

微咸水膜下滴灌不同灌水下限对盐碱地 土壤水盐运移及玉米产量的影响

李金刚¹, 屈忠义¹, 黄永平¹, 任中生², 王凡²

(1. 内蒙古农业大学 水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018; 2. 河套灌区长胜试验站, 内蒙古 乌拉特前旗 014415)

摘要: 为了研究盐碱地上微咸水膜下滴灌不同灌水下限对土壤水盐运移和玉米产量的影响, 在长胜试验站开展了微咸水膜下滴灌玉米的大田试验。试验采用负压计指导灌溉, 控制滴头下 20 cm 深处的土壤基质势下限分别为 -10, -20, -30, -40 kPa, 每个处理重复 3 次, 按随机区组布置。结果表明: 膜下滴灌湿润体形状在垂直于滴灌带的滴头所在竖直剖面上近似为半椭圆形, 随着灌水下限的增大, 湿润层土体含水率增大; 玉米根部附近均出现盐分低值区, 膜外表层均出现盐分高值区; -20 kPa 和 -30 kPa 灌水下限适中, 既能较充分淋洗膜内表层土壤盐分, 又不会造成微咸水中的盐分滞留累积; 在玉米生育期内, 膜内、膜外地下 100 cm 土体均积盐; -10 kPa 和 -20 kPa 下限处理对应的湿润体垂直深度约为 60 cm; 玉米收获后, 地下 100 cm 土体均积盐, 需要进行秋浇或春汇, 大量淋洗土壤盐分, 保证耕地盐分不逐年累积; 试验条件下, 玉米产量随着灌水下限的降低而减少。

关键词: 膜下滴灌; 微咸水; 灌水下限; 玉米; 盐分

中图分类号: S273.4

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2017)01-0217-07

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2017.01.036

Effects of Control Lower Limit of Saline Water Mulched Drip Irrigation on Water Salt Movement and Corn Yield in Saline Soil

LI Jingang¹, QU Zhongyi¹, HUANG Yongping¹, REN Zhongsheng², WANG Fan²

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering Inner Mongolia Agriculture University, Huhhot 010018;

2. Changsheng Experiment Station of Hetao Irrigation District, Wulateqianqi, Inner Mongolia 014415)

Abstract: To study the effects of lower limit of saline water mulched drip irrigation on water salt transport and corn yield, a field experiment about mulched drip irrigation of corn with saline water was conducted in Changsheng experimental station. Tensiometer was used to guide irrigation, in each treatment the matric potential of soil 20 cm depth under the emitter was controlled higher than -10 kPa, -20 kPa, -30 kPa, -40 kPa, respectively. All treatments were repeated three times with the experimental plots following a complete randomized block design. Results showed that the shape of wetted body of mulched drip irrigation on sectional elevation of emitter which was perpendicular to the drip irrigation belt was approximated to semi-ellipsoidal. The water content of wetness soil layer would increase with increasing irrigation lower limit. The zone near maize root of all treatments appeared low salinity zone, surface layer out of the plastic film appeared high salinity area; -20 kPa and -30 kPa irrigation lower limit were moderate, they not only could leach surface soil salinity in the mulch more fully, but also did not lead to the salt in brackish water accumulation. All treatments 100 cm under the surface in and out of the mulch during growth of corn occurred salt deposit. The depth of wetting layer of -10 kPa and -20 kPa irrigation limit were both about 60 cm. After maize harvest, all treatments occurred salt accumulation under the surface 100 cm, to ensure land salinity not accumulated year by year, massive irrigation to leaching large number of soil salinity in autumn or next spring was required. Under the experimental conditions, the maize yield decreased with decreasing irrigation limits.

Keywords: mulched drip irrigation; saline water; irrigation limit; corn; salt

河套灌区位于内蒙古自治区西部,是我国最大的—首制自流灌区,灌溉面积达 876 km²。灌区水资源主要由引黄水、降水和地下水组成,现状农业用水主要是引黄水。近年来,国家对流域之间的黄河用水量已实行严格限制,水利部分配给内蒙古全年引黄耗水指标为 58.6 亿 m³,并要求逐年消减现状引黄水量。河套灌区农业、工业和生态用水矛盾日益突出。在河套灌区大力发展农业高效节水技术,提高农业灌溉用水效益,科学合理控制农业灌溉用水量,优化调配水资源,对缓解河套灌区水资源供需矛盾,确保内蒙古粮食和生态安全,以及经济可持续发展具有重要意义。

大力发展井渠结合灌溉,达到黄河水和地下水的循环利用,是实现河套灌区水资源可持续利用的一项重要举措^[1]。河套平原浅层地下水(深度 10—40 m)矿化度(TDS)均值 2.54 g/L^[2],可开采量为 16.6 亿 m³,其中矿化度为 2~5 g/L 的地下微咸水可开采量为 7.21 亿 m³。国内外研究实践表明,咸水与微咸水可用于农作物灌溉,膜下滴灌技术是有效利用咸水与微咸水资源以及开发利用盐碱地的有效手段^[3]。因此,在内蒙古河套地区继续研究利用微咸水进行盐碱地农业灌溉,制定科学合理的灌溉制度对发展高效节水技术、优化调配灌区水资源、治理和改良盐碱地具有重要意义。

微咸水相比淡水含有大量的盐分,利用微咸水灌溉盐碱地的关键是掌握作物对水分的需求、掌握滴灌淋洗为作物提供的淡化环境以及控制盐分逐年积累。由于区域性特点,需要进一步研究在内蒙古河套灌区盐碱地上利用微咸水膜下滴灌的盐分迁移累积规律,控制盐分积累;同时也需要制定科学的微咸水灌溉制度,为作物生长提供良好的水盐环境。焦艳平等^[4-7]研究认为,利

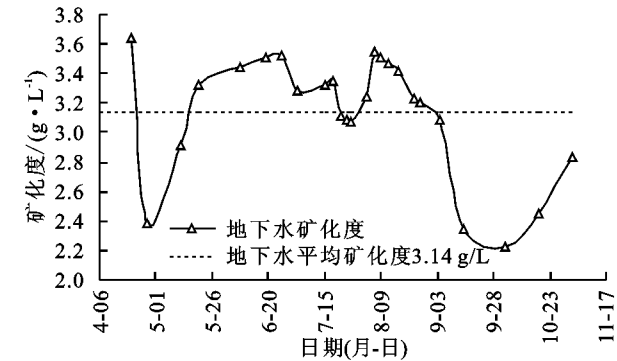


图 1 地下水矿化度和水位埋深变化

1.2 试验设计

试验以玉米(品种为宁玉 212)为供试作物,于 2015 年 5 月 28 日播种,按一膜两行(见图 2)种植模式种植,行距 0.5 m,株距 0.3 m,膜宽 0.7 m,膜间距 0.5 m,种植密度为 66 000 株/hm²;试验所用滴灌带管径 16 mm,滴头流量 1.38 L/h,滴头间距 0.3 m。试验用微咸水采用当地地下水。试验具体施肥方案见表 2。

用真空表负压计控制滴头正下方 20 cm 深度土壤基质势制定灌溉计划是一种非常实用的方法。因此,本试验在河套灌区乌拉特灌域中度盐碱地上利用地下微咸水灌溉玉米,设计滴头下 20 cm 深度不同的土壤基质势下限指导灌溉,研究在盐碱地上微咸水灌溉对玉米产量的影响和盐分迁移累积规律,寻找最佳灌溉制度。

1 材料与方法

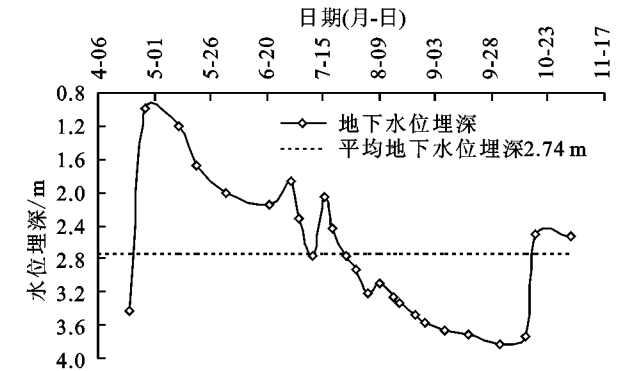
1.1 研究区概况

试验在内蒙古乌拉特前旗节水盐碱化与生态试验站进行。试验区地形平缓,海拔高度 1 023~1 024 m,地面坡降 1/6 000,地势东高西低,属于中温带大陆性气候,昼夜温差大,日照充足,积温较多,雨热同期,雨水集中,多年平均日照时数 3 202 h,平均气温 5.4 ℃,年无霜期平均 123 d,年平均降水量 225 mm,年最大蒸发量 2 000 mm,主导风向为东北风。

试验地以壤砂土和砂壤土为主,属中度盐碱土,土壤容重为 1.427~1.599 g/cm³,试验区土壤理化性质见表 1,土壤分级采用美国农业部土壤颗粒分级方法,土壤阳离子主要是 Na⁺ 和 Ca²⁺,阴离子主要是 SO₄²⁻ 和 Cl⁻。试验区地表水主要为黄河来水,平均矿化度为 0.5 g/L,对农业灌溉无不利影响,地下水化学类型为 Cl·SO₄-Na,玉米生育期内,地下水矿化度年均 3.14 g/L,平均埋深 2.74 m,地下水水质及水位变化如图 1。

表 1 试验田土壤基本理化性质

土层深度/cm	干容重/(g·cm ⁻³)	土壤名称	黏粒/%	粉粒/%	砂粒/%	含盐量/(g·kg ⁻¹)
0—20	1.599	壤土	4.58	32.10	63.32	1.92
20—60	1.473	壤质砂土	1.46	11.34	87.20	2.03
60—100	1.427	砂质壤土	2.28	26.30	71.42	2.51



针对研究内容,设置了由负压计控制的 4 个灌水下限水平(-10 kPa, -20 kPa, -30 kPa, -40 kPa)下的微咸水膜下滴灌对比试验,当负压计控制的膜下 0.2 m 深处土壤基质势分别达到试验设计的灌水下限时,立即按表 3 所示灌水方案灌水。为减少田间试验的自然和人为因素干扰,每个处理均设置 3 个重复。试验田于播前引黄河水(矿化度为 0.5 g/L)进行了春汇,春汇定额 2 250 m³/hm²。

表 2 试验施肥方案									单位:kg/hm ²
肥料	播种前	6月下旬	7月上旬	7月中旬	7月下旬	8月上旬	8月中旬	8月下旬	全年
磷酸二铵	375×1								375
45%硫酸钾	300×1								300
尿素		45×1	45×1	45×1	45×2	45×2	45×2	45×1	450

注:表中×前数字表示施肥量(kg/hm²);×后数字表示施肥次数(次)。

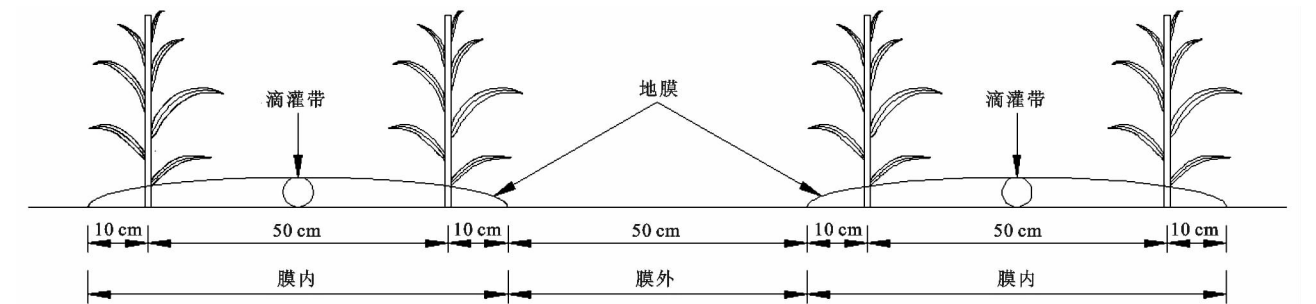


图 2 田间玉米及滴灌带布局

表 3 试验灌水方案						单位:mm
灌水下限	播种	出苗、拔节期	抽穗期	灌浆期	成熟期	
−10 kPa	22.5	22.5	22.5	30	22.5	
−20 kPa	22.5	22.5	22.5	30	22.5	
−30 kPa	22.5	22.5	22.5	30	22.5	
−40 kPa	22.5	22.5	22.5	30	22.5	

土壤水分采用 TDR 监测和称重相结合的方法,在 4 个处理的膜内和膜外分别安装 TDR 设备,从播种开始,持续间隔 3 天监测一次膜内和膜外各土层的体积含水率,距地表 0—100 cm 内每 10 cm 为一个监测区域,每次监测时,在同一位置测量 3 次后取平均含水率,间隔 7 天在同一位置用土钻取土样,结合土壤特性参数,采用烘干法校正相应位置的 TDR 读数。

每次灌水前后,分别在距滴灌带 0,17.5,35,60 cm 处设计取土样点,各取样点在竖直方向上距地表 0—40 cm 每 10 cm 取一个土样,距地表 40—100 cm 每 20 cm 取一个土样,将从田间取回的土样自然风干后碾压过 2 mm 孔径标准筛,将过筛后的土样与去离子水按 1:5 搅拌混合,静置一段时间澄清后,用雷磁 DDSJ—308A 电导仪测定上清液电导率,采用质量法测定相应土样全盐量。

测玉米产量时,每个处理选取长势均匀有代表性的 5 膜,分别测取对应单位面积的穗数、穗行数、行粒数及千粒重,以平均值作为该处理的单位面积产量的构成因素。

对试验数据分析后采用 Excel 2003 软件、Origin 软件和 Surfer 软件绘图,并对产量构成采用 Spss 软件进行差异性分析。

2 结果与分析

2.1 土壤水分动态

试验研究地表以下 0—20 cm,20—40 cm 和 40—60 cm 土层的土壤含水率动态变化如图 3 所示,各处理膜内相同深度或膜外相同深度的土壤含水率−10 kPa>−20 kPa>−30 kPa>−40 kPa,−10 kPa 处理和−20 kPa 处理明显大于−30 kPa 处理和−40 kPa 处理;

地表以下 60 cm 内,相同处理膜内、膜外含水率变化趋势一致:播种时土壤含水率上升,在苗期土壤含水率缓慢降低,在玉米拔节期土壤含水率急剧下降,抽穗期和灌浆期土壤含水率降低,乳熟期土壤含水率缓慢上升,收获后土壤含水率下降;各处理相同土层深度内,膜内土壤含水率大于膜外;随着土层深度的增加,土壤含水率逐渐增大,土壤含水率变化幅度逐渐减小。

以上结果表明,土壤含水率主要受到基质势控制水平和作物耗水的影响。灌水下限越高,灌水越频繁,湿润层的含水率越大,−10 kPa 处理最有利于保持土壤水分,其次为−20 kPa 处理,−30 kPa 和−40 kPa 处理差别并不明显;播前土壤含水率低,土壤未达到玉米出苗所需湿度,播种后需立即灌溉出苗水保证出苗,苗期玉米需水量少,且降雨频繁,各层土壤含水率下降缓慢,拔节期气温高降雨减少,玉米耗水量大,各处理土壤含水率明显降低,抽穗期和灌浆期蒸发强烈,玉米用于自身物质积累的水分增多,耗水量增大,各处理土壤含水率降低,乳熟期玉米耗水量减少,土壤蒸发减小,灌溉后土壤含水率略微增加,收获后不再灌水,降雨量少伴随着表土蒸发,各层土壤含水率均减少;膜内灌溉水入渗量大于膜外,蒸发量小于膜外,各处理相同土层深度膜内含水率大于膜外;表层土壤受灌溉水入渗、太阳辐射、风力吹蚀及植株吸水等影响,水分散失速率大于深层土壤。

2.2 微咸水膜下滴灌土壤盐分运移

国内外学者对土壤水盐运移进行了大量的研究^[8-13]。试验发现,各处理一次灌水前后垂直于滴管带土层剖面盐分变化情况基本相同。−20 kPa 灌水下限处理灌水频率适中且拔节期需水量大,以−20 kPa 处理拔节期一次灌水(8 月 19 日灌水)为例,说明灌水一个周期(灌前(8 月 18 日)—灌后(8 月 19 日)—下一次灌前(8 月 26 日))内垂直于滴管带的土壤剖面,土壤盐分前后分布变化情况见图 4,土壤中盐分等值线在滴灌带附近大

致呈以滴管带为右焦点的 1/4 椭圆形,垂直半径大于水平半径;距滴灌带水平距离 15~25 cm 左右处为玉米主根系分布区域,从图上可以看出在根系附近的一个局部区,土壤中盐分较同位置其它深度及同深度其它位置均要低,呈现一个盐分低值区;膜外的表层土壤盐分含

量较膜内表层及膜外深层要高,呈现一个盐分高值区;相邻两次灌水的灌前,土层中盐分分布形状基本相同,但相比后一次灌水,前一次灌水的灌前膜内、膜外相同深度土壤含盐量均低;在垂向上土壤中含盐量总体变化趋势是自上而下逐渐降低。

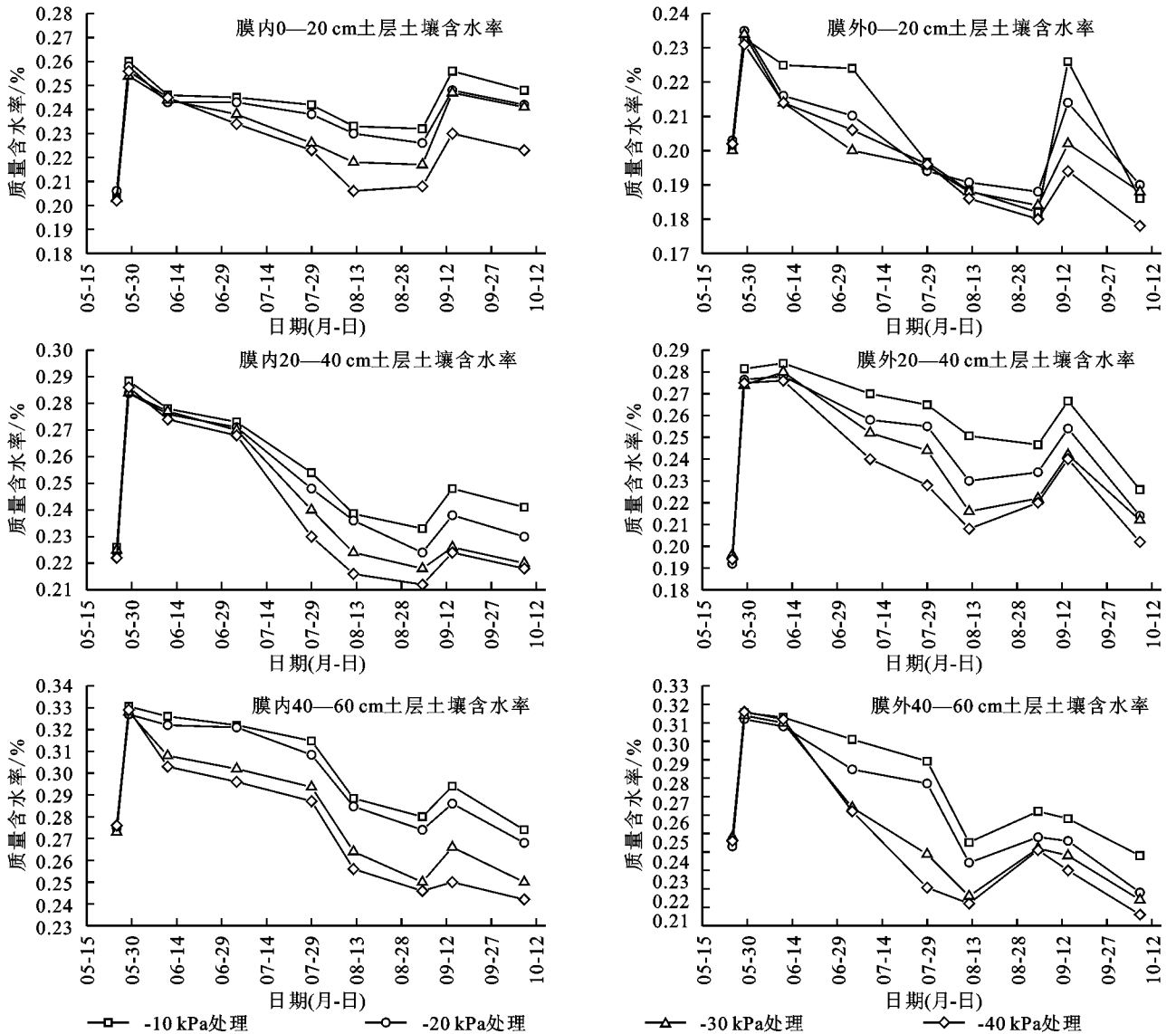


图 3 玉米生育期内土壤含水率动态变化

研究结果表明:滴灌的水分入渗为点源入渗,湿润体的形状在垂直于滴灌带的滴头所在竖直剖面上近似为半椭圆形;玉米根系能吸收土壤中部分盐离子,在根部出现盐分低值区;由于表土蒸发,土壤中盐分随着水分向地表迁移,由于灌溉水入渗,土壤中盐分随着湿润峰向膜外迁移;滴灌对土壤中的盐分具有淋洗作用。

土壤盐分浓度分布间接地反映土壤盐分迁移特性,分析各处理膜内、膜外各土层深度(0—20 cm, 20—40 cm 和 40—60 cm)的土壤含盐量变化如图 5 所示,各处理膜内 0—60 cm 土层相同深度土壤含盐量的变化趋势一致,播前和苗期土壤含盐量相差不大,苗期、抽穗期、乳熟期和收获后土壤含盐量均增加,拔节期和灌浆期土壤含盐量均减小;各处理膜外 0—60 cm 土层相同深度

土壤含盐量变化趋势一致,苗期、拔节期、抽穗期、灌浆期、乳熟期和收获后土壤含盐量均增加;膜内 0—100 cm 土层—40 kPa 处理土壤含盐量最大,且变化幅度最大,—20 kPa 处理土壤含盐量最小,且变化幅度最小;膜外 0—20 cm 土层土壤含盐量大小关系为—10 kPa>—20 kPa>—30 kPa>—40 kPa 处理,且增加幅度—10 kPa>—20 kPa>—30 kPa>—40 kPa;膜外 20—40 cm 和 40—60 cm 土层土壤含盐量大小关系为—40 kPa>—30 kPa>—20 kPa>—10 kPa,且增加幅度—40 kPa>—30 kPa>—20 kPa>—10 kPa。

研究结果说明:膜内土壤盐分主要受微咸水灌溉淋洗的影响,相同灌水定额下,灌水下限不同,土壤盐分变化幅度不同;膜内表层 40 cm 内—40 kPa 处理

灌水下限较低,灌溉淋洗土壤盐分不充分,−20 kPa 和 −30 kPa 处理灌水下限适中,灌溉淋洗土壤盐分较充分,−10 kPa 处理灌水下限较高,随灌溉水带入的盐分部分在表层滞留;膜外土壤盐分主要受表土蒸发影响,越接近地表,土壤盐分所受影响越大;膜外 0—20 cm 土层内,−10 kPa 处理灌水下限较高,主要受到膜内盐分水平迁移和膜外表土蒸发的影响,盐分

大量聚集,土壤含盐量最大;−40 kPa 处理灌水下限较低,随着滴灌湿润峰水平运动向膜外迁移的盐分相对较少,主要受表土蒸发影响,土壤含盐量最小;膜外 20—60 cm 土层主要受到表层土壤蒸发的影响,随着灌水下限的降低,膜外下层土壤上升的水分增加,下层土壤中盐分随着水分向上运动,在 20—60 cm 土层有少量聚集。

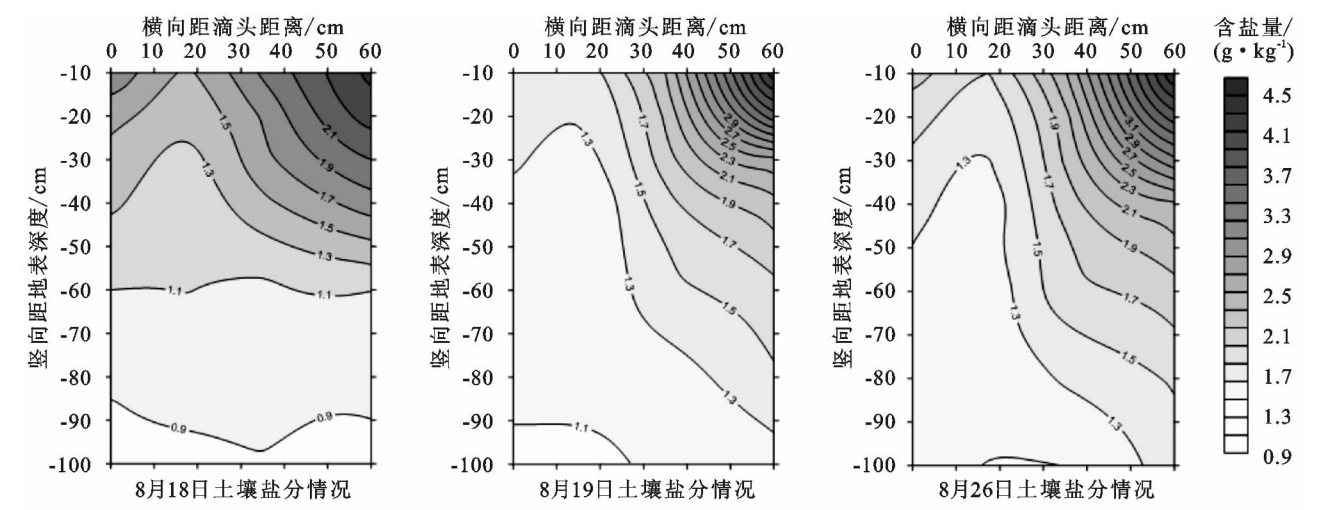


图 4 8 月 19 日灌水前后土壤含盐量变化

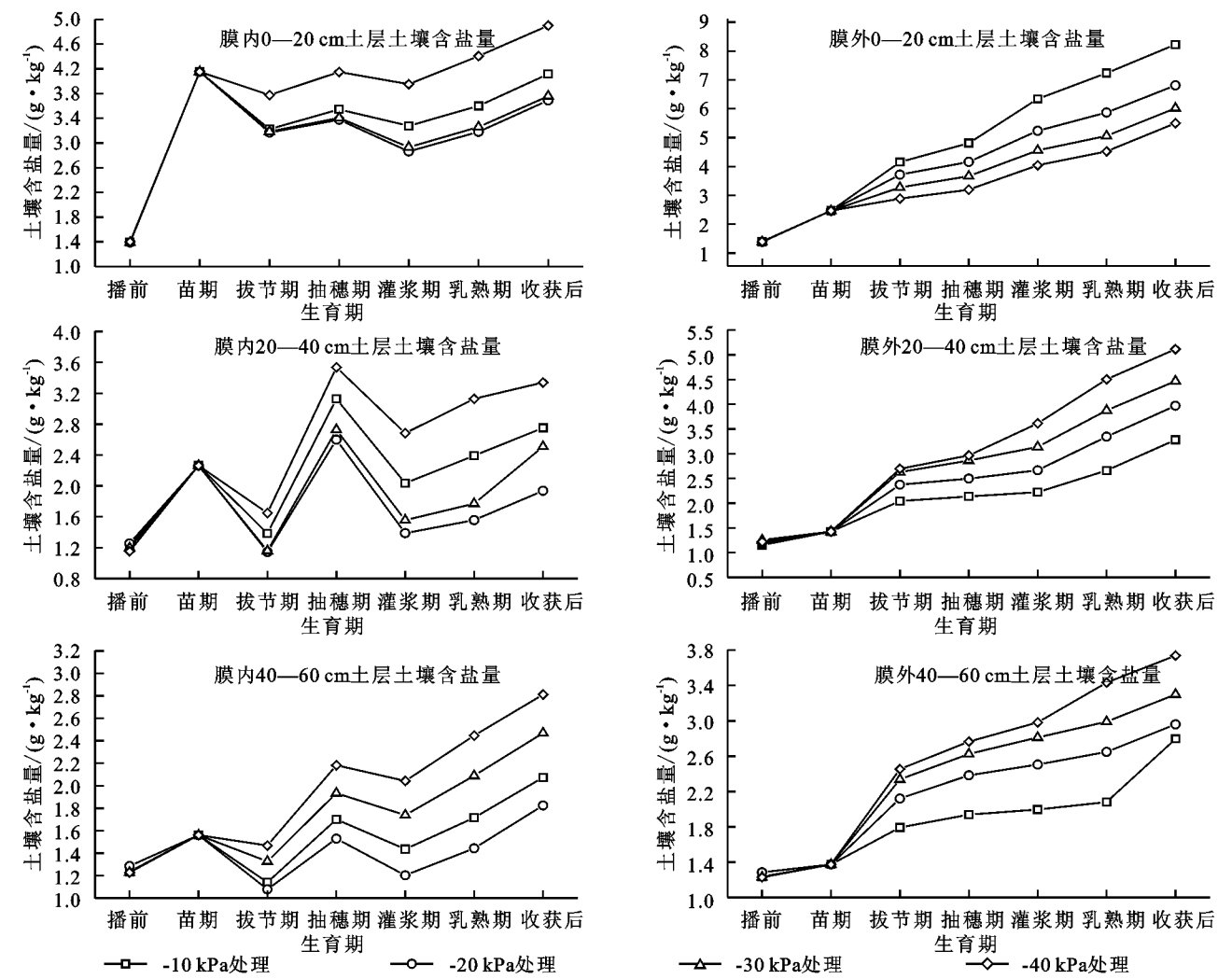
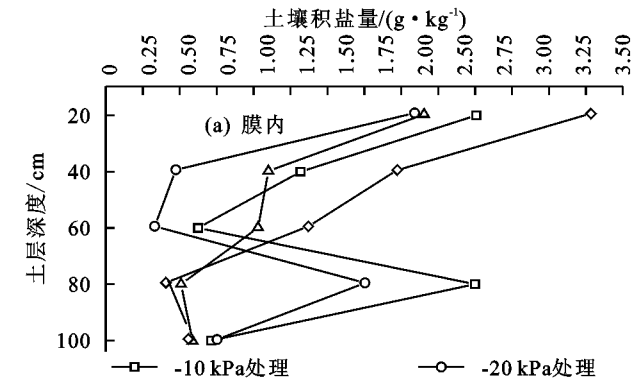


图 5 玉米生育期内 0—60 cm 土壤含盐量动态变化

分析玉米播前和收后各处理的积盐情况,得出各处理膜内、膜外积盐量如图 6 所示。膜内距地表 60 cm 内-20 kPa 处理积盐最少,-40 kPa 处理积盐量最大;膜外 0—20 cm 土层-40 kPa 处理积盐最少,-10 kPa 处理积盐量最大;-10 kPa 处理和-20 kPa 处理膜内积盐量在距地表 0—100 cm 内,均随着土层深度的加深先减小再增大后减小;在距地表 0—100 cm 内,-30 kPa 处理和-40 kPa 处理膜内及各处理膜外积盐量均随着深度的加深而减小;-10 kPa 处理和-20 kPa 处理膜内主要在 60—80 cm 土层积盐,-30 kPa 和-40 kPa 处理膜内及各处理膜外主要在表层 20 cm 积盐;-10 kPa 处理和-20 kPa 处理膜内、膜外土壤积盐的拐点均出现在 60—80 cm 土



层;距地表垂直深度 60 cm 内,各处理膜内积盐量均小于膜外积盐量,80—100 cm 土层内各处理膜内、膜外积盐量相差不大。

研究结果表明:在试验设计条件下,玉米生育期内各处理在膜内、膜外均积盐;膜内灌溉水能有效淋洗表层土壤盐分,-20 kPa 处理对应灌水下限相对适宜,能有效淋洗膜内土壤中盐分,-40 kPa 处理灌水下限低,随灌溉入渗从膜内向膜外迁移的盐分少,对膜内盐分淋洗效果较差;膜外表层土壤受表土蒸发和灌溉水水平入渗的影响,距地表 20 cm 内土壤积盐量较大;膜内 0—60 cm 土壤受灌溉水淋洗作用,盐分向 60—80 cm 聚集;-10 kPa 处理和-20 kPa 处理的灌溉定额对应湿润体垂直深度约为 60 cm。

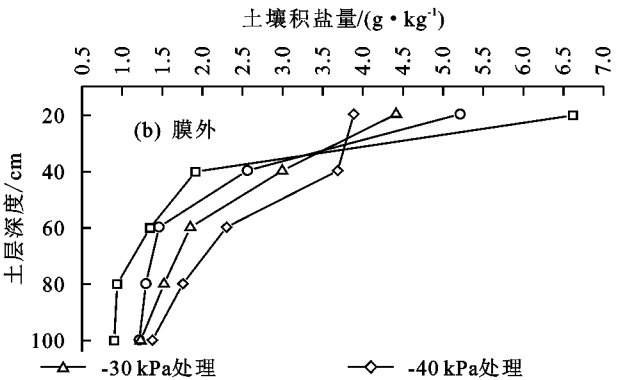


图 6 0—100 cm 土体膜内、膜外积盐量

2.3 微咸水膜下滴灌玉米产量分析

对各处理玉米产量构成因素分析见表 4,所有处理单位面积穗数、穗行数、行粒数及产量均随着灌水下限的降低而减少;-10 kPa 处理、-20 kPa 处理及-30 kPa 处理在单位面积穗数、穗行数、行粒数、千粒重及产量指标上差异均不显著,-40 kPa 处理与

其他处理在单位面积穗数、千粒重及产量指标上差异显著,在穗行数和行粒数指标上差异不显著。以上结果说明,在试验设计范围内,微咸水膜下滴灌灌水下限对玉米穗行数和行粒数无明显影响,当灌水下限低于-40 kPa 时,灌水下限对玉米产量影响显著,且玉米产量随着灌水下限的降低而减少。

表 4 不同灌溉处理的产量及产量构成因素分析

灌水下限处理	穗数/(穗·hm ⁻²)	穗行数/行	行粒数/粒	千粒重/g	产量/(kg·hm ⁻²)
-10 kPa	74 755.8 b	15.74 b	36.40 b	324.30 b	13 888.65 b
-20 kPa	74 526.8 b	15.68 b	36.48 b	325.80 b	13 874.13 b
-30 kPa	74 305.0 b	15.68 b	36.48 b	324.84 b	13 807.13 b
-40 kPa	68 592.0 a	15.66 b	36.40 b	308.82 a	12 088.47 a

注:同列不同字母表示不同处理单项产量构成因素差异达 5%水平。

2.4 最优灌溉模式分析

在玉米整个生育期内,距地表 100 cm 内,各处理膜内、膜外均积盐,而且秋收过后,不再有灌溉水淋洗土壤中盐分,膜内、膜外土壤随着表层蒸发积盐加剧,需要每年引黄河水进行秋浇或春汇,大量淋洗土壤盐分,保证耕地盐分不逐年累积,春汇或秋浇定额为 2 250 m³/hm² 左右,试验引黄河水春汇淋盐情况见表 5,从表 5 可以看出,在当年秋季或第 2 年春季引黄河水地面灌溉农田能有效淋洗 100 cm 土体内各层土壤盐分。

在耕地每年引黄河水洗盐前提下,玉米产量、生育期始末膜内、膜外土壤盐分的变化量及水分生产

率计算结果见表 6,-30 kPa 处理与-20 kPa 处理产量接近,且耕作层土壤盐分积累接近,但-30 kPa 处理灌水次数和灌水定额相比-20 kPa 处理要小,按照控盐、节水和高产为优选标准,综合分析比较确定本试验灌水下限为-30 kPa 对应灌溉制度(见表 7)最优。

表 5 春汇淋盐效率

土层深度/cm	淋盐效率/%	土层深度/cm	淋盐效率/%
0—20	35.28	40—60	28.32
20—40	33.68	60—100	21.46

注:各层土壤淋盐效率以土壤含盐量减小的幅度计。

表 6 不同灌溉模式对玉米产量和灌溉水分生产率的影响

灌水下限	实际灌溉定额/mm	灌水次数	玉米产量/(kg·hm ⁻²)	灌溉水分生产率	增量/(g·kg ⁻¹)	方案优选
—10 kPa	450.0	19	13 888.65	2.68	13.00	✓
—20 kPa	337.5	14	13 874.13	3.52	10.69	
—30 kPa	274.5	11	13 807.13	4.12	11.31	
—40 kPa	208.5	8	12 088.47	4.80	13.46	

注:增量表示 0—40 cm(膜内+膜外)土壤含盐量的增量。

表 7 最优灌溉制度

单位:mm

灌溉制度	4月中旬	6月下旬	7月上旬	7月中旬	7月下旬	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月初
玉米非生育期春汇地面灌溉	225×1								
玉米生育期微咸水膜下滴灌		22.5×1	22.5×2	22.5×3	22.5×1	22.5×2	26.5×2	30.0×2	22.5×1

注:表示×前数据表示灌溉水量(mm);×后数据表示灌溉次数(次)。

3 结论与讨论

在内蒙古河套地区中度盐碱地上利用矿化度为 3.0 g/L 的地下微咸水进行为期一年的膜下滴灌玉米试验,结果表明:(1)随着灌溉水入渗,微咸水膜下滴灌的湿润体形状在垂直于滴灌带的滴头所在竖直剖面上近似为半椭圆形,张力计控制的灌水下限越高,灌水越频繁,湿润层的含水率越大,在玉米整个生育期膜内土壤含水率明显大于膜外,表层土壤含水率的变化幅度明显大于深层土壤。(2)微咸水灌溉期间,在水平方向上,受滴灌水入渗的影响,膜内土壤盐分向膜外迁移;在垂直方向上,受表土蒸发和灌溉水入渗的影响,膜内土壤盐分向下迁移、膜外底层土壤盐分随水分向表层迁移,膜内玉米主根区土壤盐分较低,膜外表层土壤含盐量较高。(3)微咸水本身含有大量盐分,当土壤基质势控制水平较高(>—10 kPa)时,随灌溉水带入的盐分滞留在膜内表层,玉米生育期结束后,距地表 100 cm 土体内,各灌水下限处理膜内、膜外均积盐,需要每年进行秋浇或春汇,大量淋洗土壤盐分,保证耕地盐分不逐年累积。(4)微咸水膜下滴灌灌水下限虽然对玉米穗行数和行粒数无明显影响,但对玉米产量影响显著,玉米产量随着灌水下限的降低而减少,在为期一年的试验中,综合分析比较确定本试验玉米生育期灌水下限—30 kPa 对应灌溉制度较优。

以上结论仅从一年的试验结果得出,还有待进行多年试验加以验证。试验未考虑在玉米全生育期内地下微咸水矿化度的动态变化,对于地下水水质动态变化情况下的微咸水膜下滴灌灌溉制度需要进一步研究。本试验仅考虑在一年一春汇的中度盐碱地上不同微咸水灌水下限对盐分迁移变化和玉米产量的影响,对于间隔多年春汇和轻度、重度盐碱地上微咸水灌水下限对盐分迁移变化和作物产量的影响需要进一步研究。本试验所在的区域地下水矿化度约为 3.0 g/L,对盐碱地上不同矿化度微咸水灌溉不同作

物的适宜灌水下限有待进一步研究。

参考文献:

[1] 赵卫兵,李国域.河套地区水资源开发利用分析[J].内蒙古水利,2013(1):63-64.

[2] 高存荣,刘文波,冯翠娥,等.内蒙古河套平原地下咸水与高矿水分布特征[J].地球学报,2014,35(2):139-148.

[3] 王全九,单鱼洋.微咸水灌溉与土壤水盐调控研究进展[J].农业机械学报,2015,46(12):117-126.

[4] 焦艳平,康跃虎,万书勤,等.干旱区盐碱地覆膜滴灌条件下土壤基质势对糯玉米生长和灌溉水利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2007,25(6):144-151.

[5] 王若水,康跃虎,万书勤,等.盐碱地滴灌对新疆杨生长及盐分分布影响[J].灌溉排水学报,2012,31(5):1-6.

[6] 谭军利,康跃虎,焦艳平,等.不同种植年限覆膜滴灌盐碱地土壤盐分离子分布特征[J].农业工程学报,2008,24(6):59-63.

[7] 王若水,康跃虎,万书勤,等.内陆干旱区不同灌溉制度对盐碱地滴灌土壤盐分离子分布的影响[J].土壤通报,2013,44(3):567-574.

[8] 万书勤,康跃虎,王丹,等.华北半湿润地区微咸水滴灌番茄耗水量和土壤盐分变化[J].农业工程学报,2008,24(10):29-33.

[9] 孙泽强,鲁北平,王学君,等.鲁北平原咸水滴灌对土壤水盐分布和棉花产量的影响[J].干旱地区农业研究,2014,32(5):12-17.

[10] 王若水,康跃虎,万书勤,等.水分调控对盐碱地土壤盐分与养分含量及分布的影响[J].农业工程学报,2014,30(14):96-104.

[11] 王春霞,王全九,刘建军,等.微咸水滴灌条件下土壤水盐分布特征试验研究[J].干旱地区农业研究,2010,28(6):30-35.

[12] 马文军,程琴娟,李良涛,等.微咸水灌溉下土壤水盐动态及对作物产量的影响[J].农业水土工程学报,2012,26(1):73-80.

[13] 汪丙国,靳孟贵,何雨江,等.微咸水膜下滴灌灌溉制度实验研究[J].地质科技情报,2010,29(5):96-101.