

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

焦艳平^{1,2}, 康跃虎¹, 万书勤¹, 刘伟³, 董锋³

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所 陆地水循环及地表过程重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 宁夏回族自治区农业综合开发办公室, 宁夏 银川 750000)

摘要: 利用埋在滴头正下方 0.2 m 深度的真空表负压计, 通过控制土壤基质势下限(-5, -10, -15, -20, -25 kPa), 研究盐碱地覆膜滴灌条件下土壤基质势对糯玉米(中糯1号)的生长、产量形成过程和灌溉水利用效率的影响。2005 和 2006 年的试验结果表明: 糯玉米的株高、茎粗、叶面积指数、地上部分干物质积累量、叶绿素含量等都随着土壤基质势的升高而增加, 土壤基质势越高, 糯玉米鲜食果穗产量越高, 果穗性状也越好; 土壤基质势在 -5 kPa 时, 糯玉米产量最高; 土壤基质势在 -10~-15 kPa 时, 灌溉水利用效率最高。

关键词: 盐碱地; 膜下滴灌; 土壤基质势; 糯玉米

中图分类号: S 152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)06-0144-08

工业和城市急剧发展占用大量耕地, 使得农业用地面积日益减少。与此同时, 大面积的盐碱地和次生盐渍化土地资源尚未得到充分利用。全世界盐碱地面积 9.54 亿 hm^2 ^[1], 我国有盐碱地 0.347 亿 hm^2 , 已开垦种植的只有 0.057 亿 hm^2 , 尚有潜在盐渍化土壤 0.173 亿 hm^2 ^[2], 西北干旱半干旱地区盐渍土有 0.13 亿 hm^2 ^[3]。盐碱地作为一种重要的可复垦开发利用的土地资源, 长期以来其改良防治和开发利用研究一直受到国内外学者的高度重视。

滴灌以频繁、小流量灌水方式使作物根区土壤经常保持较优的水分条件, 避免了其他灌水方式产生的周期性水分过多和水分亏缺的情况, 允许具有较高的含盐度^[4]; 不断滴入土体的水分对土壤中的盐分有淋洗作用, 可将土体中过多的盐分带出主根区范围; 地膜覆盖基本阻隔了土壤向大气蒸发的通道, 减弱了土壤盐分上行运动^[5]; 滴灌是一种局部灌溉方式, 土壤中的大部分水分因蒸发所消耗, 基本不会发生因地下水位升高引起的土表大量积盐问题, 避免了土壤次生盐渍化的发生; 滴灌减少了灌溉水量, 降低了灌溉用水带入田间的盐分。因此膜下滴灌在作物生育期内可以较大程度调节水分盐分在根系层土壤剖面中的分布, 使根系层土壤保持适宜作物生长的水分盐分平衡状态。但目前该领域在灌溉方面的研究成果大部分还局限在室内土柱实验阶段, 如盐分淋洗时期、淋洗水量、施肥时间、滴头间距

和流量等^[6,7], 针对膜下滴灌的技术特点了解作物的耗水规律及制定相应的灌溉计划是目前国内应用该项技术亟待解决的问题。土壤基质势是用来衡量土壤基质对水的吸附能力, 在作物生长、径流、农田蒸发和灌溉计划的制定等方面, 是一个非常重要的参数^[8]。利用土壤基质势制定作物灌溉计划是一种非常实用的方法^[9~12]。

糯玉米(*Zea mays* L. *sinesis* Kulesh) 因其胚乳中所含淀粉 100% 是支链淀粉, 故具有较高的粘滞性、适口性、膨胀率和消化率, 国内外广泛用于食品加工和畜牧饲养及粘着剂工业等领域^[13], 比普通玉米具有更高的经济价值。我国糯玉米的种植面积现已发展至 33.3 万 hm^2 ^[14]。本试验以糯玉米为研究对象, 研究膜下滴灌条件下土壤基质势对其生长和灌溉水利用效率的影响, 为糯玉米制定灌溉计划提供依据, 为我国干旱半干旱区利用膜下滴灌技术开发利用盐碱地提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2005 年和 2006 年在宁夏农业综合开发试验农场进行。农场位于宁夏青铜峡市区南端(东经 106°12', 北纬 38°15', 海拔 1 160 m), 宁夏河套平原中部, 属中温带干旱大陆性气候, 年均气温 7.6°C, $\geq 10^\circ\text{C}$ 的积温 3 070°C, 年日照时数为 2 854 h, 无霜

收稿日期: 2007-04-18

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KSCX2-YW-N-003); 宁夏回族自治区农业综合开发领导小组办公室委托项目; 天津市科技发展计划项目(05YFGZNC 01000 与 06YFGZNC 00100)

作者简介: 焦艳平(1970-), 女, 河北滦县人, 博士研究生, 研究方向为农业水资源高效利用。E-mail: jiaoyanp.04@qsnrr.ac.cn。

通讯作者: 康跃虎(1963-), 男, 研究员, 博士生导师。E-mail: kangyh@qsnrr.ac.cn

期130~186 d,年降雨量185 mm,年蒸发量2 086 mm,自然灾害以风沙、冰雹、霜冻最为常见。试区为盐荒地,耕层土壤的氮磷属于低水平,钾含量属于

中等水平,有机质含量0.23%。整个生育期地下水埋深变幅1.2~1.4 m,灌溉水源为黄河水。试区土壤部分理化性状见表1。

表1 供试土壤理化性状

Table 1 Physical and chemical properties of tested soil

深度 Depth (cm)	土壤质地 Soil texture	土壤容重 Soil bulk density (g/cm ³)	田间持水量 Field capacity (m ³ /m ³)	全盐 Total dissolved solids (%)	pH
0~20	粉壤土	1.29	0.39	1.94	7.3
20~40	粉壤土	1.64	0.38	2.74	7.2
40~90	砂壤土	1.68	0.34	2.52	7.1
90~100	砂土	1.78	0.25	1.69	7.0
100~140	砂土	1.79	0.18	1.29	7.0

注:表中盐分和pH值采用1:5土水比浸提液测定获得。

Note: Soil samples were measured by the 1:5 w/v method one part by weight (g) air dried soil to five parts by volume (ml) distilled water, which was agitated then allowed to settle, then the solution was measured for total dissolved solids and pH.

1.2 材料与方法

供试糯玉米(*Zea mays L. sinensis* Kulesh)品种为中糯一号,是白粒糯玉米单交种,生育期春播100~105 d,正常株高2.20~2.50 m。

试验包括5个土壤基质势处理(S1, S2, S3, S4, S5),各处理控制滴头下0.2 m深处的土壤基质势下限分别为-5 kPa, -10 kPa, -15 kPa, -20 kPa, -25 kPa, 3次重复,随机区组布置。试验在垄作覆膜滴灌条件下进行,垄肩宽0.4 m,垄高0.15 m,垄间距0.8 m,每个小区4垄,小区面积为48 m²,每垄布置单条滴灌带,种植单行作物。每个处理各由一套施肥过滤首部系统控制,系统包括球阀、水表、压力表、闸阀、筛网式过滤器、压差式施肥罐。滴灌带滴头间距0.2 m,滴头工作压力3 m,滴头流量0.75 L/h。播种前试验地撒施化肥纯氮150 kg/hm²,五氧化二磷195 kg/hm²,氧化钾15 kg/hm²。当糯玉米生长到2对真叶时定苗并开始进行处理。灌水方法:播种后当日进行首次灌水,灌水定额45 mm,用于淋洗盐渍土中过多盐分及提供足够底墒,处理前根据湿润层土壤墒情统一灌水处理。进行处理后,利用真空表式负压计控制灌溉,每天数次观察灌水器下0.2 m深度负压计读数,一旦发现土壤基质势降到所设定值的下限,立即进行灌溉,S1和S2每次灌水量5 mm, S3, S4和S5每次灌水量10 mm。追肥方法:当处理开始,追肥也随之开始,在作物整个生育期内,保证所有处理的追肥量相同,每天早8:30灌溉开始时确定灌水小区的施肥量,土壤基质势最高的S1处理根据施肥计划确定,其它处理的施肥量按照前一阶段S1处理的施肥总量计算确定。

1.3 试验观测

1.3.1 土壤基质势 每个处理在滴灌带下0.2 m深度处安装3支真空表式负压计,每日8:00、11:00、15:00分3次观测读数。

1.3.2 糯玉米生长 株高、径粗、叶面积:在一组重复的处理小区内,固定10株作物,每10 d测1次株高、径粗。其中3株,每10 d测定1次所有叶片的叶长和叶宽,计算叶面积指数;生物量:在另一组重复的处理小区内,每10 d选取3株有代表性的植株,测其茎、叶、果穗的鲜重和干重;叶绿素含量:在糯玉米的不同生育期,每个小区选有代表性的植株3株,取其上部功能叶,采用同体积的无水乙醇和丙酮的混合液方法,利用分光光度计测糯玉米的叶绿素含量;糯玉米测产考种:吐丝受粉后25 d左右,手刻棒子中部籽粒呈糊状,但无浆水时进行采收,每个小区分别在中间2行取连续20株测产考种。

2 结果与分析

2.1 生育期内主要气象要素及不同处理的灌水量

2005年和2006年糯玉米播期分别为当年的5月22日和5月1日,开始处理日期分别为当年的6月10日和6月1日,收获期分别为当年的8月31日和8月12日。表2给出了2005和2006年糯玉米生育期内的主要气象要素。2年生育阶段内平均气温分别为25.3℃和22.4℃,2005年生育期前4周的平均气温为27.8℃,2006年前4周的平均气温为18.1℃,相差9.7℃,加之该地区经年刮风频繁,风速大,2005年风速资料缺失,2006年生育期平均风速3.5 m/s,该年5月中上旬平均风速3.9 m/s,并且5月20日遭遇冰雹灾害,故与2005年比较,

2006 年糯玉米苗期生长速度明显缓慢,2006 年处理前,生育过程比 2005 年延期了 12 d。2005 年和 2006 年糯玉米整个生育阶段的蒸发皿日蒸发量平均值分别为 12.5 mm 和 12.1 mm。2005 年日平均最大值为 20.6 mm,发生在第 5 周 6 月 20 日,周平均最大值为 16.6 mm,发生在第 4 周;2006 年日平均最大值为 19.5 mm,发生在第 9 周 7 月 1 日,周平均最大值为 17.3 mm,发生在第 1 周。

2005 年糯玉米生育期的总降水量为 24.5 mm, S1、S2、S3、S4 和 S5 的累计灌水量分别为 666、388、307、216 和 145 mm。2006 年总降水量为 97.5 mm,五个处理的累计灌水量分别为 512、372、336、

283 和 260 mm。2006 年整个生育期内降雨量比 2005 年多 73 mm,高出 298%,并且 2006 年生育期内降雨集中在历时较长的几次过程,发生在第 2 周、3 周、10 周、11 周和第 12 周,在盐碱地特定的水文土壤条件下,自然降雨的发生与膜下滴灌的灌溉过程,可能对作物生长产生不同的影响。由于 2005 年和 2006 年作物的播种期不同,两年的气候条件又出现了很大的差异,并且试验中根据负压计控制灌溉的时间也存在许多不确定因素,这些可以解释 2005 年生育期内大部分处理的累计灌水量高于 2006 年累计灌水量的原因。

表 2 2005~2006 年糯玉米生长阶段每周的主要气象资料

Table 2 The basic meteorologic data during waxy corn growing periods in 2005 and 2006

周次 Week	温度 Temperature (°C)						周降雨量 (mm)		蒸发皿日蒸发量 (mm/d)		相对湿度 (%)		风速 (m/s)	
	Hgh		Mean		Low		Weekly rain		Daily pan evaporation		Relative humidity		Wind speed	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
1	31.3	32.1	26.7	21.7	22.1	8.8	0.6	0.0	11.9	17.3	28.3	—	4.1	—
2	33.1	23.1	29.1	13.1	25.1	3.5	0.0	5.6	15.1	7.3	49.0	—	3.5	—
3	33.6	32.5	29.5	18.6	25.4	2.1	0.0	16.0	15.6	14.6	40.4	—	4.2	—
4	33.5	31.4	26.0	18.8	18.6	5.7	0.0	1.6	16.6	11.6	42.7	—	3.3	—
5	34.0	32.8	26.7	23.5	19.3	11.9	0.0	0.0	16.0	15.2	35.0	—	3.9	—
6	31.3	33.1	22.9	22.1	14.4	9.3	0.0	0.0	10.9	16.0	36.5	—	4.4	—
7	32.0	35.9	26.2	23.5	20.3	11.4	0.0	0.0	11.3	15.7	29.8	—	4.0	—
8	35.6	33.5	26.8	22.7	18.0	13.6	4.3	0.8	14.7	11.0	44.5	—	2.9	—
9	29.3	37.2	23.9	25.5	18.4	14.9	9.4	3.6	12.3	15.2	47.1	—	2.6	—
10	35.1	34.6	27.6	23.7	20.0	15.5	0.0	14.6	12.7	8.3	62.6	—	2.7	—
11	32.4	34.1	24.9	24.5	17.4	13.2	5.5	33.2	10.6	10.9	68.4	—	2.4	—
12	31.7	31.3	23.8	23.2	15.9	16.7	0.0	13.2	8.8	8.5	65.6	—	3.1	—
13	27.3	33.4	21.3	25.2	15.2	14.9	4.7	1.0	8.8	10.2	54.9	—	3.0	—
14	29.6	35.1	21.6	25.2	13.6	14.8	0.0	0.0	9.8	10.2	51.6	—	3.1	—
15	30.4	34.0	23.2	25.2	16.1	17.3	0.0	7.9	11.9	10.2	65.1	—	5.4	—

2.2 不同处理下土壤基质势的变化特点

图 1 为 2005 年和 2006 年试验处理期间不同处理滴灌带下 20 cm 深度土壤基质势的实际变化过程。在 2005 年试验处理前 7 周(到 7 月 6 日),各处理的土壤基质势都呈有规律的锯齿状波动,土壤基质势越高,波动曲线周期越短,振幅越小,且下限值基本控制在试验设计范围内。处理第 7 周到 11 周,此时糯玉米处于拔节灌浆期,作物耗水强烈,试验设计采用的灌水定额没有满足作物腾发耗水需要, S1、S2 处理土壤基质势下限值低于设计值。进入 12 周,增加灌水定额到 10 mm,而且此时大气蒸发能力开始减弱,土壤基质势的实际变化过程基本符合设计要求。S5 处理在试验前期的持续较低基质势控制下,作物受到水盐胁迫,生长受阻,耗水减弱,但为了平衡不同处理间的施肥差异,进行了几次施

肥灌溉,导致试验后期 S5 处理的土壤基质势一直未降低到设计下限值。在 2006 年试验进行处理后的前 6 周, S1 基质势的变化范围在 -5 kPa 和 -10 kPa 之间, S2 在 -5 kPa 和 -12 kPa 之间, S3 大致在 -10 kPa 和 -18 kPa 之间, S4 大致在 -10 kPa 和 -20 kPa 之间, S5 大致在 -15 kPa 和 -25 kPa 之间,各处理的下限值都低于设计值。分析原因:此期间糯玉米处于生育旺盛期,气候高温低湿,蒸发皿日蒸发量超过 15 mm,作物蒸发耗水强烈,但试验设计灌水定额偏低,也未能及时提高灌溉频率,根区土壤来水和耗水不能达到动态平衡,故导致土壤基质势下限值降低。处理进行后的第 7 周,周内降雨达到 33 mm,其后因供水水源问题灌溉中断 1 周,此后各处理水势值重新在设计基质势控制下波动,但下限值也都低于设计值。

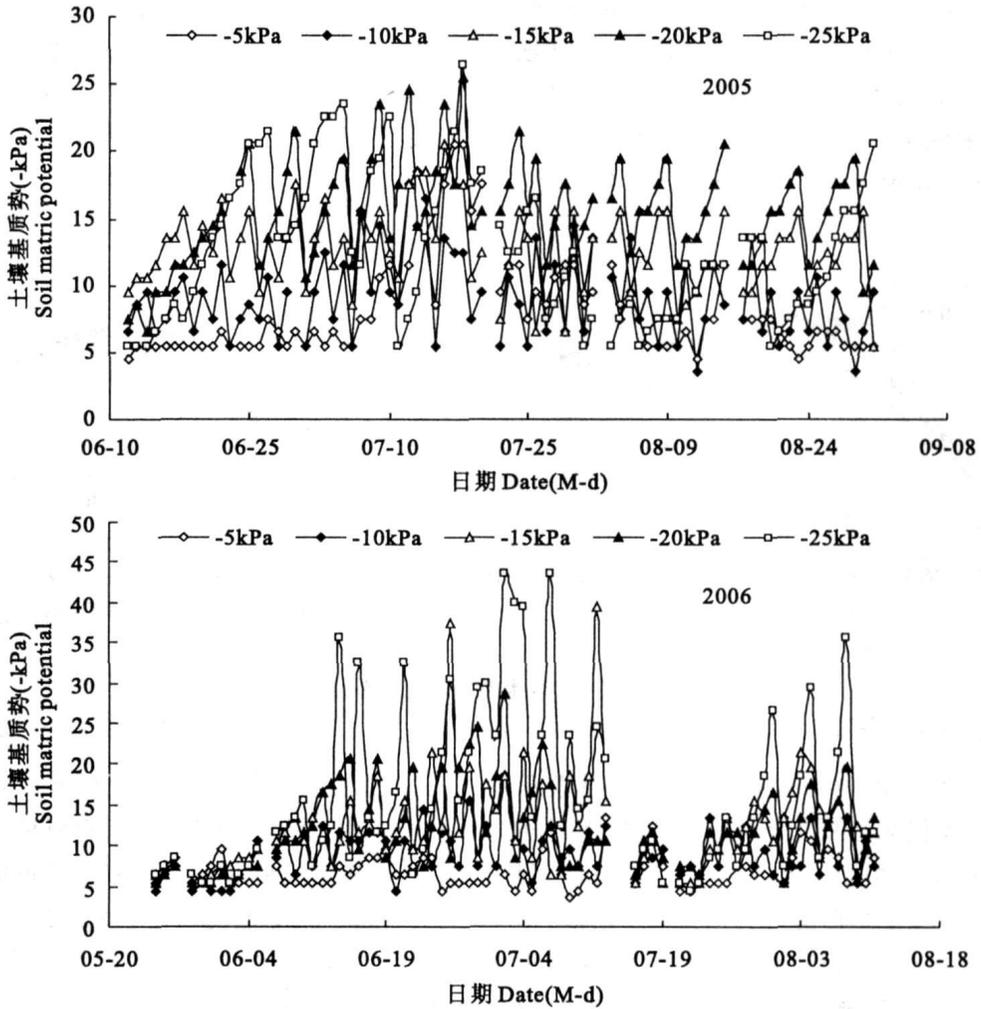


图 1 不同处理滴灌带下 0.2 m 深处土壤基质势变化

Fig. 1 The changes of soil matric potential in 0.2 m depth under lateral lines for different treatments in 2005 and 2006

2.3 土壤基质势对糯玉米生长的影响

2.3.1 对糯玉米株高的影响 图 2 表示 2005 和 2006 年不同处理糯玉米株高随时间的变化过程。从图中可以看出,在糯玉米整个生育期内,所有处理株高变化趋势相似,随生育期的推进,株高不断增

加,生长中期增加迅速,后期增加缓慢,达到最大高度后保持稳定。不同处理的差异主要表现为:土壤基质势越高,糯玉米植株也越高,并且随着生育进程的推进不同处理的差异越来越显著,直到生育后期糯玉米株高停止变化。

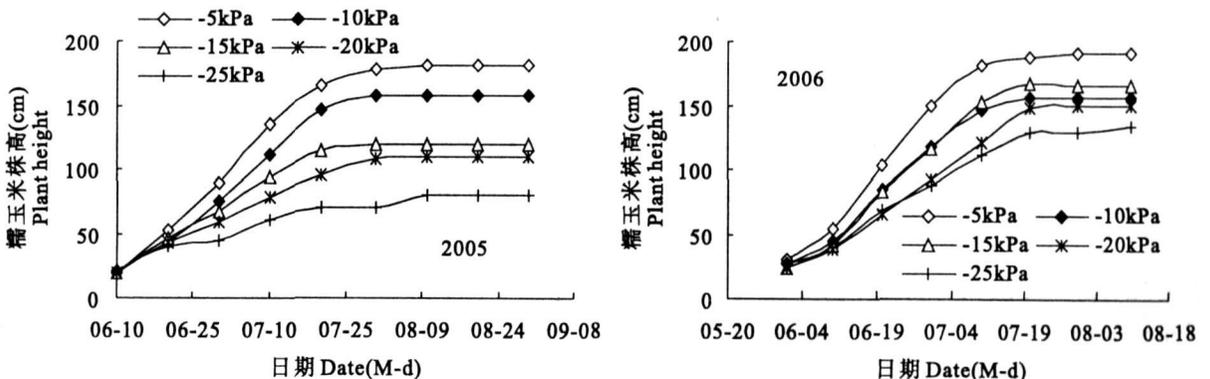


图 2 不同处理各生育期糯玉米株高的变化

Fig. 2 The changes of plant height during waxy corn growing periods for different treatments in 2005 and 2006

2.3.2 对糯玉米径粗的影响 图 3 表示 2005 和 2006 年不同处理糯玉米茎粗随时间的变化过程。从图中可以看出, 进行处理后的生育阶段, 所有处理在植株营养生长阶段茎粗增长快速, 进入抽雄期后, 营养生长转向生殖生长, 茎秆和叶片大量营养物质向籽粒转移, 所有处理茎粗开始减小。不同处理的

差异主要表现为: 土壤基质势越高, 糯玉米茎秆越粗, 但处理间差异没有株高明显; 2006 年试验, 低基质势处理导致 S4 和 S5 比 S1、S2 和 S3 处理生育期延缓, 抽雄推迟, 2 个处理的株高到 7 月 10 日才达到最大值, 此时 5 个处理茎粗趋于一致, 直到生育期结束。

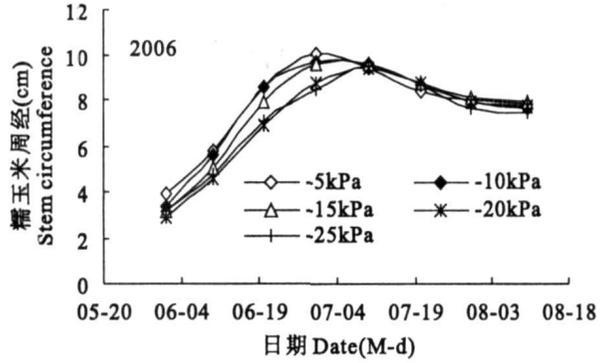
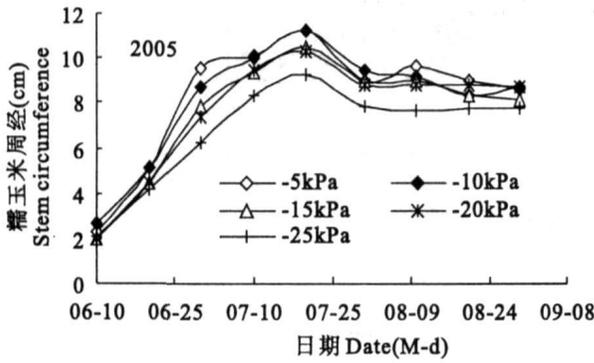


图 3 不同处理各生育期糯玉米茎粗的变化

Fig. 3 The changes of stem circumference during waxy corn growing periods for different treatments in 2005 and 2006

2.3.3 对糯玉米叶面积指数的影响 图 4 表示 2005 和 2006 年不同处理糯玉米叶面积指数随时间的变化过程。从图中可以看出, 5 个处理的叶面积发展动态基本一致, 叶面积指数变化为单峰曲线, 随生长时期的不断推移叶面积指数不断增大, 玉米拔节后叶面积指数快速提高, 到玉米抽雄期以后达最

大值而后缓慢下降。不同处理叶面积指数的差异主要表现为: 土壤基质势越高, 叶面积指数越大。2006 年糯玉米生长后期不同处理叶面积指数降低的幅度小于 2005 年降低的幅度, 说明 2006 年糯玉米生育后期乳熟阶段仍有大部分叶片呈绿色, 植株总体长势好于 2005 年。

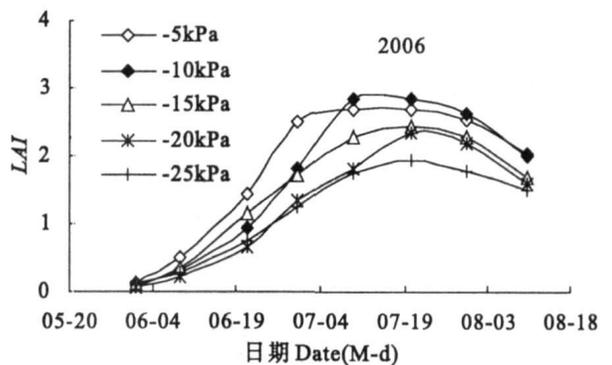
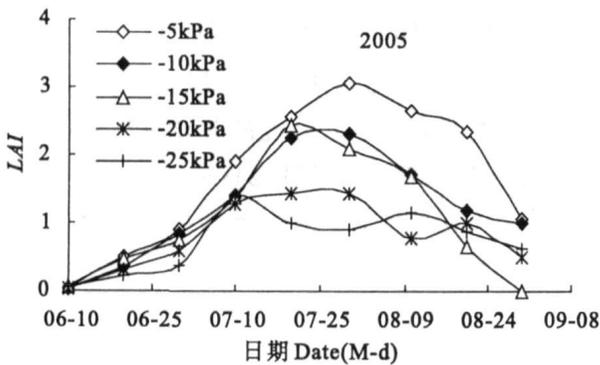


图 4 不同处理各生育期糯玉米叶面积指数的变化

Fig. 4 The changes of LAI during waxy corn growing periods for different treatments in 2005 and 2006

2.3.4 对糯玉米地上部分干物质的影响 图 5 表示 2005 和 2006 年不同处理糯玉米地上部分干物质质量随时间的变化过程。从图中可以看出, 排除个别取样误差, 所有处理地上部分干物质都随着生育进程的推进而不断累积。不同处理之间地上部分干物质的差异和株高、茎粗、叶面积表现一致; 土

壤基质势越高, 糯玉米地上部分干物质积累量越大。2005 和 2006 年年际间比较: 对于 S1 和 S2 处理, 2005 年地上部分干物质最终积累量大于 2006 年; 对于 S3、S4 和 S5 处理, 2005 年地上部分干物质最终积累量小于 2006 年。

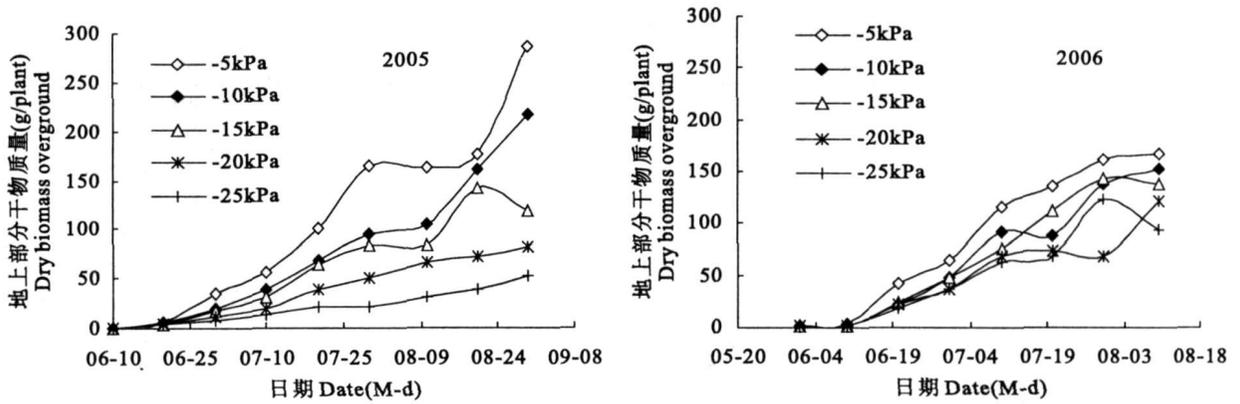


图 5 生育期不同处理糯玉米地上部分干物质的变化

Fig. 5 The changes of dry biomass over ground during waxy corn growing periods for different treatments in 2005 and 2006

2.3.5 对糯玉米叶绿素的影响 水分胁迫抑制植物的光合作用决定于气孔和非气孔因素,一般认为轻度胁迫和胁迫的初期光合速率下降的主要原因以气孔限制为主,在长期和重度胁迫下则以非气孔限制为主,可以导致叶绿素含量减少^{15,19}。图 6 表示 2006 年糯玉米大喇叭口期和和灌浆期不同处理叶绿素含量的变化。从中看出:2 个时期所有处理的叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素的含量都随着土壤基质势的降低而减少,土壤基质势越低,叶绿素含量越少,对于同一处理,大喇叭口期叶绿素的含量要高于灌浆期叶绿素含量。

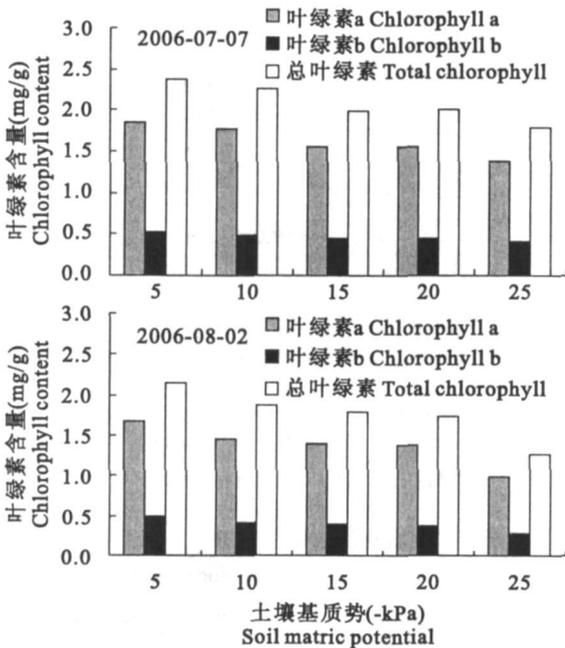


图 6 不同处理对糯玉米叶绿素含量的影响

Fig. 6 The influence of different treatments on Chlorophyll content

2.3.6 对糯玉米果穗性状和鲜果穗产量的影响

表 3 表示,2005 和 2006 年不同土壤基质势处理对糯

玉米果穗性状和鲜果穗产量的影响。从中看出,随着土壤基质势的降低,无论百粒重,还是穗粒数,均呈明显的下降趋势。由此可见,生育期持续的较低土壤基质势控制,使糯玉米果穗建成受到影响,导致库容量不足,无法贮存较多干物质,穗粒数和百粒重降低,果穗产量随之下降。

2.4 土壤基质势和灌水量对糯玉米鲜食果穗产量和灌溉水利用效率的影响

图 7 表示 2005 和 2006 年不同土壤基质势处理下,土壤基质势和生育期灌水量与糯玉米鲜食果穗产量和灌溉水利用效率的回归曲线关系。从图中可以看出:两年的鲜食果穗产量都随着土壤基质势的升高和总灌水量的增加而提高,土壤基质势越高,生育期内总灌水量也越大,糯玉米鲜食果穗产量也越高;2005 年产量与土壤基质势回归曲线为对数函数曲线,2006 年为 2 次多项式曲线;2005 和 2006 年产量与灌水量的回归曲线都为 2 次多项式曲线,但在相同灌水量时,2006 年产量高于 2005 年产量;2005 和 2006 年灌溉水利用效率与土壤基质势和灌水量的回归曲线都为 2 次多项式曲线,2005 年土壤基质势在 -1kPa 时灌溉水利用效率最高,效率为 19.13 kg/(hm²·mm),灌水量为 490 mm。2006 年土壤基质势在 -15kPa 时灌溉水利用效率最高,效率为 23.63 kg/(hm²·mm),灌水量为 336 mm;同一土壤基质势处理下,2006 年灌溉水利用效率都高于 2005 年灌溉水利用效率,并且土壤基质势越低,2 年间的效率差异越大;相同灌水量时,处理 S1 除外,其它处理 2006 年的灌溉水利用效率也都高于 2005 年灌溉水利用效率。本研究两年的试验在同一块盐碱地上进行,在 2005 年耕作的基础上,2006 年试验区土壤的水、肥、盐、气、热状况发生了明显的改善,可以解释不同处理 2006 年的鲜食果穗产量和灌溉水利用效率都高于 2005 年的相应数值的原因。

表 3 不同处理对糯玉米果穗性状和鲜果穗产量的影响

Table 3 The influence of different treatments on ear characteristics and fresh ear yields of waxy corn

年份 Year	土壤基质势(-kPa) Soil matrix potential	百粒重(g) 100kernel weight	穗粒数 Ear kernel number	鲜果穗产量(kg/hm ²) Fresh ear yields
2005	5(S1)	31.3 _a .A	416 _a .A	1228 _a .A
	10(S2)	23.9 _b .B	384 _a .A	741 _b .B
	15(S3)	21.9 _c .B	274 _b .B	414 _c .C
	20(S4)	18.8 _d .C	205 _c .C	251 _d .C
	25(S5)	17.9 _d .C	113 _d .D	50 _e .D
2006	5(S1)	29.9 _a .A	411 _a .A	951 _a .A
	10(S2)	27.3 _b .B	354 _b .B	799 _b .AB
	15(S3)	25.9 _c .BC	351 _b .B	793 _b .AB
	20(S4)	23.6 _c .C	324 _{bc} .BC	624 _c .B
	25(S5)	24.2 _c .C	299 _c .C	610 _c .B

注:表中数据统计分析利用SPSS 11.0.0 软件,采用单因素方差分析(One-Way ANOVA)和多重比较的最小显著差数法(LSD),统计分析结果采用字母上角标标记法,上角标小写字母表示 $\alpha=0.05$ 显著水平,上角标大写字母表示 $\alpha=0.01$ 显著水平。

Note: The results were run as a single factor analysis of variance (ANOVA) and the multiple comparisons were done for significant effects with the least significant difference (LSD) test. Superscript small and big letters represent respectively significant at $\alpha=0.05$ and $\alpha=0.01$ probability levels. Same letter shows in significant difference and different letter shows significant at $\alpha=0.05$ and $\alpha=0.01$ probability levels.

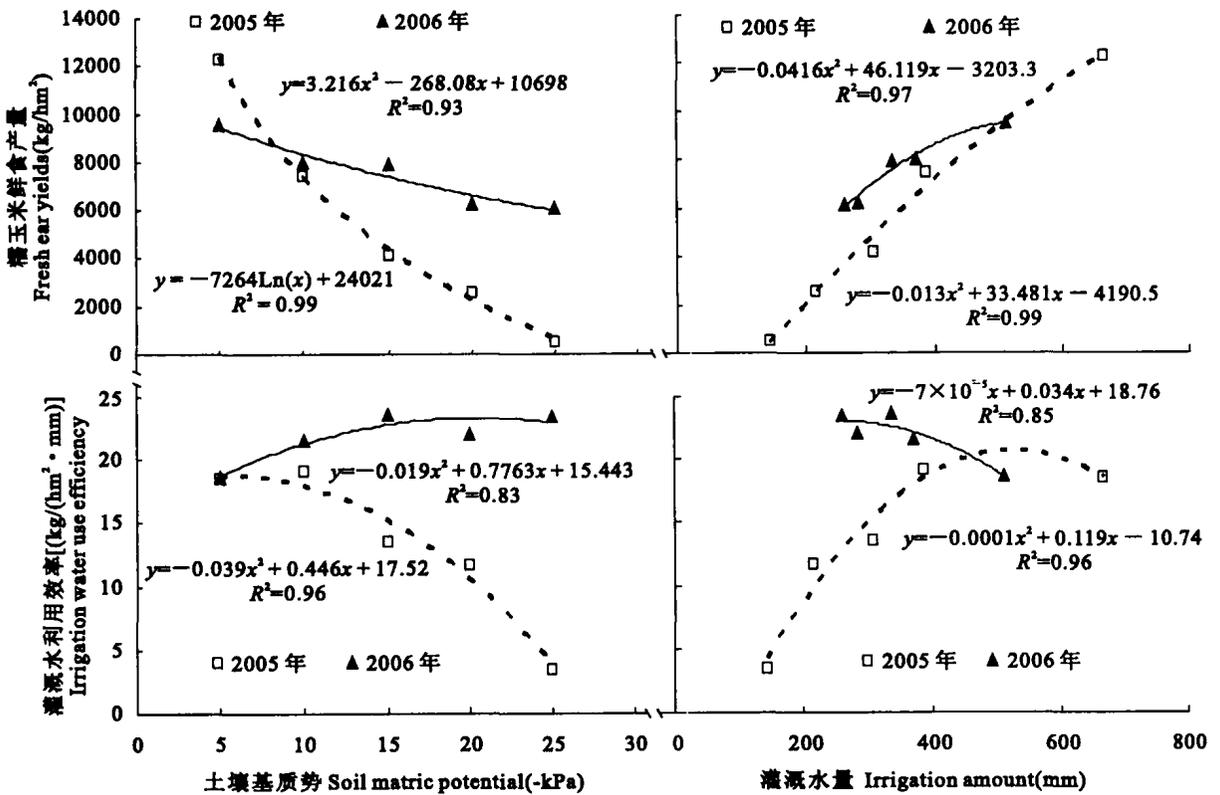


图 7 土壤基质势和生育期灌溉水量与糯玉米经济产量和灌溉水利用效率的关系

Fig. 7 The relationship of soil matrix potential and irrigation water to fresh ear yields and irrigation water use efficiency in 2005 and 2006

3 结论与讨论

在糯玉米的不同生育期,分析不同处理的株高、茎粗、叶面积、地上部分干物质量、叶绿素含量和果穗的穗粒数、鲜百粒重、鲜食果穗产量的变化规律,可以发现无论是糯玉米的生长指标、生理指标还是

最后经济产量和果穗性状,都随着土壤基质势的提高而增加或上升,土壤基质势越高,各项指标数值越大,果穗性状也越好。在西北干旱区利用垄作覆膜滴灌技术开发盐碱地,种植作物,土壤基质势控制在-5 kPa 时,糯玉米鲜食果穗产量最高,土壤基质势控制在-10 kPa ~ -15 kPa 时,糯玉米灌溉水利用

效率最高。这个结论要高于其他学者关于土壤基质势控制水平的研究报道^[10,11,12],因此在盐渍土区域利用土壤基质势控制灌溉,在总水势要求相同的条件下,盐碱地土壤基质势的控制水平要高于非盐碱地上控制水平。

利用真空表负压计指导灌溉;将真空表负压计埋在滴头正下方0.2m深度处,每次的灌水量相同,或者将作物整个生育阶段分为2—3个生长阶段,每个生长阶段内每次的灌水量相同,监测土壤基质势,超出预定的范围就开始灌溉^[9]。考虑到滴灌非自动化控制提高灌溉频率的局限性,在西北干旱风沙区种植作物,灌溉频率不高于1次/日时,糯玉米生育期每次灌水量为5~10mm时,会大大降低灌溉风险,提高土壤基质势的控制精度。

通过本项研究可以看出,利用垄作覆膜滴灌技术开发利用盐碱荒地种植作物,随着盐碱地利用年限的增加,作物长势和产量有增加的趋势,不同土壤基质势处理对作物影响的差异也随着种植年限的增加而缩小。因此,对覆膜滴灌条件下盐碱地土壤水、热、养分、盐分以及微生物等土壤环境因子进行长期的综合研究,将为覆膜滴灌技术开发利用盐碱地的可持续性提供理论依据。

参考文献:

- [1] 王遵亲,祝寿全,俞仁培,等.中国盐渍土[M].北京:科学出版社,1993.
[2] 俞仁培,陈德明.我国盐渍土资源及其开发利用[J].土壤通报,

1999,30(4):158—159.

- [3] 钱正英.中国水利[M].北京:水利电力出版社,1991,3.
[4] Dan Goldberg, Baruch Cornat, Daniel Rimon. Drip irrigation - principles, design and agricultural practices [M]. Drip irrigation Scientific Publications, 1976.
[5] 李毅,王文焰,王全九.论膜下滴灌技术在干旱—半干旱地区节水抑盐灌溉中的作用[J].灌溉排水,2001,20:42—46.
[6] 王全九,王文焰,吕殿青,等.膜下滴灌盐碱地水盐运移特征研究[J].农业工程学报,2000,16(4):54—57.
[7] 王全九,王文焰,汪志荣,等.盐碱地膜下滴灌技术参数的确定[J].农业工程学报,2001,17(2):47—50.
[8] Phene C J, Allee C P, Pierro J D. Soil matrix potential sensor measurements in real time irrigation scheduling[J]. Agric Water Manage, 1989, 16, 173—185.
[9] 康跃虎.实用型滴灌灌溉计划制定方法[J].节水灌溉,2004,(3):11—12.
[10] Kang Yaohu, Wang Fengxin, Liu Haijun, et al. Potato evapotranspiration and yield under different drip irrigation regimes[J]. Irrig Sci, 2004,(3):133—143.
[11] Kang Yaohu, Wan Shuqin. Effect of soil water potential on radish (*Raphanus sativus* L.) growth and water use under drip irrigation[J]. Scientia Horticulturae, 2005, 106, 275—292.
[12] Terhi Suojala-Ahlfors, Tapio Salo. Growth and yield of pickling cucumber in different soil moisture circumstances [J]. Scientia Horticulturae, 2005, 107, 11—16.
[13] 石德权,郭庆法,汪黎明,等.我国玉米品质现状、问题及发展优质食用玉米对策[J].玉米科学,2001,9(2):3—7.
[14] 李荣.长三角已成中国糯玉米主产区[OL].http://www.agri.gov.cn/gndt/20061019-704843.htm.中国农业信息网,2006—10—19.
[15] 李广敏,关军锋.作物抗旱生理与节水技术研究[M].北京:气象出版社,2001.
[16] 杨德光,沈秀英,赵天宏,等.玉米旱害生理研究进展[J].作物杂志,2001,(5):1—4.

Effect of soil matrix potential on waxy corn growth and irrigation water use efficiency under mulch drip irrigation in saline soils of arid areas

JIAO Yan ping^{1,2}, KANG Yao hu¹, WAN Shu qin¹, LI U Wei³, DONG Feng³

(1. Key Laboratory of Water Cycle & Related Land Surface Processes, Institute of Geographic Science and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101;

2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 3. Ningxia Huí Autonomous Region Office of Integrated Agricultural Development Project of China, Yinchuan, Ningxia 750000, China)

Abstract: By presetting threshold of soil matrix potential (-5kPa, S1; -10kPa, S2; -15kPa, S3; -20kPa, S4; -25kPa, S5) to control the timing of the irrigation cycle with vacuum tensiometers buried at 0.2m depth immediately under drip emitter, field experiments were carried out to investigate the effect of soil matrix potential on waxy corn growth, yield and irrigation water use efficiency under mulch drip irrigation in saline soils of arid areas in 2005 and 2006. The results showed that the plant height, stem circumference, LAI, above-ground dry biomass, Chlorophyll content of waxy corn all increased with the increasing of soil matrix potential, the higher the soil matrix potential was, the higher the ear yields and the better the ear characteristics were; the highest ear yields were achieved with the soil matrix potential of -5kPa and the irrigation water use efficiency with the soil matrix potential from -10kPa to -15kPa were higher than that of the other treatments.

Keywords: saline soils; mulch drip irrigation; soil matrix potential; waxy corn