

风沙土玉米滴灌氮肥适宜用量试验研究

窦超银¹,王鼎新¹,孟维忠²,佟威²,陈伟²,延玮辰²

(1.扬州大学水利与能源动力工程学院,江苏扬州225009;辽宁省水利水电科学研究院,沈阳110003)

摘要:【目的】确定风沙土地区玉米滴灌适宜氮肥用量。【方法】采用田间试验的方法,在高水(IH)和低水(IL)条件下研究高氮(FH)、中氮(FM)和低氮(FL)3种施氮水平对玉米生长和产量的影响。【结果】在低水条件下,增加施氮量有利于植株生长,植株较高,叶面积指数较大;高水条件下增施氮量对植株生长促进作用小于低水条件。2种灌水条件下,地上物质干质量和鲜质量均随施氮量增加而增大,但地上物质含水率、茎粗和叶片叶绿素量受施氮量影响较小。施氮量增加提高了穗长、穗粗、行粒数等考种指标值,从而提高了产量,低水高肥和高水高肥处理产量分别为13.0和13.7 t/hm²,较低肥处理高出20.4%和17.1%。【结论】在风沙土地区,增加施氮量有利于玉米植株生长和提高产量,尤其灌水量小时,作用更为明显。因此,结合试验结果在辽西北风沙土地区玉米滴灌种植施氮量推荐为300 kg/hm²。

关键词:氮肥;滴灌;风沙土;玉米;产量

中图分类号:S274.1

文献标志码:A

doi:10.13522/j.cnki.gggs.2019036

窦超银,王鼎新,孟维忠,等.风沙土玉米滴灌氮肥适宜用量试验研究[J].灌溉排水学报,2019,38(11):16-21.

0 引言

风沙土是我国重要的土壤资源之一,具有质地粗、有机质量少、固结能力差、蓄水能力低、漏水漏肥严重等特点^[1],生产力普遍较低。随着滴灌技术在风沙土地地区的推广应用,少量多次的灌溉制度代替了传统的集中灌溉,灌溉水得以控制在根系分布层内^[2-3],提高了水分利用效率,增加了作物产量^[4-5]。但与常规土壤相比,由于风沙土土质瘠薄,滴灌调控了水分分布并没有改善土壤养分条件,作物产量仍然较低,因此,合理施肥是进一步提高风沙土土壤生产力的关键。

一般来说,滴灌在控水的同时也调控了养分在土壤中的分布、迁移和转化^[6-7],对肥料利用率、养分的生产效率、当季利用率等均呈正效应,由此在滴灌条件下可适当减少施肥量,当施肥量高于传统施肥管理用量时,反不利于作物生长^[8]。如滴灌条件下,增加施氮量可促进小麦茎秆生长,提高小麦产量,施氮量高于240 kg/hm²时,经济性下降^[9];玉米SPAD值、干物质质量和产量等在追氮30~120 kg/hm²时,随着施氮量等增加而增大,当氮肥量150 kg/hm²时,不利于玉米生长发育^[10];在设施农业中,研究也表明增大施肥量,番茄品质以及营养累积量呈先增大后降低的趋势^[11-12]。但在保水保肥性较差的土壤上,减量施肥存在风险,仍需要增施肥量弥补不足,如砂土甜瓜在增施40%氮条件下,植株干物质质量随氮素增加而增大^[13];增加施入风沙土土壤中的肥量可促进麻黄增产^[14];漠土增施氮肥有利于提高甜瓜产量和品质等^[15]。因此,风沙土玉米滴灌将面临一方面需要大量补充养分,另一方面又可能发生养分淋失的矛盾。为解决这一矛盾,以风沙土玉米膜下滴灌氮肥用量为研究对象,研究不同施氮量对玉米生长和产量的影响,以确定适宜氮肥用量,从而为风沙土滴灌条件下施肥提供一定依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于辽宁省彰武县北甸子村(E122°23',N42°50'),地处科尔沁沙地南缘,属于温带半干旱季风气候。

收稿日期:2019-04-28

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(51609208)

作者简介:窦超银(1982-),男,江苏如皋人。高级工程师,博士,主要从事节水灌溉理论与技术研究。E-mail: chydou@163.com

候区,其主要特征是干燥、风沙大。多年平均降雨量412 mm,降雨量年内分布不均,夏季降雨量占全年降雨量的60%~70%;多年平均蒸发量1 781 mm;年平均气温6.1℃,平均风速3.7~4.2 m/s,最大瞬时风速达24.0 m/s,沙尘暴天气10~15 d;植物生长期145~150 d,无霜期154 d。试验区土壤主要为风沙土,干体质量为1.69 g/cm³,田间持水率为12%,饱和含水率为16.9%。土壤机械组成以细沙为主,占70%,物理性黏粒和粗沙很少,有机质质量分数为6.6%。

1.2 试验设计

试验于2018年5—10月进行,玉米供试品种为“辽单535”,氮肥为尿素(含氮46.4%)。根据玉米生长划分为苗期、拔节期、穗期、灌浆期、完熟期等5个生育期,以灌溉水量和氮肥用量为试验因素,灌水量利用公式 $W=\alpha K_{ci}(E_{k,5}-P_{k,5})$ 计算,式中 $E_{k,5}$ 为第 k 个5日冠层水面累计蒸发量,逐日实测; $P_{k,5}$ 为第 k 个5日累计降雨量,逐日实测; K_{ci} 为第 i 个生育期作物系数,参见文献[16]; α 为需水系数,试验设置 $\alpha=0.6$ (低水,IL)和 $\alpha=1.0$ (高水,IH)处理;以推荐施肥量(纯氮)225 kg/hm²(中氮,FM)为参考^[17],增加30%(高氮,FH)和减小30%(低氮,FL)设3个氮肥用量,基肥、拔节肥、穗肥质量比为70:12:18,基肥在起垄-播种-覆土-覆膜-施肥一体机春播时施入。采用完全试验设计,共6个处理:ILFL、ILFM、ILFH、IHFL、IHFM、IHFH处理,每个处理3个重复,共18个小区,小区随机布置。

玉米采用大垄双行种植,垄距1.2 m,宽行距0.8 m,窄行距0.4 m,株距0.3 m。单个小区内5垄,垄长5 m,小区面积30 m²。小区采用重力滴灌,灌溉前计算灌溉水量,注入桶中;追肥前将小区追肥所需尿素溶解,溶液倒入桶中,注水,以水肥一体化形式灌溉施肥。

1.3 田间管理

播种前种子进行晾晒处理,各处理均在春播前翻地,平整土地,施农家肥(鸡粪)1.5 t/hm²,5月11日起垄铺设滴灌带,覆膜播种。5~6叶期定苗,拔节期中耕除草,喷施农药甲胺磷1次,防治虫害。8月24日后玉米进入成熟期,由于多次降雨,停止灌溉,9月27日收获。

1.4 测定指标和方法

降雨利用试验站小型气象站监测,在试验区从南到北在冠层上方放置20 cm蒸发皿测量冠层水面蒸发,每天08:00测量1次。灌溉水量通过水表观测。每个生育期各处理选9株测量玉米株高、茎粗、单株全部展开叶的叶面积和叶绿素量(*SPAD*值),叶面积指数(*LAI*)用叶面积和与单位土地面积折算求得,*SPAD*值用*SPAD*-502叶绿素仪测定。收获时在各小区随机取样3株测地上物质质量(鲜质量、干质量)、考种(穗长、穗粗、穗行数、行粒数、穗粒数和百粒质量等),并计算产量。植株干质量采用地上植株放入烘箱在105℃杀青0.5 h,75℃下烘至恒质量,采用电子天平称量。

2 结果与分析

2.1 降雨量、蒸发量和灌水量

2018年玉米生育期内降雨蒸发量如图1所示。从图1可以看出,玉米生育期内累计蒸发量920.5 mm,累计降雨量235.2 mm,降雨24次,有效降雨15次,占降雨次数的62.5%;降雨相对集中在6月下旬到9月上旬,期间降雨17次,累计降雨187.9 mm,占全生育期降雨量的80.0%;单次最大降雨量发生在8月12日,日降雨量43.5 mm。6月下旬以前,即拔节期前,累计蒸发量338.9 mm,占全生育期蒸发量的36.8%,日均蒸发量达到7.8 mm。受年内降雨和蒸发影响,玉米生长前期灌溉频繁,进入雨季后,尤其灌浆期后,灌溉减少,低水(IL)和高水(IH)处理在玉米生育期内灌水13次,累计灌溉水量分别为223.0 mm和370.4 mm。

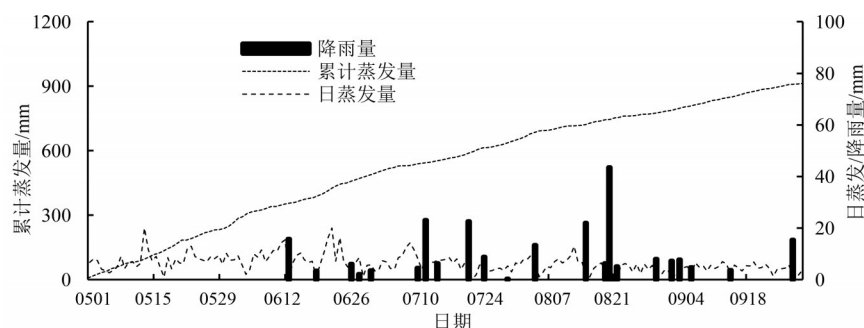


图1 玉米生育期降雨蒸发量

表1 玉米生育期内灌水日期与累计灌溉水量

处理	0604	0609	0619	0624	0705	0715	0720	0725	0801	0806	0811	0818	0821
IL	16.4	27.2	36.0	54.8	82.4	94.4	110.8	134.0	154.8	180.6	190.2	206.6	223.0
IH	27.2	45.2	59.6	90.8	136.8	156.8	184.0	222.8	257.4	300.4	316.0	343.2	370.4

2.2 不同施氮量对玉米生长的影响

2.2.1 株高

表2为玉米生长期内株高和茎粗的变化。由表2可知,各处理玉米株高均随生育期的推进先增大后减小,穗期前增长较快,穗期后变幅增长较小,灌浆期株高最大,成熟期少量减小;低水处理拔节期和穗期株高平均增长228.0%和49.3%,成熟期株高减小约为3.0%;高水处理拔节期和穗期株高平均增长283.8%和34.9%,成熟期株高减小约为3.4%。各处理之间,低水处理苗期各处理株高差异较小,不足2 cm;拔节期—灌浆期株高随着施氮量的增加而增大,处理之间的变幅从拔节期11.8%减小到成熟期3.8%,即随着玉米的生长,各处理之间差异减小,低水条件下各生育阶段处理之间株高差异均不显著。高水处理之间,IHFL和IHFH处理株高相近,IHFM处理株高小于其他处理,但差异较小,全生育期内株高差异小于15 cm,变幅小于8.5%,各生育阶段处理之间株高差异均不显著。从表2还可以看出,拔节期—成熟期IHFL、IHFM和IHFH处理分别平均高出ILFL、ILFM和ILFH处理25.2、14.2和11.2 cm。试验表明低水条件下增大施氮量对株高有一定促进作用,高水条件下,增加施氮量对株高无明显影响;灌水量对株高的影响较施氮量影响更为明显,增加施氮量可减小灌水量的影响。

表2 不同处理玉米植株株高和茎粗变化

处理	株高/cm					茎粗/mm				
	苗期	拔节期	穗期	灌浆期	成熟期	苗期	拔节期	穗期	灌浆期	成熟期
ILFL	40.5a	130.0a	196.7a	197.0a	197.5a	20.6a	30.3a	32.0a	26.7a	22.4a
ILFM	42.3a	127.8a	197.8a	197.8a	190.0a	20.5a	31.2a	28.0a	25.7a	21.2a
ILFH	40.3a	145.3a	206.0a	208.0a	205.0a	20.5a	34.2a	31.2a	26.7a	24.8a
IHFL	40.7A	165.5A	220.8A	221.8A	213.8A	21.5A	36.8A	37.4A	30.5A	25.3A
IHFM	41.8A	152.5A	207.8A	207.8A	202.2A	21.7A	31.2A	33.2A	26.2A	24.1A
IHFH	42.6A	161.8A	218.7A	219.0A	210.5A	22.4A	33.2A	34.1A	30.1A	25.0A

注 同一列数据不同字母代表差异达5%显著水平,小写和大写字母分别为低水和高水处理单独比较结果,下同。

2.2.2 茎粗

由表2可知,茎粗随着玉米生育期推进先增大后减小,低水条件下苗期—拔节期平均增加55.7%,拔节期—穗期茎粗变化较小,穗期后茎粗逐渐减小,灌浆期和成熟期分别减小13.0%和13.7%;高水条件下苗期—拔节期平均增加54.5%,拔节期—穗期增加3.5%,灌浆期和成熟期分别减小17.1%和13.9%。不同处理之间,低水条件下茎粗随施氮量的增加变化规律不明显,各处理之间茎粗差异小于4 mm,差异均不显著;高水条件下拔节期后IHFL处理茎粗始终高于其他处理,IHFM处理茎粗最小,随着玉米生长,处理间差异逐渐减小,IHFL与IHFM处理之间差异从拔节期5.6 mm减小到乳熟期1.1 mm,变幅从17.9%减小到4.7%,玉米成熟时,茎粗相近,且处理之间差异均未达到显著水平。当施氮量相同,灌溉水量不同时,IHFL、IHFM和IHFH处理拔节期—成熟期茎粗分别平均比ILFL、ILFM和ILFH处理粗4.6、2.1和1.4 mm,高出16.6%、8.0%和4.8%。表明低水条件下增大施氮量对茎粗无显著影响,高水条件下,增加施氮量有利于茎秆生长,但随着玉米生长,施氮影响减小;灌水量对茎粗的促进作用较施氮量明显,增加施氮量可缩小因灌溉导致的茎粗差异。

2.2.3 叶面积指数(LAI)

表3为玉米生长期内LAI、SPAD和成熟期地上物质质量变化的结果。由表3可知,LAI随着玉米生长先增大后减小,低水和高水条件下苗期—拔节期LAI分别平均增长626.5%和681.1%,拔节期—穗期分别增长38.2%和26.6%,LAI在穗期达到最大,分别为3.2和3.9,穗期后LAI逐渐下降,穗期—灌浆期LAI分别减少9.5%和5.7%,灌浆期—乳熟期分别减小14.7%和16.9%。不同处理之间,低水条件下,苗期差别不明显,拔节期后,LAI随着施氮量的增加而增大,拔节期和穗期ILFH处理分别比ILFL处理高出22.8%和17.7%,灌浆期和乳熟期ILFM处理LAI最小,较ILFH处理小21.5%和23.2%;各处理之间差异均不显著。高水条件下,IHFL和IHFH处理LAI接近,变幅在3%范围内,IHFM处理始终小于其他处理,变幅在10%内,各处理之间差

异不显著。在各生育期,施氮量相同时,高水处理 *LAI* 均大于低水处理,且变幅大于施氮量引起的 *LAI* 差异。说明灌水量较施氮量对玉米 *LAI* 影响更为明显,低水条件下可通过增加施氮量增大 *LAI*,高水时施氮量作用较小。

表 3 不同处理玉米 *LAI*、*SPAD* 和地上物质质量

处理	<i>LAI</i>					<i>SPAD</i>				成熟期地上物质质量/kg	
	苗期	拔节期	穗期	灌浆期	乳熟期	拔节期	穗期	灌浆期	乳熟期	鲜质量	干质量
ILFL	0.3a	2.1a	3.0a	2.8a	2.5a	48.1b	45.0a	61.5a	52.3a	0.52b	0.17a
ILFM	0.3a	2.2a	3.1a	2.6a	2.1a	53.7a	47.2a	59.6a	47.8a	0.45b	0.15a
ILFH	0.3a	2.6a	3.5a	3.3a	2.8a	51.2ab	52.3a	63.9a	56.2a	0.68a	0.23a
IHFL	0.4A	2.9A	3.9A	3.6A	3.0A	52.3B	61.9A	66.6A	61.3AB	0.64B	0.21A
IHFM	0.4A	2.9A	3.6A	3.2A	2.7A	54.9AB	57.0A	63.4A	55.4B	0.65B	0.22A
IHFH	0.4A	3.0A	3.8A	3.7A	3.1A	56.1A	57.6A	65.9A	65.4A	0.78A	0.26A

2.2.4 叶片叶绿素量(*SPAD* 值)

由表 3 可知,在低水条件下玉米 *SPAD* 值在 45~65 之间,生育期对 *SPAD* 值影响不明显。高氮用量处理 *SPAD* 值高于低氮用量处理,在拔节期、穗期、灌浆期和乳熟期 ILFH 处理分别比 ILFL 处理高 6.5%、16.3%、3.9%和 7.5%,ILFM 处理 *SPAD* 变化无明显规律,在拔节期显著大于 ILFL 处理,但在生长后期,低于其他处理;拔节后各处理之间差异均不显著。高水条件下,各处理玉米 *SAPD* 值均在 50~70 之间变化,随玉米生长,*SPAD* 值有先增大后减小的变化趋势,拔节期—乳熟期 *SPAD* 平均值分别为 54.4、58.8、65.3 和 60.7。 *SPAD* 值随着施氮量增加无明显变化规律,且处理之间 *SPAD* 值变幅较小,拔节期—灌浆期变幅均小于 10%;除拔节期 IHFH 处理显著高于 IHFL 处理,乳熟期 IHFH 处理显著高于 IHFM 处理外,其他处理之间差异均不显著。同一施氮量条件下,高水处理 *SPAD* 值高于低水处理。可见, *SPAD* 受灌水量影响较大,施氮量对 *SPAD* 值影响较小。

2.2.5 地上干物质质量

成熟期地上干物质鲜质量和干质量如表 3 所示。从表 3 可以看出,低水条件下高氮处理鲜质量和干质量最大,中氮处理鲜质量和干质量最低,高氮处理显著高于低氮和中氮处理,其他处理之间差异不显著。高水条件下地上物质质量随着施氮量的增加而增大,高氮处理鲜质量较低氮和中氮处理分别高 22.4%和 20.5%,干质量分别高 19.0%和 14.7%,鲜质量差异达到显著水平,干质量差异不显著;中氮处理鲜质量和干质量分别比低氮处理高 1.5%和 3.8%,处理之间差异不显著。施氮量相同时,高水处理鲜质量和干质量分别比低水处理高 14.6%~44.5%和 13.3%~46.8%,而各处理地上物质含水率 65.8%~67.4%之间。说明植株含水率取决于作物种属特性,增加灌水量和施氮量促进植株地上物质形成。

2.3 玉米产量构成和产量

表 4 为玉米考种结果。由表 4 可知,低水条件下,穗质量、穗长、穗粗、行粒数均随着施氮量的增加而增大;ILFM 处理较 ILFL 处理增量较小,各指标分别增加了 0.2%、4.0%、2.5%和 1.2%,差异不显著;ILFH 处理较 ILFM 处理增幅较大,各指标分别增加了 18.5%、6.8%、6.3%和 6.5%,其中,穗质量、穗粗和穗行粒数显著高于 ILFM 和 ILFL 处理,穗长差异不显著。ILFM 处理玉米穗粒行数最大,ILFH 和 ILFL 处理相近,处理之间差异不显著;总穗粒数取决于穗行数和行粒数,随施氮量增加而增多,且 ILFH 处理与 ILFM 和 ILFL 处理差异达到显著水平;穗粗相近或较小时,穗行数越大,籽粒越小,导致 ILFM 处理百粒质量最小,ILFH 处理百粒质量达 40.0 g,较ILFM 处理质量增加 9.7%,但处理之间差异未达显著水平。产量随着施氮量增加而增大,ILFH 处理产量为 13.0 t/hm²,较 ILFM 处理增产 18.6%,ILFL 处理产量较 ILFM 处理减产 1.6%。

表 4 不同处理玉米考种指标

处理	穗质量/g	穗长/cm	穗粗/mm	穗行粒数/粒	穗行数/行	总穗粒数/粒	百粒质量/g	产量/(t·hm ²)
ILFL	275.4b	19.5a	49.4b	40.5b	15.7a	233.9b	36.6a	10.8b
ILFM	275.9b	20.3a	50.6b	41.0b	17.0a	235.6b	36.4a	10.9b
ILFH	327.0a	21.7a	53.8a	43.7a	15.8a	275.6a	40.0a	13.0a
IHFL	316.0A	20.1A	50.3A	38.3B	15.7A	250.1B	40.7B	11.7B
IHFM	325.9A	21.0A	51.6A	43.2A	16.3A	274.8B	40.6B	12.9AB
IHFH	345.6A	22.3A	54.3A	43.3A	17.0A	292.4A	42.5A	13.7A

高水条件下,除百粒质量 IHFL 和 IHFM 处理相近外,穗质量、穗长、穗粗、行粒数、穗行数 and 总穗粒数均随着施氮量的增加而增大,IHFH 处理各考种指标高出 IHFM 处理 4%~6%;ILFL 处理各指标较 ILFM 处理下降 2%~4%。高水条件下产量也随着施氮量增加而增大,ILFH 处理产量为 13.7 t/hm²,较 ILFM 处理增产 6.4%,ILFL 处理产量较 ILFM 处理减产 8.9%。

从表 4 还可以看出,当施氮量相同时,灌溉水量有明显的增产作用,IHFL、IHFM 和 IHFH 处理分别比 ILFL、ILFM 和 ILFH 处理高 8.7%、17.5%和 5.4%。可能是因为增加灌溉水量改善了土壤水肥条件,有利于玉米生长和获得更高产量,在低肥条件下,养分是玉米生长的限制因素,增产作用有限;中肥条件下,灌溉是玉米生长的关键因素,增产作用明显;高肥条件下,养分是影响玉米生长的主要因素,高施氮量减小了灌溉引起的差异。ILFH 处理产量高于 IHFL 和 IHFM 处理也说明水肥具有交互作用,通过增加施氮量可以减小灌溉的不利影响,起到以肥调水的作用。

3 讨论

随着滴灌水肥一体化技术的发展,从理论和工程上均已实现了水肥均匀、准确地输送到作物根部土壤,作物全生育期水分和养分的定量、定时,按比例供应。滴灌条件下水分和养分从点水源进入土壤,然后向各个方向扩散,分布在计划湿润层内;灌溉施肥过程中,土壤溶液的养分质量浓度相对稳定,土壤养分量与土壤水分含量有很好的相关性^[7];在仅灌溉不追肥时,土壤中的养分则有不断向下淋洗的趋势^[18]。滴灌水肥运动和分布规律为合理施肥,促进植株生长,提高作物产量提供了理论依据。前人试验研究多表明滴灌条件下灌水量和施肥量的增加可促进作物的营养生长,植株高大粗壮,滴灌水肥互作时有明显的正交互作用,灌水与施氮均可显著增加玉米产量、穗粒数和穗粒质量,二者以氮为主效应^[19];但水肥过高时,株高徒长,茎粗增长反受到抑制,减小籽粒干物质量,降低地上部干物质量,甚至不利于产量形成^[20]。玉米推荐施肥量因地区、土壤和肥料类型等条件不同,如宁夏地区春玉米推荐施氮量为 210~325 kg/hm²^[21];河西地区推荐施氮量为 180 kg/hm²^[22];缓释氮肥与尿素掺混使用时推荐施氮量为 180 kg/hm²^[23];风沙土地区基于产量-肥料反应模型确定适宜施氮量为 131.0~148.3 kg/hm²^[24]。在本试验中,风沙土土壤瘠薄,作物生长同时受制于土壤水分和养分条件,施氮量对玉米生长的影响和灌溉水量相关。

4 结论

1)高水条件下,施氮量对株高、茎粗和叶面积影响较小;低水条件下,施氮量的增加对植株生长有促进作用,可获得相对粗壮高大的植株,地上物质鲜质量和干质量也随施氮量增加而增大。

2)在不同灌水条件下,施氮量对叶绿素量影响不明显;当施氮量相同时,灌水量越多,越有利于植株生长和提高叶片叶绿素量。

3)增加施氮量一般可提高各考种指标值,有利于作物产量形成,尤其在灌溉充足时,促进作用更为明显;低水条件下,增加施氮量可降低减产风险。在风沙土地区采用滴灌灌溉时,宜增加氮素用量,在试验所在的辽西北风沙土地区适宜氮肥施用量推荐为 300 kg/hm²。

参考文献:

- [1] 肖洪浪,李福兴,龚家栋,等.中国沙漠与沙地的资源优势 and 农业发展[J].中国沙漠,1999,19(3):199-205.
- [2] 唐士劫,窦超银.滴头流量对风沙土滴灌湿润锋运移影响的试验研究[J].节水灌溉,2018(11):56-60,72.
- [3] 窦超银,孟维忠,佟威,等.风沙土玉米地下滴灌技术田间应用试验研究[J].灌溉排水学报,2018,37(8):46-50.
- [4] 李玉义,逢焕成,陈阜,等.膜下滴灌对风沙土盐分变化和棉花产量的影响[J].水土保持学报,2009,23(4):96-100.
- [5] 窦超银,孟维忠,佟威,等.风沙土玉米膜下滴灌适宜灌溉频率试验研究[J].灌溉排水学报,2016,35(2):13-17,49.
- [6] 吕谋超,蔡焕杰,黄修桥.同步滴灌施肥条件下根际土壤水氮分布试验研究[J].灌溉排水学报,2008,27(3):24-27.
- [7] 黎会仙,王文娥,胡笑涛,等.水肥一体化膜下滴灌水肥及速效氮分布特征研究[J].灌溉排水学报,2018,37(3):51-57.
- [8] 张学军,赵营,陈晓群,等.滴灌施肥中施氮量对两年蔬菜产量、氮素平衡及土壤硝态氮累积的影响[J].中国农业科学,2007,40(11):2535-2545.
- [9] 郭丽,王丽英,张彦才,等.滴灌水肥一体化下施氮量对小麦氮素吸收及土壤硝态氮含量的影响[J].华北农学报,2017,32(3):207-213.
- [10] 陈天宇.膜下滴灌施氮次数与施氮量对玉米产量和氮素积累的影响[D].大庆:黑龙江八一农垦大学,2016.
- [11] 邢英英,张富仓,张燕,等.滴灌施肥水肥耦合对温室番茄产量、品质和水氮利用的影响[J].中国农业科学,2015,48(4):713-726.
- [12] 窦超银,孟维忠,陈伟,等.辽宁地区秋冬茬大棚黄瓜滴灌水肥一体化试验研究[J].灌溉排水学报,2018,37(8):22-26.
- [13] 杜少平,马忠明,薛亮.适宜施氮量提高温室砂田滴灌甜瓜产量品质及水氮利用率[J].农业工程学报,2016,32(5):112-119.

- [14] 周涛, 何宝银, 王波. 风沙土氮素运动及对麻黄生长的影响[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 11-14, 30.
- [15] 胡国智, 冯炯鑫, 张炎, 等. 不同施氮量对甜瓜养分吸收、分配、利用及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(3): 760-766.
- [16] 陈玉明, 郭国双, 王广兴, 等. 中国主要作物需水量和灌溉[M]. 北京: 水利电力出版社, 1995.
- [17] 全国农业技术推广服务中心. 春玉米测土配方施肥技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [18] 张学军, 赵营, 陈晓群, 等. 滴灌施肥中施氮量对两年蔬菜产量、氮素平衡及土壤硝态氮累积的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(11): 2 535-2 545.
- [19] 郭丙玉, 高慧, 唐诚, 等. 水肥互作对滴灌玉米氮素吸收、水氮利用效率及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 26(12): 3 679-3 686.
- [20] 张燕, 张富仓, 袁宇霞, 等. 灌水和施肥对温室滴灌施肥番茄生长和品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(2): 206-212.
- [21] 张富仓, 严富来, 范兴科, 等. 滴灌施肥水平对宁夏春玉米产量和水肥利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2018, 34(22): 111-120.
- [22] 邹海洋, 张富仓, 张雨新, 等. 适宜滴灌施肥量促进河西春玉米根系生长提高产量[J]. 农业工程学报, 2017, 33(21): 145-155.
- [23] 郭金金, 张富仓, 王海东, 等. 不同施氮量下缓释氮肥与尿素掺混对玉米生长与氮素吸收利用的影响[J]. 中国农业科学, 2017, 50(20): 3 930-3 943.
- [24] 魏自民, 赵越, 周连仁. 不同施肥措施对风沙土区玉米产量影响数学模型的研究[J]. 玉米科学, 2003, 11(2): 75- 77.

Experimental Study of the Suitable N-fertilizer Amount for Corn under Drip Irrigation in Aeolian Sandy Soil

DOU Chaoyin¹, WANG Dingxin¹, MENG Weizhong², TONG Wei², CHEN Wei², YAN Weichen²

(1. School of Hydraulic Energy and Power Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China;

2. Water Conservancy and Hydropower Science Research Institute of Liaoning, Shenyang 110003, China)

Abstract: **【Objective】**The purpose of this paper is to determine the suitable N-fertilizer amount for corn under drip Irrigation in Aeolian sandy soil. **【Method】**The experiment was conducted in a field, and the amount of water and N-fertilizer were selected as experiment factors. Two levels of water amount (high and low) and three levels of N-fertilizer dosage (high, middle and low) were scheduled and thus six treatments were carried out. Effects of treatments on the growth and yield of corn were studied. **【Result】**The results showed that, under low watering condition, increasing N-fertilizer amount was good for plant growth and had higher plant height and larger leaf area index, while under high watering condition, the positive effects were limited. Under both water condition, the fresh and dry weight of over ground part increased as N-fertilizer application increased, while its water content, stem diameter and SPAD litter varied. Besides, higher N-fertilizer amount was beneficial to get longer ear, larger diameter, and more seeds, also was likely to got higher yield. The yield of high N-fertilizer amount under low and high watering condition were 13.0 and 13.7 t/hm² respectively, 20.4% and 17.1% higher than the yield of low N-fertilizer amount treatments. **【Conclusion】**In Aeolian sandy soil, higher N-fertilizer amount would be conducive plant growth and yield, especially when irrigation water was limited. Therefore, according to the experiment, N-fertilizer amount of 300 kg/hm² was recommended in Aeolian sandy soil of northwest Liaoning.

Key words: N-fertilizer; drip irrigation; aeolian sandy soil; corn; yield

责任编辑: 陆红飞