

膜下滴灌不同水氮组合对向日葵生长及水氮利用的影响

杨黎, 魏占民*, 徐大为, 苏婷婷, 张金丁

(内蒙古农业大学 水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018)

摘要:【目的】在河套灌区开展了膜下滴灌大田试验,研究了滴灌条件下不同水氮组合对向日葵生长发育、产量及水氮利用效率的影响。【方法】试验采用张力计监测土壤水分以控制灌水量和灌水次数,3个灌溉定额(W1、W2、W3)分别为135、180、225 mm;选用文丘里施肥器进行追肥,3个施氮水平(N1、N2、N3)分别为120、160、200 kg/hm²。【结果】施氮量对向日葵株高和叶面积指数(LAI)的影响在灌浆期和成熟期达极显著性差异水平($P<0.01$),水氮显著影响了向日葵干物质积累($P<0.01$);在灌水定额W2和W3处理下,随施氮量的增加,籽粒的产量均是先增加后减小,但在W1处理下,籽粒产量的变化情况与施氮量正相关;在不同灌水施氮处理下,向日葵的收获指数(HI)在0.476~0.603之间,水分利用效率在1.49~2.61 kg/m³之间,随着施氮量的增加植株吸氮量呈现为先升高后降低的趋势。【结论】结合灌区生产条件和环境气候因素,建议选择灌水量为180 mm且施氮量为160 kg/hm²的处理作为灌区滴灌条件下向日葵的灌水施氮方案。

关键词:膜下滴灌;水氮处理组合;水氮利用率;向日葵

中图分类号:S275.6

文献标志码:A

doi:10.13522/j.cnki.ggpps.20180183

杨黎,魏占民,徐大为,等.膜下滴灌不同水氮组合对向日葵生长及水氮利用的影响[J].灌溉排水学报,2019,38(3):50-55.

0 引言

河套灌区是我国典型的盐碱化灌区,年降雨量小、土壤蒸发量大。尿素是农业生产中最常用的氮肥,当地农民为了获得较高的产量,大量使用尿素,但肥料的使用效率却一直不高,仅有少部分被农作物吸收利用^[1]。同时由于不能高效利用有限灌溉水资源,导致了土壤养分流失,耕层土壤中残留的氮素被淋洗到深层土壤,严重影响了地下水水质安全^[2]。基于以上情况造成的水体与土体环境破坏,限制了作物产量和水肥利用率。因此,在灌区采取科学的水肥管理方法,提升水肥利用效率显得极为重要^[3]。向日葵具有耐受盐渍化且耐土地贫瘠的优势,适宜在河套灌区种植^[4]。目前,当地向日葵的种植过程中氮肥施用量超标,而且关于向日葵生产过程中的合理灌水施氮技术可借鉴的成果甚少。近年来,随着市场经济的宏观调控和农业产业结构的调整,向日葵已经成为内蒙古的重要经济作物之一,是当地农民的重要经济来源^[5]。虽然向日葵种植面积不断增加,但是向日葵的灌溉水利用效率、施肥利用效率及科学施肥技术却没有同步提升。为此,以河套地区主栽的食用型向日葵为研究对象,探讨膜下滴灌条件下不同水氮管理方案对河套灌区向日葵的生长发育、产量及水氮利用效率等的影响,旨在为向日葵高产高效的灌水施肥管理提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

大田试验在内蒙古河套灌区五原县八里桥隆兴昌镇蒙草抗旱研究基地(41°03'03" N, 108°12'13" E, 海拔1 020 m)进行。本区属于中温带大陆性气候,具有日照充足、干燥多风、降水量少的特点。太阳年平均辐射总量641.38 J/cm²,在全国范围内仅次于西藏、青海;全年日照时间3 260 h,年平均气温约6.1 °C,活动积温

收稿日期:2018-03-28

基金项目:内蒙古自治区水利科技重大专项([2014]117)

作者简介:杨黎(1994-),女。硕士研究生,主要从事农田水氮运移研究。E-mail: 572437978@qq.com

通信作者:魏占民(1960-),男。教授,博士生导师,主要从事节水灌溉理论与新技术。E-mail: 675744416@qq.com

3 362.3 °C;无霜期119~138 d。年平均降水量约169 mm,夏秋两季雨水充沛,雨热同季。土壤主要是粉砂壤土和粉土,土壤平均体积质量约为1.50 g/cm³,田间质量持水率约为20.3%,灌溉所用的地下水矿化度为0.916 g/L,地下水pH值为7.82,表层20 cm土壤全氮量1.12 g/kg,硝态氮28.88 mg/kg,铵态氮6.29 mg/kg。

1.2 试验设计

试验共设置3个施氮水平,分别为120 kg/hm²(N1)、160 kg/hm²(N2)和200 kg/hm²(N3)。采用张力计指导灌水,3个全生育期灌溉定额分别为135 mm(W1)、180 mm(W2)和225 mm(W3),单次的灌水定额为22.5 mm,通过调整灌水频率来控制灌溉定额。试验中追施氮肥选用尿素(含N量46%),加水溶于施肥罐后通过小型文丘里施肥器随滴灌带滴入田间,分别于向日葵的现蕾期、开花期、灌浆期施用,施用量均为各施氮总量的10%,其余氮肥作为基肥施入。此外,各处理的磷肥均一次性基施且施用量相同,基肥选取的氮、磷种类分别为磷酸二铵(含N量16%,含P₂O₅量44%)和尿素(含N量46%)。

向日葵品种为当地典型优势作物食葵LD7009,播种日期为5月31日,收获期为9月30日,生育期共123 d。采用1膜2行的常规种植模式,膜宽1 m,株距为55 cm,行距为40 cm,小区面积为120 m²(12 m×10 m),设置3个重复,种植密度约为30 000株/hm²。

试验采用小型文丘里施肥器,滴灌带软管型号为单翼迷宫Φ16 mm,滴头间距30 cm,出水量为3.2 L/h。采用膜下滴灌技术,滴灌带沿作物行向铺设于2行向日葵作物中间,每条滴灌带控制2行向日葵。参照当地习惯,秋浇水采用地下水地面灌溉,灌溉定额约为540 t/hm²。各小区四周用埋深1.2 m的聚乙烯塑料膜隔开,顶部留20 cm,防止各小区间水肥互窜,其他田间管理措施与当地农户管理一致。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 株高与叶面积

分别在向日葵的主要生育期,即现蕾期(0625—0720)、开花期(0721—0815)、灌浆期(0816—0910)和成熟期(0910—0920)进行观测。用卷尺(精度0.1 cm)在每个小区随机选择3株生长状态良好的向日葵测量株高,并用长宽系数法(试验中系数取值为0.75)测量每株向日葵所有叶片面积,并计算叶面积指数。

1.3.2 地上部植株干物质质量与全氮量

于成熟期在每个小区内随机选取长势良好的3株向日葵,并将所取植株样从茎基部与地下部分离,将地上部分各器官剪裁装袋放入烘箱内,在105 °C下杀青30 min,80 °C烘干至质量基本保持不变,用电子天平称各植株地上部质量。以平均值作为各小区植株干物质质量,并以单株质量乘以种植密度换算为小区群体干物质质量。将成熟期向日葵植株干物质样按不同器官分别粉碎,过0.5 mm筛,用H₂SO₄、H₂O₂消煮,消煮液用于养分的测定^[6],全氮量用721型分光光度计测定。

1.3.3 产量

参照《灌溉试验规范》(SL13—2014)^[7],在每个小区随机选取长势均匀的3株向日葵,进行脱粒、自然晾干后测定百粒质量和籽粒产量。

1.3.4 水、氮利用效率

作物生育期总耗水量:

$$ET=P+I+U+\Delta\theta-R-D, \quad (1)$$

式中:ET为作物总耗水量(蒸发蒸腾量)(mm);P为向日葵生长季的降雨量(mm),试验中降水累积量为53.46 mm;I为灌溉水量(mm);U为地下水补给量^[3](mm),通过计算得到生育期地下水补给量为65.23 mm;Δθ为播种时土壤贮水量与收获时土壤贮水量之差(mm);R为地表径流(mm);D为耕层土壤水的渗漏量(mm)。由于滴灌每次灌水量较少,且试验小区土地平坦,故D和R取值为0。

水分利用效率:

$$WUE=Y/ET, \quad (2)$$

式中:WUE为水分利用效率(kg/m³);ET为作物总耗水量(mm)。

灌溉水利用效率:

$$IWUE=Y/I, \quad (3)$$

式中:IWUE为灌溉水利用效率(kg/m³);Y为作物籽粒产量(kg/hm²);I为灌溉水量(mm)。

氮肥利用率=[(施氮区作物吸氮量-不施氮区作物吸氮量)/施氮量]×100%;氮收获指数(NHI)=(籽粒吸

氮量/植株吸氮量)×100%

氮肥回收利用率(NRE)=(施氮区氮累积量-无氮区氮累积量)/肥料投入量×100%

氮肥偏生产力:

$$PFPN=Y/F, \quad (4)$$

式中:PFPN为氮肥偏生产力(kg/kg);F氮肥施用量(kg/hm²)。

植株吸氮量=植株干物质质量×植株地上部含氮量^[8-9]

1.4 数据处理与分析

采用Excel2007进行数据处理,同时采用SPSS20.0进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 灌水施氮处理对向日葵生长的影响

表1为不同水氮处理下向日葵主要生育期的株高、叶面积指数。从表1可以看出,灌水定额为W1时,不同施氮量在现蕾期和开花期对株高的影响差异显著($P<0.01$),其中N3处理显著大于N2处理,N2处理显著大于N1处理,现蕾期N3处理的株高比N1处理高出67.80%,但在灌浆期和成熟期氮肥施用量对株高的影响差异不显著。当灌水定额为W1时,氮肥施用量对LAI的影响在现蕾期、开花期、灌浆期和成熟期4个生长阶段均达到差异显著水平($P<0.01$)。

表1 不同水氮处理组合对向日葵株高与叶面积指数的影响

灌水定额	施氮量	株高/cm				LAI			
		现蕾期	开花期	灌浆期	成熟期	现蕾期	开花期	灌浆期	成熟期
W1	N1	25.03 f	148.85 de	174.58 bc	169.54 cd	0.206 g	2.1 g	3.05 e	3.1 f
	N2	36.59 cd	170.23 abc	187.23 ab	178.4 abc	0.362 e	2.88 e	4.75 c	3.80 e
	N3	42 b	173.56 abc	184.89 ab	178.47 abc	0.45 d	3.44 d	4.09 d	4.01 de
W2	N1	30 e	160.46 cd	177.89 abc	176.68 abc	0.27 f	2.58 f	4.08 d	4.03 de
	N2	34.29 d	168.17 abc	188.33 ab	180.59 ab	0.493 c	3.74 c	5.98 ab	5.3 c
	N3	40.67 b	175.23 ab	180.83 abc	179.46 ab	0.565 b	4.28 ab	5.66 b	5.62 b
W3	N1	37.23 c	165.23 bc	180.12 abc	170.78 bcd	0.5 c	3.04 e	4.32 d	4.15 d
	N2	42.5 b	170.34 abc	192.78 a	189.15 a	0.573 b	4.23 b	6.21 a	6.13 a
	N3	46.01 a	178.32 a	189.31 a	180.45 ab	0.62 a	4.54 a	5.88 ab	5.66 b
W		**	**	n	n	**	**	**	**
N		**	**	**	**	**	**	**	**
W×N		**	**	n	n	**	**	**	**

注 表中*表示差异显著($P<0.05$),**表示差异极显著($P<0.01$),n表示不显著;不同小写字母表示5%水平下差异显著。下同。

向日葵的株高和LAI的变化与灌水量有明显的正相关趋势。不同灌溉定额下,现蕾期和开花期株高和LAI随氮肥施用量的提高而增大;从灌浆期开始,随氮肥施用量的提高,株高的变化趋势转变为先增大后降低。同样地,从灌浆期开始,随着氮肥施用量的提高,LAI的变化趋势转变为先增大后减小,而且随施氮水平的提高其LAI差异在主要生育阶段均达到极显著水平($P<0.01$)。在同一灌溉定额下,灌浆期内株高与LAI达到最大值的处理均为N2处理。

2.2 灌水施氮处理对向日葵干物质积累和产量的影响

表2为不同水氮处理下向日葵收获期的干物质积累量和产量。由表2可知,不同灌水施氮处理下,向日葵籽粒产量变化范围约在6 592.95~8 106.12 kg/hm²之间,其中W3N2处理产量最高,与W2N2处理间差异并不显著,但是与其他水氮处理间存在显著性差异($P<0.05$)。灌水施氮处理组合对向日葵籽粒产量存在极显著影响($P<0.01$)。在W2和W3处理下,随着施氮水平的提高向日葵籽粒产量变化趋势为先增大后减小,并且籽粒产量达到最高的施氮水平为N2处理。但在W1处理时,向日葵籽粒产量随施氮水平提高而增大。与向日葵产量变化情况不同,灌水量、施氮量以及水氮处理组合对向日葵作物的干物质积累量影响差异都达到极显著水平($P<0.01$)。在不同氮肥施用量下,干物质积累量随灌水量的增加而增加,在相同灌溉定额下,干物质积累量也表现为随施氮量的增加而增加。由表2可知,W3N3处理可显著增加花盘径,但同时也增大了无籽径($P<0.05$);在W2N3处理下,显著提高了百粒质量,但与W2N2处理相比较,无显著性差异。综上所述,W2N3和W2N2处理不仅可有效提高产量,而且可降低无籽径的大小。

水氮处理组合对向日葵作物收获指数存在显著影响($P<0.05$),不同施氮量与灌水量处理下,向日葵收获指数的变化范围在0.504~0.603之间,其中W3N3处理最大。在W2处理下,N3处理较N1、N2处理存在显著差异($P<0.05$);在W1处理下,N2和N3处理较N1处理存在显著性差异($P<0.05$)。总体来讲,相同的灌水定额处理下,收获指数与施氮量呈明显的正相关趋势。

表2 不同水氮处理对向日葵干物质积累量和产量的影响

灌水定额	施氮量	花盘径/cm	无籽径/cm	百粒质量/g	干物质质量/(kg·hm ²)	籽粒产量/(kg·hm ²)	收获指数
W1	N1	18.96 ef	4.00 ef	23.00 ef	9 871.3 efg	6 592.95 d	0.537 cd
	N2	20.75 e	3.80 f	24.95 cde	10 727.3 e	6 988.74 cd	0.559 bc
	N3	23.5 d	4.50 bcd	26.80 bc	13 851.2 d	7 535.93 bc	0.564 bc
W2	N1	24.56 cd	4.30 cde	27.68 ab	9 675.35 fg	7 678.94 ab	0.504 de
	N2	26.25 bc	4.80 ab	27.95 a	13 140.1 d	8 025.35 a	0.515 de
	N3	25.25 bc	4.60 abc	28.55 a	14 704.2 c	7 899.56 ab	0.569 ab
W3	N1	25.34 bc	4.20 de	24.39 de	10 368.6 ef	7 799.05 ab	0.543 bcd
	N2	26.89 ab	4.30 de	25.63 cd	15 913.5 b	8 106.12 a	0.589 a
	N3	28.12 a	4.60 bc	27.84 ab	17 114.1 a	7 976.54 ab	0.603 a
W		**	**	**	**	**	**
N		**	**	**	**	**	**
W×N		**	**	**	**	*	*

2.3 灌水施氮处理对向日葵水分利用效率的影响

表3为不同水氮处理下向日葵的水氮利用效率。由表3可知,不同灌水量、施氮量对ET都存在极显著的影响($P<0.01$),表现为明显正相关趋势,不同处理的作物耗水量均随灌水量和施氮量的提高而增加。在W3N3处理时耗水量达到最大,为341.63 mm,与其他处理相比,存在显著差异性($P<0.05$),而且灌水量对向日葵作物的水分利用效率存在极显著影响($P<0.01$)。对于不同的处理组合,向日葵的作物水分利用效率变动范围在2.33~2.61 kg/m³之间。对于不同的灌水定额处理,水分利用效率总体表现为W1处理>W2处理>W3处理,且3个灌水定额处理间差异显著。对于不同的施氮处理,N2处理的水分利用效率达到最大,并且随着施氮水平的提高表现为先增加后减小的变化趋势。以W1N2处理的水分利用效率最高。

表3 不同水氮处理对向日葵水氮利用率的影响

灌水定额	施氮量	总耗水量/mm	水分利用效率/(kg·m ⁻³)	灌溉水利用效率/(kg·m ⁻³)	地上部植株吸氮量/(kg·hm ²)	氮肥偏生产力/(kg·kg ⁻¹)	氮肥利用率/%	氮肥回收利用率/%
W1	N1	261.73 f	2.52 abc	4.88 b	209.87 cd	54.94 b	21.00 e	74.23 a
	N2	268.22 ef	2.61 a	5.18 b	234.57 ab	43.68 d	31.19 a	76.65 a
	N3	292.02 de	2.58 ab	5.58 a	222.43 bc	37.68 e	18.88 f	73.73 a
W2	N1	308.94 cd	2.49 abcd	4.27 c	198.74 de	62.34 a	17.73 g	35.28 e
	N2	320.27 c	2.51 abcd	4.46 c	240.51 a	50.16 c	28.48 b	47.45 d
	N3	325.89 bc	2.42 abcd	4.39 c	235.62 a	39.50 e	25.48 c	52.56 c
W3	N1	329.59 bc	2.37 cd	3.47 d	212.58 cd	64.99 a	23.26 d	53.53 c
	N2	332.52 bc	2.44 bcd	3.60 d	244.29 a	50.66 c	30.84 a	58.4 b
	N3	341.63 b	2.33 d	3.55 d	233.58 ab	39.88 e	24.46 cd	55.00 bc
W		**	**	**	*	**	**	**
N		**	n	**	**	**	**	**
W×N		n	n	**	**	**	**	**

表3同时表明,灌水量、施氮量以及水氮处理组合都对灌溉水利用效率存在极显著影响($P<0.01$),其变化范围在3.47~5.58 kg/m³之间,不同灌水施氮量下的灌溉水利用效率变化规律与水分利用效率的变化规律相似,在W1下达到最大,且与灌水量表现为明显的负相关趋势,不同灌水量之间存在显著性差异。在所有处理组合中,IWUE以W1N3处理最高。在W2、W3灌水水平下,IWUE均以N2处理最大。表3显示,当施氮水平为N2时,若继续提高施氮水平,那么WUE、IWUE不会再有明显的增长趋势;但当灌溉定额为W1时,若提高施氮量,水分利用效率和灌水利用效率会随之提高。

2.4 灌水施氮处理对向日葵作物氮肥吸收利用的影响

表3显示,灌水水平、施氮水平和水氮处理组合对收获期向日葵地上部植株吸氮量都存在极显著的影响($P<0.01$),其中以施氮影响最为显著。随着氮肥施用量的提高,植株吸氮量变化趋势表现为先增大后降

低,其中 N2 处理较大,但其差异较 N3 处理不显著。对于不同的灌水水平,W3 处理会增加植株的吸氮量。对于不同处理组合,吸氮量在 W3N2 处理达到最大值,W2N1 处理最小。表 3 同时表明,水氮处理对向日葵的氮肥偏生产力存在着极显著的影响($P<0.01$)。不同灌水水平比较可知,W3 处理的氮肥偏生产力达到最大值,但与 W2 处理相比,无显著差异。对比不同施氮水平,氮肥偏生产力与施氮量表现为明显的负相关性。从表 3 可以看出,向日葵的氮肥偏生产力在 W3N1 处理达到最大值,其次为 W2N1 处理,二者间差异不显著,但均显著大于其他处理组合($P<0.05$)。

灌水量、施氮量及水氮处理组合对于氮肥利用率都存在极显著的影响($P<0.01$)。同一施氮水平下,不同灌水量之间的氮肥利用率无明显规律;同一灌水水平下,氮肥利用率随着施氮水平的提高表现为先增加后降低的变化趋势,在 N2 处理时氮肥利用率比较高,与其他氮肥施用量比较具有显著差异($P<0.05$)。

3 讨论

水分和氮素是影响向日葵生长发育、养分吸收、籽粒产量的重要因素,在作物生育前期叶片、茎作为营养器官,生物量大量积累,所以现蕾期到开花期水氮交互作用对向日葵株高和叶面积影响均表现为极显著性差异($P<0.01$),这与任中生等^[8]研究的水氮互作对玉米的生长产生的影响为前期大于后期的结果类似,可能因为生育前期营养器官为生长中心,光合产物大部分分配给叶片和茎,满足其生长需要,但在生育后期同化物的分配产生了变化。在向日葵生长前期,提高施氮量可促进向日葵干物质积累和氮素吸收;在生长后期,干物质向花盘和籽实运移,同时生殖器官会吸收大量的氮素。水氮一体化施氮与向日葵氮素吸收存在紧密联系,从而达到增产节氮的目的,但本试验发现,产量与施氮量的关系呈抛物线型,与刘洋等^[10]的研究结果一致,但与游福欣等^[11]研究结果不一致,这可能与地理位置、土壤环境及施氮水平有关。此外,高亚军等^[12]发现,在土壤含水率较低的情况下,增施氮肥可以有效促进作物对水分的吸收利用,达到增产增收的效果,此结论与本试验结果类似。灌水量对作物水氮利用率产生的影响极显著($P<0.01$),水分利用率与灌水量呈现出明显的负相关趋势,在 N2 水平时氮素利用率达到最值。此结论与任中生等^[8]、云文丽等^[13]研究结论相似,随着灌水量的提高,作物的水分利用率降低;随着施氮量的提高,作物的氮素利用率变化趋势为先增加后降低^[14-16]。

4 结论

1)W3N2 处理显著促进了向日葵的株高、叶面积生长,W3N3 处理显著促进了向日葵干物质积累;W1N2 处理的水分利用效率和氮肥利用效率分别达到了 2.61 kg/m³、31.19%,显著大于其他处理;W3N2 处理和 W2N2 处理产量分别达到了 8 106.12 kg/hm²和 8 025.35 kg/hm²,显著高于其他处理产量。

2)W2N2 处理的氮肥利用率与水分利用率比 W1N2 处理降低了 8.69%、3.83%,干物质积累量比 W3N3 处理减少了 23.22%,但是产量仅比 W3N2 处理降低了 0.96%。综合产量、经济效益及土壤环境因子等因素,结合灌区生产传统及气候条件,建议选择 W2N2 处理(灌水量:180 mm,施氮量:160 kg/hm²)作为河套灌区向日葵膜下滴灌条件下适宜的灌施方案。

不同土壤质地、不同土壤盐渍化程度和不同作物品种等因素对试验结果的影响尚未考虑。此外,由于试验条件的限制,影响了灌溉施肥处理的数量,这些将在后续的试验中加以完善,以获得更好的研究结果。

参考文献:

- [1] 李熙婷,田德龙,郭克贞,等.河套灌区地理滴灌对向日葵生长指标和水分利用效率的影响[J].灌溉排水学报,2015,34(7):50-53.
- [2] 曾文治,徐驰,黄介生,等.土壤盐分与施氮量交互作用对葵花生长的影响[J].农业工程学报,2014,30(3):86-94.
- [3] 吴立峰,朱绿丹,段洪浪,等.棉花产量和生长指标对水肥响应关系[J].南昌工程学院学报,2017,36(3):52-57.
- [4] 薛铸,史海滨,郭云,等.盐渍化土壤水肥耦合对向日葵苗期生长影响的试验[J].农业工程学报,2007,23(3):91-94.
- [5] 张君,段玉,赵维国,等.N、P、K 肥对向日葵干物质积累及产量的影响[J].内蒙古农业科技,2013(6):61-63.
- [6] 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,2000:302-316.
- [7] 杜斌.内蒙古河套灌区典型作物不同水质膜下滴灌灌溉制度研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2015.
- [8] 任中生,屈忠义,李哲,等.水氮互作对河套灌区膜下滴灌玉米产量与水氮利用的影响[J].水土保持学报,2016,30(5):149-155.
- [9] 於琰,于强,罗毅,等.水分胁迫对冬小麦物质分配及产量构成的影响[J].地理科学进展,2004(1):105-112.
- [10] 刘洋,栗岩峰,李久生.东北黑土区膜下滴灌施氮管理对玉米生长和产量的影响[J].水利学报,2014,45(5):529-536.

- [11] 游福欣, 王向阳, 王宗杰, 等. 夏玉米最佳施氮量研究[J]. 安徽农业科学, 2005(5):765-766.
- [12] 高亚军, 李生秀, 田霄鸿, 等. 不同供肥条件下水分分配对旱地玉米产量的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(3):415-422.
- [13] 云文丽, 李建军, 侯琼. 土壤水分对向日葵生长状况的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(2):186-190.
- [14] 王海东, 张富仓, 吴立峰, 等. 滴灌施肥量对棉花生长、养分吸收及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(4):98-104,250.
- [15] 马婷婷, 薛娴, 黄翠华, 等. 咸水膜下滴灌频率对土壤表层水盐环境的影响[J]. 灌溉排水学报, 2017, 36(8):32-38.
- [16] 陈绍民, 张胜江, 曹伟. 不同灌溉方式对土壤水分及棉花光合特性的影响分析[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(6):26-30.

Growth and Water-nitrogen Use Efficiency of Sunflower under Mulched Drip Fertigation with Different Water-nitrogen Ratios

YANG Li, WEI Zhanmin*, XU Dawei, SU Tingting, ZHANG Jinding

(Water Conservancy and Civil Engineering College, Agricultural University of the Inner Mongolia, Hohhot 010018, China)

Abstract: **【Objective】**The overarching objective of this paper is to present the results of an experimental study on the combined effect of water and nitrogen on development of sunflower and its water and nitrogen use efficiency under drip fertigation. **【Method】**The experiment was conducted in Hetao Irrigation District. We studied three irrigation levels: 135 mm (W1), 180 mm (W2) and 225 mm (W3), and three nitrogen levels: 120 kg/hm² (N1), 160 kg/hm² (N2) and 200 kg/hm² (N3). In each treatment, we used tension meter to determine the timing and the amount of irrigation. **【Result】**Nitrogen application had a significant impact on plant height and leaf area index (*LAI*) at both grain filling stage and maturity stage ($P<0.01$), and water and nitrogen application combined to significantly affect the dry matter accumulation ($P<0.01$). Under W2 and W3, the grain yield increased first followed by decline with the increase in nitrogen application, while under W1, grain yield monotonically increased with nitrogen application. The harvest index in all treatments varied from 0.476 to 0.603, and water use efficiency was between 1.49 and 2.61 kg/m³. With the increase in nitrogen application, the nitrogen taken up by plant increased first followed by a decline after reaching a peak. **【Conclusion】**The results showed that the combination of W2+N2 was the best fertigation for sunflower in the studied region.

Key words: mulched drip irrigation; water-nitrogen ratio; water and nitrogen utilization efficiency; sunflower

责任编辑:白芳芳