文章编号:1000-7601(2016)01-0061-05 doi:10.7606/j.issn.1000-7601.2016.01.10

水氮耦合对滴灌复播油葵生长及产量的影响

权丽双[1,2],王振华[1,2],郑旭荣[1,2],裴 磊[1,2]
(1.石河子大学水利建筑工程学院,新疆 石河子 832000;
2.石河子大学现代节水灌溉兵团重点实验室,新疆 石河子 832000)

摘 要:为了解水氮耦合对新疆北部石河子地区滴灌复播油葵生长和产量的影响,以大田试验为基础,结合室内试验,以当地油葵主栽早熟品种"新葵杂五号"为供试材料,在滴灌条件下进行水氮两因素三水平完全处理小区试验。结果表明:在灌水 3 000 $m^3 \cdot hm^{-2}$、纯施氮 232 $kg \cdot hm^{-2}$水氮组合下,滴灌复播油葵的叶面积最大,株高在营养生长阶段最高,盘径、茎粗及干物质量均最大;结实率水平、单盘粒重、千粒重和产量均最高,分别为 96.97%、112.96 g、73.89 g 和 3 597 $kg \cdot hm^{-2}$。以滴灌复播油葵产量为追求目标,综合考虑水氮耦合对其生长的影响,试验所在地区复播油葵建议的适宜灌溉定额及氮肥追施量分别为 3 000 $m^3 \cdot hm^{-2}$、232 $kg \cdot hm^{-2}$。

关键词:油葵;滴灌复播;水氮耦合;生长;产量
中图分类号:S275.6;S565.5 **文献标志码**:A

Effects of water-nitrogen coupling on the growth and yield of oil sunflower in a drip-irrigated multiple cropping system

QUAN Li-shuang[1,2], WANG Zhen-hua[1,2], ZHENG Xu-rong[1,2], PEI Lei[1,2]
(1. *College of Water & Architectural Engineering, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang* 832000, *China*;
2. *Key Laboratory of Modern Water – Saving Irrigation of Xinjiang Production & Construction Group, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang* 832000, *China*)

Abstract: In this study, both a field experiment and a lab investigation were conducted to examine the effects of water-nitrogen coupling on the growth and yield of oil sunflower in a drip-irrigated multiple cropping system in the Shihezi region of Northern Xinjiang. Xinkuiza No.5, an early-maturing variety commonly cultivated in the region, was used under drip-irrigated condition in a plot experiment that was completely randomized with two-factor (water and nitrogen) and three-level treatments. The results showed that with the water-nitrogen combination treatment of 3 000 m^3 water per hm^2 and 232 kg nitrogen per hm^2, the maximum leaf area was achieved. The largest plant height was achieved during the vegetative growth stage. The largest head diameter and stem diameter and the highest amount of dry matter were also achieved. The highest seed setting rate, grain weight per head, thousand kernel weight and yield reached 96.97%, 112.96 g, 73.89 g and 3 597 $kg \cdot hm^{-2}$, respectively. Based on the effects of water-nitrogen coupling on the growth of drip-irrigated oil sunflower in a multiple cropping system, water and nitrogen fertilizer were recommended to be applied in the amounts of 3 000 $m^3 \cdot hm^{-2}$ and 232 $kg \cdot hm^{-2}$, respectively in the Shihezi region to obtain the highest yield.

Keywords: oil sunflower; drip-irrigated multiple cropping; water-nitrogen coupling; growth; yield

油葵是世界广泛种植的四大油料作物之一。多年来,油葵杂交种因其植株整齐一致、高产、高油、综合性状好、籽粒品质均匀等多方面的优点而深受种植户和油脂加工企业的欢迎,在我国多个省区市得到广泛种植[1]。在新疆,油葵是最主要的油料作物,近几年每年种植 13 ~ 17 万 hm^2,占新疆油料作物种植面积的 60% 以上,占新疆农作物总种植面积的 3.5%左右[2]。近年来,对油葵的研究比较活跃,邓力群,刘兆普等[3]研究表明施用氮肥对油葵有明显的增产效应。葛宇,何新林等[4]在 2012 年通过研究

收稿日期:2015-01-09
基金项目:国家科技支撑计划项目(2011BAD29B06)
作者简介:权丽双(1990—),女,吉林洮南人,硕士研究生,研究方向为绿洲农业水资源高效利用与优化配置。E-mail:13139939162@163.com。
通信作者:郑旭荣(1961—),男,教授,硕士生导师,主要从事干旱区节水灌溉理论与技术研究。E-mail:zhengxurong@126.com。

不同滴灌灌水量下的复播油葵耗水特性,初步得出滴灌油葵适宜的灌溉定额范围为 285.19 ~ 287.67 mm。王振华,郑旭荣等[5]研究了滴灌对北疆复播油葵耗水和生长的影响效应,表明复播油葵现蕾期和开花期两个生育期的耗水量占全生育期耗水量的比例超过 57%,是油葵生长过程中的两个需水关键期,滴灌复播油葵节水灌溉制度为:灌溉定额 286 mm。由以上研究可以说明水和氮素是影响复播油葵生长及产量的两个重要因素,但是对于两者的相互作用对油葵的效应研究却比较少,并且前人的研究大多集中于春播油葵,得出的研究成果对于复播油葵的借鉴性较小。因此本文旨在通过探讨水氮对复播油葵的生长及产量的耦合作用,从而科学合理地确定氮肥的最适投入量和最适灌溉量,为干旱区复播油葵节水灌溉高产施肥技术提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2014 年 7 月中旬在现代节水灌溉兵团重点实验室试验基地暨石河子大学节水灌溉试验站进行。试验站位于石河子市西郊石河子大学农业试验场二连,东经 85°59′47″,北纬 44°19′28″,海拔 412 m,平均地面坡度为 6‰。年均日照时间为 2 865 h,多年平均降雨量为 207 mm,平均蒸发量为 1 660 mm,其中 > 10℃积温为 3 463.5℃, > 15℃积温为 2 960.0℃,无霜期为 170 d。年平均风速为 1.5 $m \cdot s^{-1}$,静风占 32%,偏南风占 22%,偏北风占 15%,偏东风占 14%,偏西风 17%。试验小区面积 0.06 hm^2,试验田地下水埋深 5 m 以下,土壤质地为中壤土,0 ~ 120 cm 土壤平均干容重为 1.53 $g \cdot cm^{-3}$,田间持水量为 31.62%(体积百分比)。物理粘粒含量(粒径 < 0.01 mm)大于 20%。

1.2 试验方法

试验选取当地油葵主栽早熟品种“新葵杂五号”,7 月 5 日播种,播种深度 3 ~ 4 cm,播种方式采用一管一行,株距 25 cm,行距 60 cm,毛管间距 60 cm,油葵行与毛管间距 5 cm。试验共设 9 个处理,每个处理 3 个重复,试验小区面积为 83.7 m^2(18.6 m × 4.5 m)。每个处理单独设置施肥罐,滴灌带选用新疆天业(集团)有限公司生产的单翼迷宫式滴灌带,外径 16 mm,壁厚 0.3 mm,滴头间距为 30 cm,供水系统以水泵加压,管道前部装设有压力表监测管道内水压力,支管闸阀开闭程度调节控制管道内压力至 0.06 MPa,此时滴头流量在 1.2 $L \cdot h^{-1}$左右。

试验采用滴灌水、氮二因素三水平完全处理,氮素控制肥料为尿素($CO(NH_2)_2$)(含 N:46.4%)。设尿素 3 个水平:350、500 $kg \cdot hm^{-2}$和 650 $kg \cdot hm^{-2}$;灌水 3 个水平:灌溉定额分别为 2 100、3 000 $m^3 \cdot hm^{-2}$和 3 900 $m^3 \cdot hm^{-2}$,灌水定额分别为 350、500 $m^3 \cdot hm^{-2}$和 650 $m^3 \cdot hm^{-2}$,灌水次数均为 6 次。磷、钾肥以磷酸二氢钾(KH_2PO_4)(含 P_2O_5:51.5%)形式作基肥在苗期一次施入,各处理均为 165 $kg \cdot hm^{-2}$。各处理灌水、施肥具体如下:P1(2 100 $m^3 \cdot hm^{-2}$、350 $kg \cdot hm^{-2}$)、P2(2 100 $m^3 \cdot hm^{-2}$、500 $kg \cdot hm^{-2}$)、P3(2 100 $m^3 \cdot hm^{-2}$、650 $kg \cdot hm^{-2}$)、P4(3 000 $m^3 \cdot hm^{-2}$、350 $kg \cdot hm^{-2}$)、P5(3 000 $m^3 \cdot hm^{-2}$、500 $kg \cdot hm^{-2}$)、P6(3 000 $m^3 \cdot hm^{-2}$、650 $kg \cdot hm^{-2}$)、P7(3 900 $m^3 \cdot hm^{-2}$、350 $kg \cdot hm^{-2}$)、P8(3 900 $m^3 \cdot hm^{-2}$、500 $kg \cdot hm^{-2}$)、P9(3 900 $m^3 \cdot hm^{-2}$、650 $kg \cdot hm^{-2}$)。随水施肥,各生育期灌水和施肥情况如表 1 所示。

表 1 复播油葵各生育期灌水及施肥处理

Table 1 Irrigation and fertilization treatments on multiple cropping oil sunflower at different growth stages

项目 Items	苗期 Seedling stage	现蕾期 Squaring stage	开花期 Blossom period	灌浆期 Filling stage	成熟期 Mature period	全生育期 Whole growth period
灌水次数 Irrigation times	1	2	2	1		6
施肥次数 Fertilization times		2	2	1		5
尿素比例 Proportion of urea/%		50	25	25		100

1.3 测定项目及方法

1.3.1 生长指标测定 株高:每个处理选取长势均匀的 3 株植株,从苗期开始从子叶测量到顶端发芽的位置(现蕾前),现蕾后从第一片子叶到蕾下端,每隔 6 天对所取植株观测一次。

叶面积:每个处理选取长势均匀的 3 株植株,对所选测株高的植株,在不破坏作物生长的状况下用直尺对叶片一片一片进行测量,叶长为从叶片基部到叶尖,叶宽为叶片最宽处,累计算出每株叶面积,每隔 6 天对所取植株观测一次。

油葵单叶面积(cm^2) = 叶长(cm) × 叶宽(cm) × 0.65[6];

单株叶面积(cm^2) = 全株叶面积之和。

干物质量:采用烘干法,每个处理选取长势均匀

的 3 株植株,割取地上部分,把叶片、茎秆、盘(现蕾后)分别装入有标记的信封中,然后放入烘箱中,进行 105℃杀青 1 h,调至 80℃烘干至恒重,冷却称重,每隔 12 天测定一次。

茎粗、盘径、叶片数:成熟期,每个处理选取长势均匀的 3 株植株,以游标卡尺测量离地面 30 cm 处茎秆直径,直接数取单株总叶片数,以米尺测量果盘直径,计算各项平均值。

1.3.2　产量测定　单头籽粒重、千粒重、结实率:收获时,每小区随机取中间行 5 头测定单头籽粒重、单头籽粒数、空瘪籽粒数、千粒重,计算结实率;结实率(%) = 单头籽粒数/(单头籽粒数 + 空瘪籽粒数)。

理论产量:成熟期,在每个小区取 1 m × 1 m 的 3 个测点统计样段内的总盘数,折算出每公顷盘数,每个测点顺序取 20 个花盘脱粒、晒干,求得单位面积产量,继而求出理论产量;产量($kg \cdot hm^{-2}$) = 20 株平均籽粒重量(g) × 密度 × 0.8 × 15/20 000。

2　结果与分析

2.1　水氮耦合对油葵生长的影响

油葵生长的优劣情况,直接反映了油葵植株在不同水氮组合下对水分和氮素的吸收利用情况,间接地影响油葵的产量。

2.1.1　水氮耦合对油葵叶面积变化的影响　由图 1 可以看出,油葵叶面积在不同水氮组合下均随生育进程推进呈先上升后下降的趋势,在生长初期叶面积较小,随着作物的生长,叶片数量的增加和单个叶片面积的增加,叶面积增加,在开花期达到最大,而后叶片从底部逐渐枯黄脱落,叶面积衰退,到成熟期最小。但不同水氮组合之间存有差异,其中 P2(低水中氮),P3(低水高氮),P8(高水中氮)和 P9(高水高氮)相差不大,叶面积都很小,叶片凋零速度适中。P1(低水低氮)和 P6(中水高氮)的叶面积变化趋势较为明显,P1 是因为水和氮供应不足,叶片枯萎速度很快;P6 则是由于水分不足以完全运输肥料,致使叶面积下降速度很快。P5(中水中氮),P4(中水低氮)和 P7(高水低氮)比其他处理的叶面积大,其中 P5 叶面积最大,生长前期,水氮供应适中,植株叶面积增长速度很快,且叶面积很大,后期将营养逐渐转化到盘上,叶片开始脱落,叶面积逐渐减少。

2.1.2　水氮耦合对油葵株高变化的影响　图 2 显示,油葵株高在不同水氮组合下随生育进程推进均呈现先增长后稳定的趋势,开花期之前,由于油葵处于营养生长时期,植株的生长变化呈明显上升趋势,开花期之后,作物处于生殖生长阶段,进行干物质的积累,生殖生长减缓,因此变化平缓,达到基本稳定状态。其中 P5 处理的变化趋势最好,在营养生长阶段,株高的增长速度很快,且相对其他处理较高,在生殖生长阶段,将植株的营养逐步转化到油葵籽粒及干物质积累上,致使生长变为缓慢,处于其他处理中间。P7 和 P9 的株高值较大,说明施肥过少和灌水过多皆会抑制植株对养分的吸收,致使在生殖生长阶段,植株不能很好地将体内的营养转移到籽粒和干物质积累上,这将对油葵的产量造成不利的影响。

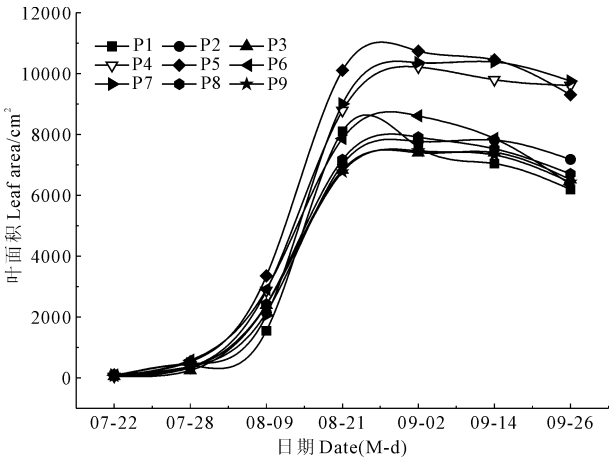

图 1　不同水氮组合下叶面积的变化

Fig.1　Changes of leaf area by different combinations of water and nitrogen

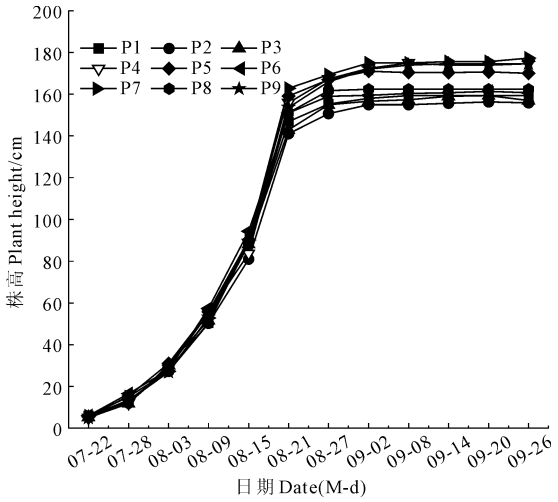

图 2　不同水氮组合下株高的变化

Fig.2　Changes of plant heights by different combinations of water and nitrogen

2.1.3　不同水氮耦合对油葵干物质量积累的影响　图 3 为干物质量随生育进程推进的积累变化曲线,试验结果表明,不同水氮组合的干物质积累变化均呈现“慢 – 快 – 慢”的“S”型曲线,在苗期和花期,

植株吸收的养分主要用于营养生长,因此干物质积累量增长缓慢;在现蕾期,干物质量积累速率加快,在此阶段,营养生长逐渐结束,生殖生长处于初始阶段,植株吸收的养分主要用于自身的积累;开花期以后,生殖生长速度加快,干物质向盘和籽粒转移[7-10],并伴随着叶子的脱落[11-12],干物质量积累速率逐渐减慢。不同水氮组合的干物质量差异在现蕾期前很小,在现蕾期后逐渐明显,P5,P4 和 P7 的干物质积累速率较其他处理快且积累量较大,其他处理之间差异不大,其中 P5 的积累速率最快,干物质积累量最大,说明在此水氮组合下,油葵植株吸收的养分最充足,生长发育最好。

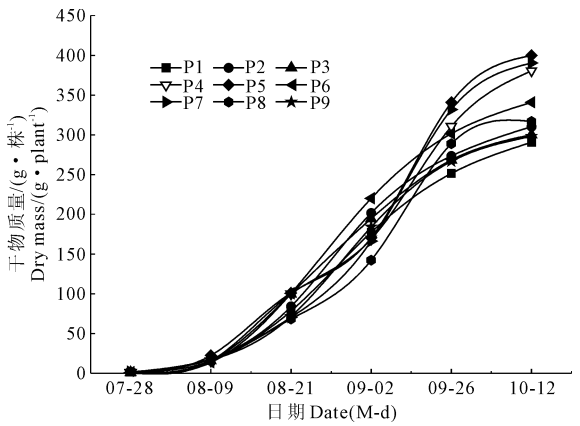

图 3 不同水氮组合下干物质积累动态的变化

Fig.3 Dynamic changes of dry matter accumulation by different combinations of water and nitrogen

2.1.4 水氮耦合对油葵茎粗、盘径、叶片数的影响 试验结果表明,不同水氮组合的茎粗(表 2)和盘径(表 2)差异显著,叶片数(表 2)有差异但并不显著。P6 和 P3 的茎粗最小,说明灌水过少达不到输送养分的效果;P8 的茎粗较小,盘径最小,说明灌水太多会抑制植株对养分的吸收;P2 和 P4 的盘径不大,说明水肥配比不合理,不能使作物良好发育;P1 和 P9 次之,P3 和 P7 较小,说明水肥双因素过多或过少和水肥单因素过多或过少均不利于作物的生长。P1,P2 和 P3(低水)的叶片数最少,说明灌水过少会加速叶片的凋零;P7, P8 和 P9(高水)的叶片数较少,说明灌水过多,植株体内含水量过多,随着温度的降低,同样会加速叶片的凋零; P5 的茎粗和盘径最大且叶片数最多,说明合理的水肥配比,最有利于作物的生长。

2.2 水氮耦合对油葵产量性状及产量的影响

2.2.1 水氮耦合对油葵结实率的影响 试验结果表明(表 3),适当增施氮肥可以提高油葵的结实率水平,但当施氮量和灌水量不能达成良好的配合比时,结实率水平反而降低。主要表现在低水条件下,随着氮肥的增施,结实率水平增高,但在中水和高水条件下,氮肥的减施和增施反而降低结实率水平。P5 的结实率水平显著最高,达到 96.97%。

表 2 不同水氮组合下滴灌复播油葵的茎粗、盘径和叶片数

Table 2 Stem diameters, disc diameters and the numbers of leaves by different water and nitrogen combinations

处理 Treatments	茎粗/cm Stem diameter	盘径/cm Disc diameter	叶片数 The number of leaves
P1	8.13a	21.22ab	27.00a
P2	8.47ab	22.33abc	27.00a
P3	8.03a	20.67a	27.00a
P4	8.83b	22.56cd	29.00a
P5	9.50c	24.22bcd	30.00a
P6	7.93a	19.67a	29.00a
P7	9.07bc	20.78a	28.00a
P8	9.03abc	19.33a	28.00a
P9	8.47ab	21.78ab	28.00a

注:不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,下同。

Note: Different lowercase letters represent significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2.2 水氮耦合对油葵单盘粒重和千粒重的影响 试验结果表明,水、氮双因子对单盘粒重(表 3)和千粒重(表 3)影响显著,表现在同一灌水量水平下,适当增施氮肥可以提高单盘粒重和千粒重,但当增施氮量过多时反而降低。施用不同配比的水氮对单盘粒重和千粒重有明显的促进作用,在各水氮组合中,以 P5 的单盘粒重和千粒重最高,为 112.96 g 和 73.89 g;其次是 P2,为 106.35 g 和 69.78 g;最低的是 P7,只有 85.00 g 和 60.02 g。说明为提高单盘粒重和千粒重,要充分考虑多因子的表现,使灌水施肥措施更加合理有效。

表 3 不同水氮组合下滴灌复播油葵的产量指标

Table 3 Yield indexes by different water and nitrogen combinations

处理 Treatments	结实率/% Setting rate	单盘粒重/g Single disc grain weight	千粒重/g 1000-grain weight	产量/(kg·hm⁻²) Yield
P1	91.70a	87.51a	60.89a	2783a
P2	92.83a	106.35cd	69.78bc	3386bc
P3	94.20bc	94.72bc	65.31abc	3013ab
P4	92.40a	96.35bc	69.17bc	3066ab
P5	96.97cd	112.96d	73.89d	3597c
P6	93.00ab	88.62ab	61.94a	2818a
P7	92.13a	85.00a	60.02a	2720a
P8	93.67ab	87.12a	63.84ab	2770a
P9	91.87a	89.29ab	62.92ab	2840a

2.2.3 水氮耦合对油葵产量的影响 试验结果表明(表 3),不同水氮组合的产量同单盘粒重和千粒

重的表现一致,水、氮双因子对产量影响显著,在同一灌水量水平下,适当增施氮肥可以提高油葵的产量,但当增施氮量过多时反而降低。不同水氮组合的产量差异显著,P5 的产量最高,为 3 597 kg·hm^{-2},以产量为追求目标,最佳水氮组合为 P5。

3　讨　论

水氮耦合对滴灌复播油葵生长的影响主要体现在叶面积、株高、干物质量、盘径、茎粗、叶片数等在不同水氮组合下的差异。在油葵生长发育的过程中,叶面积的大小至关重要,叶片是作物的主要光合器官,绿叶面积是决定光合产量的一个重要指标[13],叶片的生长脱落速率也是影响其生长发育的关键因素,叶片脱落的过早,脱落速率过快,油葵的营养生长阶段过早结束,使油葵的盘不能完全吸收养分,则影响油葵籽粒的形成;叶片脱落的过晚,脱落速率过慢,不能将植株上的养分完全地转移到油葵的盘和籽粒上,同样影响油葵的产量。株高是油葵生长发育状况的首要指标,其生长变化直接影响着油葵的种植密度配置及光能利用率[14]。干物质量积累是植株营养累积的重要体现形式,干物质的积累量直接显示了油葵在不同水氮组合下对氮素的吸收利用情况,并且不同生育期的干物质量可以反映出同化物向油葵籽粒的运转能力[15]。油葵的茎粗、盘径和叶片数是油葵生长发育状况、是否高产的重要显示指标,茎粗是影响油葵在生长发育过程中吸收养分和水分能力的关键因素;盘径的大小则直接决定了油葵的单盘粒重;成熟期的叶片数是植株叶片脱落情况的最终表现。

水氮耦合对滴灌复播油葵产量的影响主要体现在结实率、单盘粒重、千粒重等。不同配比的水氮决定着油葵的产量,根据肥随水走的原理,水分灌入量过多,氮素施入量过少,一方面,氮素的施入量不能满足油葵的需求,另一方面,过多的灌水量将氮素带走,向土壤运移,两项作用之下,致使油葵需氮量不足;水分灌入量过少,氮素施入量过多,一则,灌水量不满足油葵对水量的需求量,二则,灌水量不满足充分运移氮素的要求,多余的氮素积累在土壤里,不能被植株吸收利用,同样,两者作用之下,导致油葵对水分和养分的需求不能达到要求;水分灌入量适中,氮素施入量适中,水分氮素能够形成良好的配合比,水分可以充分运移氮素,氮素可以促进植株对水分的吸收。水分和养分直接影响着油葵的结实率、单盘粒重和千粒重,养分或水分不足,导致油葵的结实率低下,单盘粒重和千粒重偏低,只有在水分和养分最优的条件下,才能生长发育良好,最终籽粒饱满,结实率、单盘粒重和千粒重高,获得高产。

4　结　论

在灌水 3 000 m^3·hm^{-2}、纯施氮 232 kg·hm^{-2}水氮组合下,滴灌复播油葵的叶面积最大,株高在营养生长阶段最高,干物质量最大,盘径、茎粗最大,叶片数最多;结实率、单盘粒重、千粒重和产量均最高,分别为 96.97%、112.96 g、73.89 g 和 3597 kg·hm^{-2}。滴灌复播油葵以产量为追求目标,综合考虑水氮耦合对植株生长的影响,本试验的最佳水氮组合为灌水量 3 000 m^3·hm^{-2},纯施氮量 232 kg·hm^{-2}。

参 考 文 献:

[1] 刘公社.向日葵研究与开发[M].北京:中国科学技术出版社,1994,78-85.

[2] 新疆维吾尔自治区统计局.新疆统计年鉴[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,2012.

[3] 邓力群,刘兆普,沈其荣,等.不同施氮水平对滨海盐土上油葵产量与品质的影响[J].土壤肥料,2002,(6):24-28.

[4] 葛　宇,何新林,王振华,等.滴灌灌水量对复播油葵耗水特性和产量的影响[J].灌溉排水学报,2012,31(3):111-113.

[5] 王振华,郑旭荣,宋常吉.滴灌对北疆复播油葵耗水和生长的影响效应[J].核农学报,2014,28(5):0919-0928.

[6] 陈建忠.向日葵叶面积调整系数[J].中国油料作物学报,1984,(1):70-72.

[7] 阎翠萍,张　虎,王建军,等.沟谷地春玉米干物质积累、分配与转移规律的研究[J].玉米科学,2002,10(1):67-71.

[8] Arduini I, Masoni A, Ercoli L, et al. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate[J]. European Journal of Agronomy, 2006, 25:309-318.

[9] Yang J C, Zhang J H, Huang Z L, et al. Remobilization of carbon reserves is improved by controlled soil-drying during grain filling of wheat [J]. Crop Science, 2000,40:1645-1655.

[10] Pereira M L, Berney A, Hall A J, et al. Contribution of pre-anthesis photoassimilates to grain yield: Its relationship with yield in argentine sunflower cultivars released between 1930 and 1995[J]. Field Crops Research, 2008,105:88-96.

[11] Pommel B, Gallais A, Coque M, et al. Carbon and nitrogen allocation and grain filling in three maize hybrids differing in leaf senescence[J]. European Journal of Agronomy, 2006,24:203-211.

[12] Zhu G X, Midmore D J, Radford B J, et al. Effect of timing of defoliation on wheat (*Triticum aestivum*) in central queensland: 1. Crop response and yield[J]. Field Crops Research, 2004,88:211-226.

[13] 王冀川,段黄金,徐雅丽,等.种植密度对油葵单株和群体效应的影响[J].塔里木农垦大学学报,2002,14(2):9-11.

[14] 宋长吉.北疆滴灌复播作物需水规律及灌溉制度研究[D].石河子:石河子大学,2013.

[15] 张凤华,朱志新,丁天云,等.不同生态型复播油葵生育规律的研究[J].中国油料作物学报,2002,24(3):37-40.