾以离子状态存在于生命活动最活跃的幼嫩部分。适当施用钾肥对促使根的生长,增进植株的抗寒抗旱能力,提高浆果的含糖量、风味、色泽以及对果实的成熟和枝条的充实都有积极的作用。

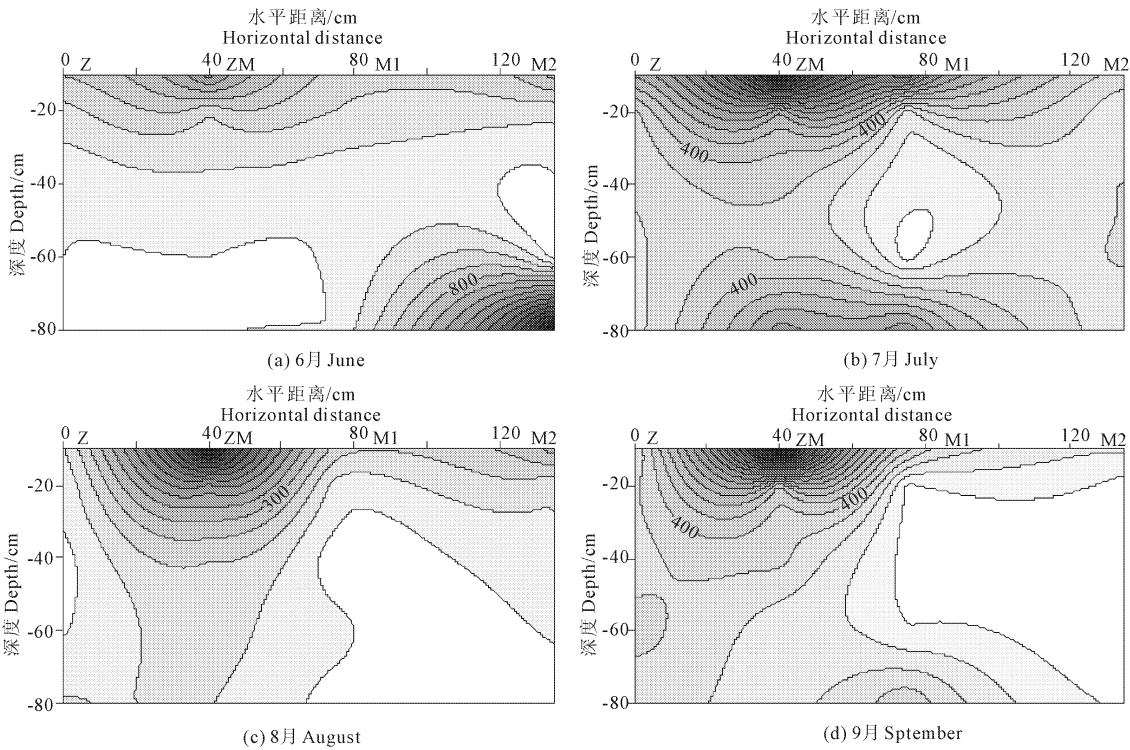


图 4 枣棉间作模式下全生育期内土壤不同界面速效钾空间分布

Fig.4 Spatial distribution of soil available K at different interfaces during the whole growth period under jujube-cotton intercropping

从时间轴上看,在枣棉间作模式下, $0 < H \leq 80$ cm 土层中各样点速效钾平均含量基本上随着作物的生育进程逐渐降低的,仅在 9 月份时,各样点速效钾平均含量出现增加现象。但在不同生育期内土壤速效钾平均含量变幅有较大差异,在 7 月份前,土壤中速效钾平均含量仅下降 33.18%,但 7 月份后, $0 < H \leq 80$ cm 土层速效钾平均含量开始迅速降低。7 月至 8 月,土壤中速效钾平均含量降幅为 52.48%。导致在不同生育期土壤速效钾平均含量变幅差异较大的原因,可能是由于棉花和枣树对钾肥的需求规律所决定的。在棉花处于五叶期(图 4a6 月份)之前,对钾肥的需求较低,当进入 7 月份,土壤中速效钾平均含量陡然下降,这与枣棉对速效钾的吸收利用特点有关^[6]。同时,样点 Z、ZM、M1、M2 速效钾平均含量在 8 月份 $0 < H \leq 80$ cm 土层均为最低值,说明此时正逢枣树果实膨大期,枣棉两作物开始对钾

肥需求量增大。因此,在枣棉间作模式下,当枣树进入幼果期后,田间即应及时追施钾肥,以缓和枣树和棉花对钾肥的竞争吸收态势。

从水平分布上看,由图 4b 至图 4d 分析表明,在整个生长季节内, $0 < H \leq 80$ cm 土层中样点 Z、M1、M2 土壤速效钾平均含量变化幅度较为稳定,基本维持在 $322.5 \sim 368.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,而样点 ZM 速效钾平均含量变化幅度则较大,基本在 $371.20 \sim 607.60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,这可能因试验地土壤钾元素平均含量较高,枣棉两作物根系较难从水平距离 40 cm(枣棉之间)处吸收速效钾,从而导致 ZM 速效钾平均含量高于其它样点。样点 Z 在 6 月份 60 cm 土层以下速效钾平均含量处于同时期的最低,而在 8 月份 $40 < H \leq 60$ cm 土层速效钾平均含量处于同时期的最低,说明在同时期的 6 月份和 8 月份,即枣树的盛花期至幼果期和果实膨大后期至果实成熟前期对钾元素的

需求较高;样点 ZM 仅在 6 月份 60 cm 土层以下速效钾平均含量最低,其它时候无明显变化较为平稳;样点 M1 在 7 月份 $40 < H \leq 60$ cm 土层速效钾平均含量为同时期最低,而在 8 月份 20 cm 以下速效钾平均含量为同时期最低值,在 9 月份 $40 < H \leq 60$ cm 土层速效钾平均含量为同时期最低值;样点 M2 在 7 月份 $40 < H \leq 60$ cm 土层速效钾平均含量较同时期最低,在 8 月份 60 cm 以下土层速效钾平均含量为同时期最低值,而 9 月份在 20 cm 以下土层速效钾平均含量为同时期最低值。由此看出,枣树在 6 月份和 8 月份对钾元素的需求较多,而棉花在 6 月份至 9 月份均对钾元素均有一定需求,其中在 8 月份和 9 月份较多,同时可以看出,在 8 月份枣棉两作物对钾元素的竞争较为激烈。

从垂直分布上看,由图 4a 至图 4d 可知,土壤速效钾平均含量随着土层深度的增加逐渐减少,仅在 $60 < H \leq 80$ cm 土层速效钾平均含量出现增高。在整个生育期内,在 $0 < H \leq 60$ cm、 $60 < H \leq 80$ cm 土层土壤速效钾平均含量分别为 381.23 、 $412.83 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,差异性不显著。但在不同生育期内,不同深度土层速效钾平均含量有所区别。在 6 月份(图 4a), $0 < H \leq 60$ cm 土层的速效钾平均含量 $559.63 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,明显高于 $60 < H \leq 80$ cm 土层速效磷平均含量 $423.00 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,其中样点 Z、ZM 在 60 cm 土层以下出现速效钾平均含量最低值,样点 M2 在 $40 < H \leq 60$ cm 土层出现速效钾平均含量最低值;但到 7 月份(图 4b),由于此时枣棉地上部分生长迅速,以及根系分布等原因,导致 $0 < H \leq 60$ cm 土层的速效钾损耗较大,土壤速效钾各样点平均含量仅为同期 $60 \text{ cm} < H \leq 80 \text{ cm}$ 土层的 27.31% 、 3.57% 、 38.01% 、 15.91% ;此后随着枣棉的生长, $60 < H \leq 80$ cm 土层的养分损耗量开始增大,同时因凋零物对土壤表层养分的补充等原因^[7],导致 $0 < H \leq 60$ cm 土层的速效钾平均含量高于 $60 < H \leq 80$ cm 土层,而枣树对钾元素的吸收显然小于棉花。而 9 月份在 $0 < H \leq 80$ cm 土层,速效钾平均含量样点 $M2 < M1 < Z < ZM$,其他生育期未有这种变化趋势,说明棉花最容易发生钾元素亏缺的月份就是 7 月。这一阶段应对棉花增加钾肥,保证棉花的吐絮成熟。

3.4 枣棉间作模式下全生育期内土壤不同界面的钠离子分布特性

土壤水溶性盐是盐碱土的一个重要属性,是限制作物生长的障碍因素。土壤(及地下水)中水溶性盐的分析,是研究盐渍土盐分的重要方法之一,了解盐分、对种子发芽和作物生长的影响以及拟定改

良措施都是十分必要的^[5]。钠离子就是土壤中水溶性盐主要成分之一。

从时间轴上看,在枣棉间作模式下,在 $0 < H \leq 80$ cm 土层中钠离子平均含量随作物生育进程逐渐降低的现象,其中 6 月份至 7 月份,钠离子平均含量降幅达 31.36% ,仅在 9 月份钠离子含量由于作物吸收钠量和灌水量的影响而出现短暂增加变化。在 6 月份,样点 Z、ZM 与 M1 之间在 60 cm 土层以下钠离子平均含量较低,样点 M2 在 $40 < H \leq 60$ cm 土层钠离子平均含量较低;在 7 月份,样点 Z 在 40 cm 土层以下、样点 M1 和 M2 在 60 cm 土层以下钠离子平均含量均较低;在 8 月份,样点 Z 在 40 cm 土层以下钠离子平均含量较低;在 9 月份,样点 Z 和 M2 在 60 cm 土层以下钠离子平均含量较低。综合看来,枣树全生育期内钠离子平均含量在 40 cm 土层以下含量较少;而棉花在 6 月份有部分在 $40 < H \leq 60$ cm 土层对钠离子进行了吸收,随后在 8 月份和 9 月份 60 cm 土层以下含量均较少。在 7 月份和 8 月份钠离子平均含量较高,分析原因是由于枣棉两作物在前期对钠离子的吸收量较小,同时也是灌水量的不够使钠离子出现累积。因此应增加灌水,减少钠离子的累积,从而消除对作物的抑制。

在水平分布上看,距枣树不同位置的 $0 < H \leq 80$ cm 土层钠离子平均含量差异不明显。但不同作物不同生育期有所不同。在 $0 < H \leq 80$ cm 土层中在 6 月份至 9 月份钠离子平均含量同时期均为 $Z < M1 \leq M2 < ZM$,说明枣树对土壤中水溶性盐钠离子的随水吸收量大于棉花,分析原因可能是因为枣树根系较为密集对钠离子随水吸收能力较强。由图 5a 至图 5d,能够看出在水平距离 40 cm 处,即样点 ZM 处钠离子含量均高于样点 Z、M1、M2,这说明在枣棉之间的位置,盐分较易产生累积,同时,在同一水平方向上随着作物生长进程钠离子含量有所降低,但在 9 月份却出现明显升高,这与 9 月份的灌水量减少有关系,说明钠离子平均含量与灌水量的多少和作物的生长情况有关,可见,钠离子具有随水发生运移的特点,即离滴灌位置越远钠离子含量越高。

从垂直分布上看,土壤钠离子平均含量随土层深度的增加而降低。在整个生育期内, $0 < H \leq 60$ cm、 $60 < H \leq 80$ cm 土层钠离子平均含量分别为 700.23 、 $373.33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,两者差异达极显著水平。同时,在 $0 < H \leq 60$ cm 土层中,钠离子平均含量由 6 月份(图 5a)的 $981.33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 降至 7 月份(图 5b)的 $712.75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,降幅为 27.37% ,而 $60 < H \leq 80$ cm 土层的钠离子平均含量,则由 6 月份(图 5a)的 $703.$

83 mg·kg⁻¹降至 7 月份的 326.50 mg·kg⁻¹,降幅高达 53.61%。这是由于这一时期棉花处于三叶期至开花花铃前期时正值枣树盛花期至果实膨大前期,此时枣树和棉花对钠离子吸收量较大,因为这一时期的灌水量相对也较大,而导致 60 < H ≤ 80 cm 土层内

钠离子平均含量急剧下降。在 40 cm 深度以下,钠离子含量普遍较低,这是由于枣棉两作物的根系分布主要集中于 40 cm 土层左右,根系对钠离子随水吸收较为明显。

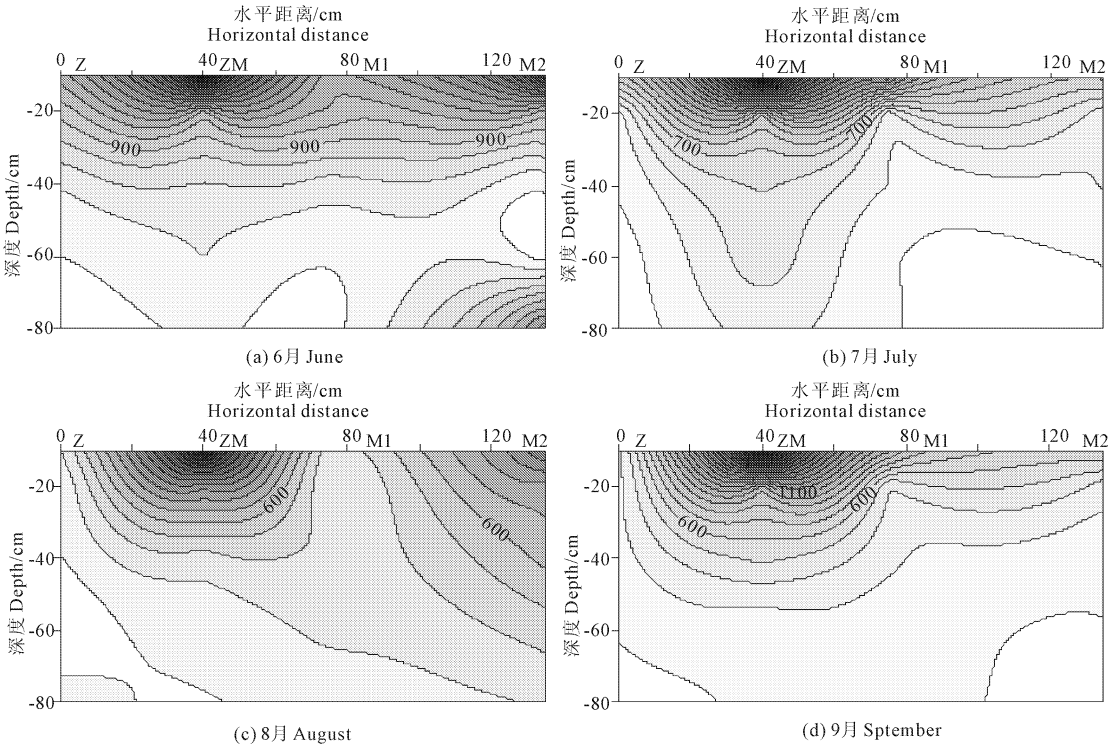


图 5 枣棉间作模式下全生育期内土壤不同界面钠离子空间分布

Fig.5 Spatial distribution of soil sodium ion at different interfaces during the whole growth period under jujube-cotton intercropping

4 结论与讨论

1) 为了提高枣棉间作中棉花和枣树产量,合理的灌水是必不可少的环节。枣棉在不同生育时期对水分的需求不同,棉花在 7 月下半月至 9 月下半月对水需求随着生长的进程需求增大,枣树对水的需求也在这一时期,而红枣最容易发生水分亏缺和最容易与棉花产生竞争的月份就是 7 月。在这一阶段应增加红枣灌水次数,保证红枣的开花坐果。防止红枣与棉花产生剧烈的水分竞争。红枣整个生育期内对土壤水分的需求量相对棉花较大,特别是在红枣新梢增长期以及花期,这一阶段应加大灌水。但后期特别是果实膨大期对水分的需求急剧减少,应控制灌水量。棉花苗期和花铃期需水量较大,后期桃期和成熟期需水量相对较少。因此,根据枣树和棉花不同需水时期的差异,采取在棉花不需水的时期,单独对枣树进行灌水,以求提高枣棉产量,实现枣棉间作系统棉花和枣树的效益增加。

土壤速效磷和速效钾含量及其相对平衡反映了土壤中磷和钾的现实供应状况,对植物的生长发育起着十分重要的作用,钠离子具有与速效钾相似的作用。研究土壤养分的时空变化规律对于改善绿洲生态、改良土壤,保持农业稳产和高产具有重要意义。在单作棉田土壤速效养分平均含量除具有显著的时间、垂直变异特征^[6-9],速效养分平均含量还具有水平变异特征,前人对粮田土壤速效养分水平变异特征的研究相对较多^[10-12]。一般认为,在农林复合系统中,土壤养分可以以林木凋落物的形式将养分归还于表层土壤,起到将下部土层养分“泵到”表土层的作用^[13-14]。根据生态位理论,生态位重叠是对资源利用性竞争的一个必要条件,但重叠并不一定必然导致竞争,只有在资源供应不足时才导致竞争。为降低枣棉间作模式下枣树和棉花的养分竞争态势,生产中应采取以下措施:红枣在新梢增长期、幼果期以及果实膨大前期应适当增加磷肥的施入量,而在花期和果实膨大后期应适当减少速效磷的施入量。

(下转第 136 页)

my, 1992,84:911-915.

[40] Ashok K. Alva, Claudio Stockle J M, Vangilmalla R. Reddy & Dennis Timlin. A crop simulation model for predicting yield and fate of nitrogen in irrigated potato rotation cropping system[J]. Crop Improvement, 2010,24:142-152.

[41] 黄冲平.马铃薯生长发育的动态模拟研究[D].杭州:浙江大学,2003.

[42] Ruiz M E. Using model SWACROP for potato(v.Desiree) water use and crop yields[D]. Cuba: Agrarian University of Havana 1998, 120.

[43] Stockle C O, Martin S A, Campbell G S. CropSyst, a cropping simulation model: water/nitrogen budgets and crop yield[J]. Agricultural Systems, 1994,46:335-359.

[44] Spitters C J T. Crop growth models: their usefulness and limitations [J]. Acta Horticult, 1990,267:349-368.

[45] Wolf J, Oijen M V. Modelling the dependence of european potato yields on changes in climate and CO₂ [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2002,112:217-231.

[46] Wolf J, Oijen M V. Model simulation of effects of changes in climate and atmospheric CO₂ and O₃ on tuber yield potential of potato (cv. Bintje) in the European Union[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2003,94:141-157.

[47] Luo Yi, He Chansheng, Marios Sophocleous, et al. Assessment of crop growth and soil water modules in SWAT2000 using extensive field experiment data in an irrigation district of the Yellow River Basin [J]. Hydrology, 2008,352(1-2):139-156.

[48] Peiris D R, Crawford J W, Grashoff C, et al. A simulation study of crop growth and development under climate change[J]. Agricultural Forest Meteorology, 1996,79:271-287

[49] Rosenzweig C, Phillips J, Goldberg R, et al. Potential impacts of climate change on citrus and potato production in the US[J]. Agricultural Systems, 1996,52(4):455-479.

[50] Kabat P, Marshall B, van den Broek B J. Comparison of simulation results and evaluation of parameterization schemes, in modelling and parameterization of the soil-plant-atmosphere system[C]//Kabat P, Marshall B, van den Broek B J, et al. A Comparison of Potato Growth Models. Wageningen Pers, Wageningen, 1995:439-501.

[51] Rosati A, Badeck F W, Dejong T M. Estimating canopy light interception and absorption using leaf mass per unit leaf area in solanum melongena[J]. Annals of Botany, 2001,88(1):101-109.

[52] Sadras V O. Yield and water-use efficiency of water-and nitrogen-stressed wheat crops increase with degree of co-limitation[J]. Agronomy, 2004,21(4):455-464.

[53] Panda R K, Behera S K, Kashyap P S. Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions[J]. Agricultural Water Management, 2004,66(3):181-203.

[54] Han S, Evans R G, Hodges T, et al. Linking a geographic information system with a potato simulation model for site-specific crop management[J]. Environment Quality, 1995,24:772-777.

(上接第 106 页)

棉花花铃期应适当增加磷肥的施入量,而桃期后期应适当减少磷肥的施入量。红枣和棉花在磷肥的竞争上相对水分而言较小,根据棉花和红枣的不同生育特点可以将这种竞争降到最低。棉花和红枣在钾肥的竞争利用上相对剧烈,在枣树新稍增长期和幼果期和果实膨大后期应控制钾肥的施入量,而花期和果实膨大前期应增大钾肥施入。棉花从花铃期到桃期后期应适当增加钾肥的施入量,其它阶段应对钾肥的施入进行控制。

参 考 文 献:

[1] 李 林,张文新,苏柳芸.南疆地区红枣产业发展现状与战略思考[J].北方果树,2008,(1):35-37.

[2] 张卫东,范荣尚,贾家贤.阿克苏地区枣粮间作高产配套栽培技术[J].新疆农业科技,2010,(2):54-55.

[3] 刘开昌,胡昌浩,董树亭,等.高油玉米需磷特性及磷对籽粒营养品质的影响[J].作物学报,2001,27(2):267-272.

[4] 孙克刚,姚 健,焦 有,等.棉花的需肥规律与施钾研究[J].土壤肥料,1999,(3):12-14.

[5] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000,12;

22-192.

[6] 杨玉玲,盛建东,田长彦,等.盐化灌淤土壤速效氮、磷、钾空间变异性与棉花生长关系初步研究[J].中国农业科学,2003,36(5):542-547.

[7] 郑德明,姜益娟,柳维扬.新疆棉田土壤速效养分的时空变异特征研究[J].棉花学报,2006,18(1):23-26.

[8] 宋锋惠,吴正保,史彦江.枣棉间作生态系统内根系和棉花产量分布及土壤养分时空变化[J].东北林业大学学报,2012,40(1):48-53.

[9] 朱 敏,梁 智,徐万里,等.新疆绿洲棉田土壤养分时空分布特点[J].新疆农业科学,2009,46(5):1076-1081.

[10] 黄绍文,金继运,杨俐苹,等.县级区域粮田土壤养分空间变异与分区管理技术研究[J].土壤学报,2003,40(1):79-88.

[11] 赵 军,刘焕军,隋跃宇,等.农田黑土有机质和速效氮磷不同尺度空间异质性分析[J].水土保持学报,2006,20(1):41-45.

[12] 王宏庭,金继运,王 斌,等.土壤速效养分空间变异研究[J].植物营养与肥料学报,2004,10(4):349-354.

[13] Buresh R J, Tian G. Soil improvement by trees in sub - Saharan Africa[J]. Agro forestry Systems, 1997,38(1/3):51-76.

[14] Makumba W, Janssen B, Oenema O, et al. The long-term effects of a gliricidia-maize intercropping system in Southern Malawi, on gliricidia and maize yields, and soil properties[J]. Agriculture Ecosystems and Environment, 2006,116:85-92.