

# 滴灌量对北疆复播大豆耗水特性及干物质积累、转运的影响

张永强, 张娜, 李亚杰, 彭姜龙, 苏丽丽, 徐文修

(新疆农业大学 农学院, 乌鲁木齐 830052)

**摘要:**为北疆麦后复播大豆高产、节水栽培提供理论依据。在大田滴灌条件下,采用单因子随机区组试验设计,研究了不同滴灌量(3 000, 3 600, 4 200, 4 800 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 分别用 W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>, W<sub>3</sub>, W<sub>4</sub> 表示)对复播大豆耗水特性及干物质积累、转运的影响。结果表明,随着滴灌量的增加,复播大豆各生育时期 0—60 cm 土层土壤含水量均呈增大趋势,且处理间 0—40 cm 土层中土壤含水量差异较大,而 40—60 cm 土层的差异较小;总耗水量增加,土壤贮水消耗量明显减少。不同处理复播大豆全生育期单株干物质均呈“S”型变化趋势;干物质最大积累速率(V<sub>m</sub>)、快增期持续时间(Δt)及干物质总量均以 W<sub>3</sub> 处理最高;花前、花后的干物质转运量与籽粒产量均呈正相关关系,但花后干物质转运对产量的影响较大,各处理花后同化物转运量、转运率及对籽粒贡献率均表现为:W<sub>3</sub>>W<sub>4</sub>>W<sub>2</sub>>W<sub>1</sub>。产量以 W<sub>3</sub> 处理最高,达 3 741.23 kg/hm<sup>2</sup>,较 W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub> 和 W<sub>4</sub> 分别高出 30.42%, 13.98%, 8.44%, 差异显著(p<0.05)。各处理水分利用效率表现为:W<sub>3</sub>>W<sub>4</sub>>W<sub>2</sub>>W<sub>1</sub>;灌溉水利用效率(IWUE)在 W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>, W<sub>3</sub> 处理间差异不显著,但均显著高于 W<sub>4</sub> 处理。

**关键词:**滴灌量;复播大豆;耗水特性;干物质积累与转运

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)02-0111-06

## Effect of Drip Irrigation Amount on Water Consumption Characteristics and Dry Matter Accumulation and Transformation of Summer Soybean in North Xinjiang

ZHANG Yongqiang, ZHANG Na, LI Yajie, PENG Jianglong, SU Lili, XU Wenxiu

(College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

**Abstract:** The field experiment was conducted by setting four drip irrigation treatments including 3 000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> (W<sub>1</sub>), 3 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> (W<sub>2</sub>), 4 200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> (W<sub>3</sub>) and 4 800 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> (W<sub>4</sub>) to study the effects of different drip irrigation on water consumption characteristics, dry matter accumulation and transformation of summer soybean following randomized block design. The results showed that with the increase of drip irrigation quantities, the water content in 0—60 cm soil layer increased greatly at each growth stage of summer soybean, and the differences of soil moisture in 0—40 cm soil layer was more obviously, but little difference was observed in 40—60 cm soil layer. However, stored soil water consumption decreased while the total water consumption increased. The dry matter accumulation showed the S-shaped curve; treatment W<sub>3</sub> had the best of the continued days of dry matter rapid accumulation(Δt), the maximum increase rate of dry matter(V<sub>m</sub>) and the total dry matter accumulation. Results from correlation and regression analysis methods indicated that there were positive correlations between yield and dry matter translocation before and after anthesis, especially the dry matter translocation after anthesis had the significant contribution to yield, in addition, all of the dry matter translocation after anthesis, its ration and contribution to grains decreased in the order: W<sub>3</sub>>W<sub>4</sub>>W<sub>2</sub>>W<sub>1</sub>. The treatment W<sub>3</sub> had the highest yield of 3 741.23 kg/hm<sup>2</sup>, which was 30.42%, 13.98% and 8.44% higher than the other treatments, respectively, reaching the significant difference level (p<0.05). Water use efficiency decreased in the order: W<sub>3</sub>>W<sub>4</sub>>W<sub>2</sub>>W<sub>1</sub>, the irrigation water use efficiency had no significant difference between treatment W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub> and W<sub>3</sub>, but all of them were higher than treatment W<sub>4</sub>.

**Keywords:** drip irrigation quantities; summer soybean; water consumption characteristics; dry matter accumulation and transformation

收稿日期:2015-03-23

修回日期:2015-04-10

资助项目:国家自然科学基金项目(31260312);农业部公益性行业专项(201103001)

第一作者:张永强(1988—),男,河南平舆人,研究生,主要从事绿洲农业制度研究。E-mail:zyq988@yeah.net

通信作者:徐文修(1962—),女,河北蠡县人,教授,博士生导师,主要从事高效农业制度与农业生态研究工作。E-mail:xjxwx@sina.com

新疆地处亚欧大陆腹地,气候干燥,降雨稀少,蒸发强烈,水资源匮乏,是我国典型的绿洲灌溉农业区,92.4%的耕地为灌溉农业,没有水就没有新疆的农业<sup>[1]</sup>。然而新疆农业灌溉用水浪费很大,水分利用效率低,节水潜力巨大。因此,如何利用有限的水资源,提高作物产量和水分利用效率是发展干旱绿洲区节水农业的关键<sup>[2]</sup>。滴灌作为一种先进的节水灌溉技术,可根据作物需水规律,将水分和养分均匀持续地运送到植株根部,最大限度地降低了土壤水分渗漏和农业用水的浪费,可有效缓解水资源不足与农业用水利用率不高的矛盾<sup>[3]</sup>,其水分利用效率显著高于漫灌<sup>[3-4]</sup>。近年来,在全球气候急剧变化和温室效应剧增的背景下,北疆地区秋季气温也明显增高、初霜期有所推迟,使该区一年两熟高产成为了可能<sup>[5]</sup>。小麦是新疆播种面积最大的粮食作物,在其6月底7月初收获后仍有较多的光热资源可以进行复播大豆<sup>[6]</sup>,仅北疆复播大豆种植面积在3.33万hm<sup>2</sup>左右<sup>[7]</sup>,但小麦收获后正逢棉花、春播玉米等作物需水高峰期,麦后复播大豆无疑会加重农业用水的紧张。因此,探索复播大豆的节水高产高效栽培技术,对北疆麦后复播大豆的大面积推广具有重要现实意义。

大豆是一种需水量较多的作物,每形成1g干物质,需要消耗水600~800g,生产1kg大豆籽粒,耗水量达2t左右<sup>[8]</sup>,因此,水分多少会直接影响大豆的干物质积累及产量的形成。前人研究表明,大豆在花荚期对水分最为敏感,但不同时期的土壤水分胁迫对大豆植株生长都有一定影响<sup>[9-10]</sup>。王培武等<sup>[11]</sup>研究表明不同灌水量会对大豆的干物质生产总量及根、茎、叶、荚各部分的干物质生产造成影响。毛洪霞<sup>[12]</sup>研究认为,不同水分处理对大豆植株干物质的积累差异显著,低灌水量不利于大豆植株干物质的积累。但这些研究基本建立在常规灌溉的基础上,对于滴灌大豆耗水特性及干物质积累分配的研究较少,尤其在生育期较短的复播大豆上的研究更是鲜有报道。为此,本试验在滴灌条件下,通过设置不同的滴灌量,研究不同滴灌量处理下复播大豆耗水特性及干物质积累分配的变化规律,以期探求出复播大豆获得节水、高产的最佳滴灌量,为北疆复播大豆栽培提供理论依据和技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于2013年7—10月在伊犁哈萨克自治州伊宁县农业科技示范园进行。该区位于天山西段,伊犁河谷中部,地理坐标为81°13′40″—82°42′20″E,43°35′10″—44°29′30″N,属温带大陆性半干旱气候,冬春

温暖湿润,夏秋干燥较热,昼夜温差明显,年平均日照时数可达2800~3000h,年平均气温8.9℃,年均降水量257mm。全年无霜期169~175d。试验地为砂土,0—20cm土壤耕层的本底值是:有机质2.35g/kg,碱解氮85.2mg/kg,速效磷21.8mg/kg,速效钾116mg/kg,pH值8.4。

### 1.2 试验设计

采取单因素随机区组试验设计。共设置3000m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(W<sub>1</sub>),3600m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(W<sub>2</sub>),4200m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(W<sub>3</sub>),4800m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(W<sub>4</sub>)4个滴灌量处理;各处理均重复三次。小区面积18m<sup>2</sup>(3.6m×5m),各小区进水口均有水表控制进水量,为防止水流外渗,不同小区间设置1m宽的隔离带。大豆品种为黑河43,种植密度52.5万株/hm<sup>2</sup>,30cm等行距播种(株距约6.3cm),每小区播种12行,毛管采用1管2的铺设方式,毛管间距60cm。播前结合整地,深施尿素75kg/hm<sup>2</sup>,在开花期随水滴施尿素150kg/hm<sup>2</sup>,结荚期、鼓粒期各叶片喷施以色列产KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>一次,其他田间管理措施同当地。

各处理每次灌水定额依次为375,450,525,600m<sup>3</sup>,全生育期灌水8次,具体灌水量及分配时期见表1。

### 1.3 测试项目与方法

1.3.1 土壤含水量测定 沿小区对角线等距离选3个样点,用英国产PR2土壤剖面水分速测仪,测定播种前及复播大豆苗期、开花期、结荚期、鼓粒期和成熟期不同处理0—10,10—20,20—30,30—40,40—60cm的土层土壤含水量。

1.3.2 干物质测定 自苗期开始,每隔10d分别从各处理各小区分别选取大豆3~5株,分茎、叶柄、叶、荚、粒等器官,于105℃杀青30min,80℃下烘干至恒重,称干重。

采用Logistic方程拟合复播大豆干物质及养分积累变化:

$$y=k/[1+e^{(a-bt)}]$$

式中: $y$ ——复播大豆出苗后 $t$ 天单株干物质积累量(g/株); $t$ ——大豆出苗后的天数(d); $k$ ——复播大豆单株干物质理论最大积累量(g/株); $a, b$ ——待定系数。

干物质积累与转运量的计算方法如下<sup>[13]</sup>:

花前同化物转运量(g)=开花期营养器官干重(g)−成熟期营养器官干重(g)

花后同化物转运量(g)=成熟期籽粒干重(g)−花前同化物转运量(g)

花前同化物转运率(%)=花前同化物转运量(g)/开花期营养器官干重(g)×100%

花后同化物转运率(%)=花后同化物转运量(g)/

[收获时全株干重(g)－开花时全株干重(g)] ×100%

花前同化物对籽粒的贡献率(%) = 花前同化物  
转运量(g)/成熟期籽粒干重(g) ×100%

花后同化物对籽粒的贡献率(%) = 花后同化物  
转运量(g)/成熟期籽粒干重(g) ×100%

表 1 不同处理各阶段的滴灌量 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>						
处理	出苗水	苗期— 开花期	开花期— 结荚期	结荚期— 鼓粒期	鼓粒期— 成熟期	总计
W <sub>1</sub>	375	750	750	750	375	3000
W <sub>2</sub>	450	900	900	900	450	3600
W <sub>3</sub>	525	1050	1050	1050	525	4200
W <sub>4</sub>	600	1200	1200	1200	600	4800

1.3.3 产量和水分利用效率的测定 成熟后实收小  
区产量,每处理每重复分别取连续的 10 株进行考种,  
调查单株有效荚数、单株粒数、单株粒重和百粒  
重。根据下式计算水分利用效率<sup>[14]</sup>:

总耗水量=生育期间 60 cm 土壤贮水消耗量+  
降雨量+灌溉量

土壤贮水消耗量=60 cm 土层播前时贮水量—  
成熟时 60 cm 土层贮水量

水分利用效率(kg/m<sup>3</sup>)=经济产量/生长季总耗  
水量

灌溉水利用效率(kg/m<sup>3</sup>)=经济产量/生长季总  
灌溉量

1.4 数据分析及处理方法

采用 Microsoft Excel 作图,用 DPS 软件统计分  
析试验数据。

2 结果与分析

2.1 不同滴灌量处理对土壤含水量变化的影响

由图 1 可知,不同滴灌量处理复播大豆在各个生  
育时期的田间(0—60 cm)土壤含水量总体趋势一致,  
均随着土层深度的增加呈现“增加—降低—增加”的反  
“S”型变化趋势,且处理间不同土层深度的土壤含水量  
在每个生育时期均表现为:W<sub>4</sub>>W<sub>3</sub>>W<sub>2</sub>>W<sub>1</sub>,即随  
着滴灌量的增加,土壤含水量增大。但土层深度不同,  
处理间差异也不相同,具体为在 0—40 cm 土层中土壤  
含水量的差异明显,而 40—60 cm 土层的差异减小。  
进一步分析复播大豆不同生育时期各层次的土壤含  
水量可知,各处理 0—10 cm 土层的土壤含水量,表现  
为成熟期最低为 10.36%~11.96%,其次是苗期为  
12.32%~14.73%,而在复播大豆开花期、结荚期、鼓  
粒期土壤含水量均超过了 15.60%,最高值为 19.83%  
出现在 W<sub>4</sub> 处理的鼓粒期,分别较同期 W<sub>1</sub>,W<sub>2</sub> 和 W<sub>3</sub>  
高出 9.78%,4.40%和 1.27%,与 W<sub>2</sub>,W<sub>3</sub> 之间差异不

显著,与 W<sub>1</sub> 间差异显著(*p*<0.05)。这可能是由于在  
复播大豆苗期植株较小、成熟期叶片脱落,地表裸露程  
度大,土壤水分散失较大,加上在复播大豆这两个时期  
滴滴灌量较小,均是导致土壤含水量较小的原因。

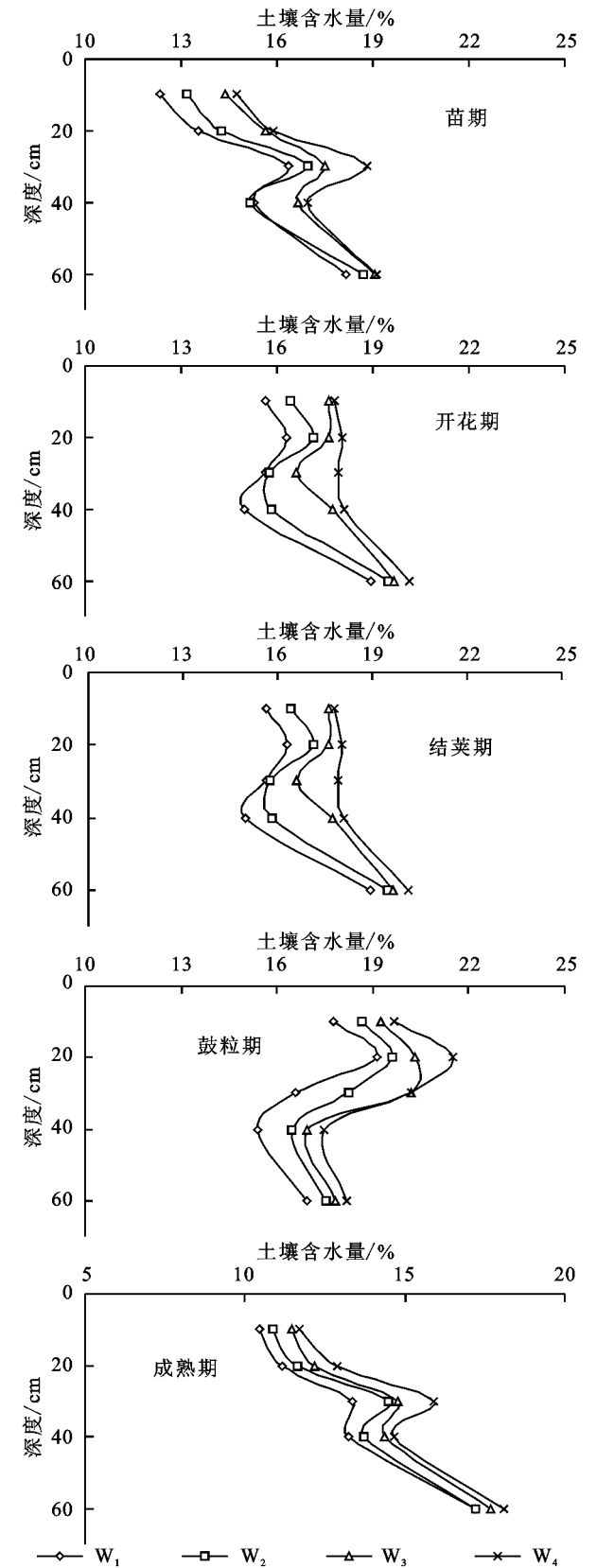


图 1 不同处理各土层土壤含水量的变化

2.2 不同滴灌量处理对复播大豆干物质积累特征的影响

干物质是光合作用的产物,是大豆产量形成的基础<sup>[6]</sup>。对不同滴灌量处理复播大豆地上部分干物质积累进行 Logistic 方程模拟(表 2),可知各处理复播大豆地上部干物质积累均呈“缓增—快增—缓降”的变化趋势,各处理的干物质进入快速增长期的起始日期( $t_1$ )随着滴灌量的增加有滞后趋势,但快速增长期的终止日期( $t_2$ )以  $W_3$  处理的最高,分别较  $W_1$ 、 $W_2$  和  $W_4$  延长了 4.4 d、2.1 d 和 0.7 d。较高的干物质积累量不仅需要较大的积累速率( $V_m$ ),还需要较长的快增期持续时

间( $\Delta t$ ),只有二者相互统一才能获得较高的干物质积累量,进而达到高产。由表 2 可知不同处理干物质快增期的持续时间( $\Delta t$ )表现为: $W_3>W_2>W_1>W_4$ ;最大积累速率( $V_m$ )却表现为: $W_3>W_4>W_2>W_1$ ,即随着滴灌量的增加而“先增后降”;干物质最大速率出现的时间( $t_m$ ),随着滴灌量的增加亦有滞后的趋势,其中  $W_3$  处理出现的最晚,其次是  $W_4$  处理,最早的是  $W_1$  处理。综上可以看出,适宜的滴灌量不仅可以增大干物质的积累速率,还可以延长干物质快速积累持续天数,有利于提高干物质积累量,本试验条件下, $W_3$  处理保持有较高的  $V_m$  和  $\Delta t$ ,故干物质积累量较高。

表 2 复播大豆地上部分干物质积累的 Logistic 模拟及其特征值

处理	Logistic 回归方程	持续时间/d				$V_m/$ (g·株 <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> )	$R^2$
		$t_m$	$t_1$	$t_2$	$\Delta t$		
$W_1$	$y=20.91/[1+e^{(4.303-0.0870t)}]$	49.5	34.3	64.6	30.3	0.45	0.997**
$W_2$	$y=22.02/[1+e^{(4.373-0.0850t)}]$	51.4	35.9	66.9	31.0	0.47	0.995**
$W_3$	$y=24.65/[1+e^{(4.381-0.0826t)}]$	53.1	37.1	69.0	31.9	0.51	0.998**
$W_4$	$y=23.46/[1+e^{(4.559-0.0860t)}]$	53.0	37.7	68.3	30.6	0.50	0.992**

注:t:复播大豆播种后的天数;y:复播大豆干物质积累量;tm:干物质积累最大速率出现的时间;t1和t2分别为 Logistic 生长函数的两个拐点;Δt:干物质快速积累持续天数;Vm:干物质最大增长速率;\*\*p<0.05。

2.3 不同滴灌量处理对复播大豆花前和花后同化物转运的影响

由表 3 可知,复播大豆花前、花后的干物质转运量均与籽粒产量呈正相关关系,相关系数 R 值分别为 0.36、0.94,表明复播大豆花前、花后干物质的转运量均会影响其籽粒产量的形成,且以花后影响较大。进一步分析可知,花前以  $W_2$  处理同化物转运量最大为 1.49 g/株,分别较  $W_1$ 、 $W_3$ 、 $W_4$  高出 28.71%、13.54%、20.24%,差异显著( $p<0.05$ ),其同化物转运率及对

籽粒贡献率也表现最大,分别为 26.97%和14.13%,明显高于其他处理;花后同化物转运量、转运率及对籽粒贡献率均表现为: $W_3>W_4>W_2>W_1$ ,且  $W_3$  处理较  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_4$  处理同化物转运量增加了 29.47%、21.53%、3.94%;转运率增大了 7.25%、4.86%、0.10%;对籽粒贡献率提高了 1.51%、4.05%、0.26%,表明只有在适宜的滴灌量条件下才能促进花后干物质向籽粒转运,提高花后同化物对籽粒的贡献率,从而提高产量。

表 3 不同滴灌量处理对复播大豆花前和花后同化物转运的影响

处理	花前同化物			R	花后同化物			R
	转运量/ (g/株)	转运率/%	对籽粒 贡献率/%		转运量/ (g/株)	转运率/%	对籽粒 贡献率/%	
$W_1$	1.16c	24.44a	11.98b	0.36	8.52c	59.16b	88.02a	0.94
$W_2$	1.49a	26.97a	14.13a		9.08b	60.51ab	85.87a	
$W_3$	1.32b	22.88b	10.65d		11.03a	63.45a	89.35a	
$W_4$	1.24b	22.00b	10.88c		10.62a	63.39a	89.12a	

注:小写字母表示处理间在 0.05 水平上的差异显著性。下同

2.4 不同滴灌量处理对复播大豆产量及水分利用效率的影响

由表 4 可知,不同滴灌量处理条件下, $W_4$  处理的总耗水量、土壤贮水消耗量与其他处理间均达到显著性差异水平( $p<0.05$ ),具体表现为随着滴灌量的增加,总耗水量增加,最高为  $W_4$  处理达 5 665 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,分别较  $W_1$ 、 $W_2$  和  $W_3$  增加了 30.32%、16.47%和 6.93%,土壤贮水消耗量却明显减少,以  $W_4$  处理最小为 865 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,分别比  $W_1$ 、 $W_2$  和  $W_3$  减少了 35.78%、31.57%和21.22%。产量随着滴灌量的增

加呈“先增后降”的变化趋势,并以 4 200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>( $W_3$  处理)最高,为3 741.23 kg/hm<sup>2</sup>,分别较  $W_1$ 、 $W_2$  和  $W_4$  三个处理增产 30.42%、13.98%和 8.44%,且处理间差异显著( $p<0.05$ );同时,滴灌量( $x$ )和产量( $y$ )的模拟方程为: $y=-0.000484x^2+4.1360x-5217.7998$ ,( $R^2=0.92$ ),为开口向下的抛物线,根据方程预测,当滴灌量为 4 272.73 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,产量最高为 3 618.20 kg/hm<sup>2</sup>,与实际结果吻合。各处理中以  $W_3$  处理的水分利用效率最高,达 0.71 kg/m<sup>3</sup>,其灌溉水利用效率为 0.89 kg/m<sup>3</sup>。

表 4 不同滴灌量处理对复播大豆产量及水分利用效率的影响

处理	产量/ (kg · hm <sup>-2</sup> )	总耗水量/ (m <sup>3</sup> · hm <sup>-2</sup> )	土壤贮水消耗量/ (m <sup>3</sup> · hm <sup>-2</sup> )	水分利用效率/ (kg · m <sup>-3</sup> )	灌溉水利用效率/ (kg · m <sup>-3</sup> )
W <sub>1</sub>	2876.93d	4347d	1347a	0.66b	0.96a
W <sub>2</sub>	3282.39c	4864c	1264b	0.68ab	0.91a
W <sub>3</sub>	3741.23a	5298b	1098c	0.71a	0.89a
W <sub>4</sub>	3450.16b	5665a	865d	0.61c	0.72b

3 讨论与结论

土壤含水量对作物生长与产量形成以及耗水特性影响显著<sup>[15]</sup>,土壤水分严重亏缺会抑制作物地上部生长,降低作物生物量、产量和收获指数<sup>[16-17]</sup>,而土壤水分过多则降低了水分利用效率<sup>[18]</sup>。吴巍等<sup>[19]</sup>研究表明,滴灌条件下,0—60 cm 土层土壤水分含量变化较明显,其中 0—30 cm 土壤水分含量变化最明显,其次是 30—60 cm,而对 90—120 cm 土层的土壤水分含量影响不大。

本研究结果表明,在复播大豆生育期间,不同生育时期各处理土壤含水量均随着滴灌量的增加呈明显增大的趋势,且处理间 0—40 cm 土层土壤含水量差异较大,而 40—60 cm 以下差异较小。这可能是因为滴灌条件下做物根系分布较浅,基本在 0—40 cm,而大豆根系 80%以上集中在 0—20 cm 内<sup>[20]</sup>,使大豆根吸水主要集中在浅层,而对深层土壤水分吸收利用较少,从而导致不同处理间 0—40 cm 土壤含水量差异大,到 60 cm 处理间差异明显减少的原因。滴灌量大,水分无效损失增加,滴灌量小,土壤贮藏水消耗增多,因此,灌水过多或过少均不利于产量和水分利用效率的提高<sup>[21]</sup>,只有适宜的灌溉时期和灌水量,才可能实现节水与高产的统一。

干物质的快速积累是提高籽粒产量的物质基础,而干物质的最大累积速率及其持续的时间决定着干物质最大积累量。研究表明,大豆植株干物质最大累积速率出时间越早,越有利于营养生长向生殖生长转化,从而促进光合产物有效地向籽粒转移<sup>[22-23]</sup>。本研究通过 Logistic 方程模拟得出,滴灌条件下复播大豆干物质积累量随着滴灌量的增加呈“先增后降”的变化,以 W<sub>3</sub> 处理的干物质积累量最大,同时 W<sub>3</sub> 处理条件下延长了复播大豆干物质快速积累期的持续时间(Δt)以及干物质最大累积速率(V<sub>m</sub>),但继续增大灌水量至 4 800 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,V<sub>m</sub> 和 Δt 却降低了 4.08% 和 19.61%。这与前人在漫灌和滴灌条件下春大豆干物质积累量均随着灌水量的增加而增大<sup>[12,24]</sup>的研究结论不一致,造成这种差异的原因可能是,复播大豆生育期较短,灌水量少的 W<sub>1</sub> 处理,由于水分较少

限制复播大豆植株后期生长;而灌水量最多的 W<sub>4</sub> 处理,由于生殖生长推迟,加上后期北疆地区温度较低,造成光合产物转运较慢,不利于干物质的积累,影响了产量的形成。干物质的分配与转运对大豆籽粒的形成至关重要,孙贵荒<sup>[25]</sup>等研究表明,提高花后干物质转运量,是增加粒重、提高产量的重要途径。本研究表明,滴灌条件下复播大豆花前、花后干物质转运量均会影响产量的形成,以花后影响显著,且只有在适宜的滴灌量下才能促进更多的干物质向籽粒转运,从而提高干物质的转运率和对籽粒的贡献率。

综上可知,本试验条件下,以滴灌量为 4 200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 时产量最高,为 3 741.23 kg/hm<sup>2</sup>,较 W<sub>1</sub>,W<sub>2</sub>,W<sub>4</sub> 三个处理分别高出 30.42%,13.98%,8.44%,较当地常规灌溉量节水超过 40%,且水分利用效率较高,达到了节水、高产相统一的目的,可供大田生产实践参考。

参考文献:

[1] 张娜,张永强,唐江华,等.滴灌带配置方式对冬小麦生长及产量的影响[J].麦类作物学报,2013,33(6):1197-1201.

[2] 张磊,李福生,王连喜,等.不同灌溉量对春小麦生长及产量构成的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(4):46-49.

[3] Wood M L, Finger L. Influence of irrigation method on water use and production of perennial pastures in northern Victoria[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2006,46:1605-1614.

[4] Alam B, Trooien T, Rogers D. Subsurface drip irrigation for alfalfa in western Kansad[C]// Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Microirrigation Congress, South Africa,2000.

[5] 徐娇媚.伊犁河谷气候变化及其对农业影响初探[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2012.

[6] 张永强,张娜,唐江华,等.密度对北疆复播大豆生长动态及产量的影响研究[J].新疆农业大学学报,2014,37(1):7-11.

[7] 牛海生,徐文修,徐娇媚,等.气候突变后伊犁河谷两熟制作物种植区的变化及风险分析[J].中国农业气象,2014,35(5):516-521.

[8] 许忠仁,张贤泽.大豆生理与生理育种[M].哈尔滨:黑龙江科,1989.

[9] 杨鹏辉,李贵全,郭丽,等.干旱胁迫对不同抗旱大豆品

- 种花荚期质膜透性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 127-129.
- [10] 徐淑琴, 宋军, 吴砚. 大豆需水规律及喷灌模式探讨[J]. 节水灌溉, 2003(3): 23-25.
- [11] 王培武, 李治远, 磯田昭弘, 等. 新疆大豆生产及生态的研究 I 开花期缺水 and 遮光处理对大豆干物质生产及株型的影响[J]. 作物学报, 1995, 21(2): 396-403.
- [12] 毛洪霞. 不同水分处理对滴灌大豆干物质积累及生理参数的影响[J]. 大豆科学, 2009, 28(2): 247-250.
- [13] Jiang D, Xie Z J, Cao W X, et al. Effects of Post-anthesis drought and water-logging on photosynthetic characteristics, assimilates transportation in winter wheat [J]. Acta Agronomica Sinica, 2004, 30 (2): 175-182.
- [14] 薛丽华, 胡锐, 赛力汗, 等. 滴灌量对冬小麦耗水特性和干物质积累分配的影响[J]. 麦类作物学报, 2013, 33 (1): 78-83.
- [15] 高山, 王冀川, 徐雅丽, 等. 不同土壤水分对滴灌春小麦生长干物质积累与分配的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(9): 5151-5153, 5240.
- [16] 陈晓远, 罗远培. 土壤水分变动对冬小麦生长动态的影响[J]. 中国农业科学, 2001, 34(4): 403-409.
- [17] Wang T, Zhang X, Li C. Growth, abscisic acid content, and carbon isotope composition in wheat cultivars grown under different soil moisture[J]. Biologia Plantarum, 2007, 51(1): 181-184.
- [18] 邓洁, 陈静, 贺康宁. 灌水量和灌水时期对冬小麦耗水特性和生理特性的影响[J]. 水土保持研究, 2009, 16 (2): 191-194.
- [19] 吴巍, 陈雨海, 李全起, 等. 垄沟耕作条件下滴灌冬小麦田间土壤水分的动态变化[J]. 土壤学报, 2006, 43(6): 1011-1017.
- [20] 李劲松. 高产春大豆根系生长规律[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2007.
- [21] Zhang Xiyong, Chen Suying, Sun Hongyong, et al. Dry matter, harvest index, grain yield and water use efficiency as affected by water supply in winter wheat [J]. Irrigation Science, 2008, 27(1): 1-10.
- [22] 孙克刚, 王英, 李贵宝, 等. 夏大豆干物质积累和分配数学模拟研究[J]. 大豆科学, 1996, 15(3): 274-277.
- [23] 王红军, 吴奇峰, 谢映周. 大豆籽粒干物质积累规律及与产量关系的研究[J]. 新疆农业科学, 2006, 43(4): 268-270.
- [24] 赵恩龙, 葛慧玲, 龚振平, 等. 灌溉水平对春大豆株高及产量的影响[J]. 作物杂志, 2014(1): 125-128.
- [25] 孙贵荒, 刘晓丽, 董丽杰, 等. 高产大豆干物质积累与产量关系的研究[J]. 大豆科学, 2002, 21(3): 199-202.

~~~~~

(上接第 110 页)

- [9] 谢德体. 土壤肥科学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [11] 王秀斌, 徐新朋, 孙刚, 等. 氮肥用量对双季稻产量和氮肥利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19 (6): 1279-1286.
- [12] 阎炬, 施卫明. 不同施氮量对太湖地区大棚蔬菜产量、氮肥利用率及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(1): 151-157.
- [13] 刘立新. 试谈化肥烧种、烧苗等毒害作用及对策[J]. 土壤肥料, 1996(3): 42-43.
- [14] 陈昌斌, 戴小密, 俞冠翹, 等. 组成型 nifA 对大豆根瘤菌(*Rhizobium fredii*) HN01 lux 结瘤固氮效率的促进作用[J]. 科学通报, 1999, 44(5): 529-533.
- [15] Salado-Navarro L R, Hinson K, Sinclair T R. Nitrogen Partitioning and dry matter allocation in soybeans with different seed Protein concentration[J]. Crop Science, 1985, 25(3): 451-455.
- [16] 倪丽, 章建新, 金加伟, 等. 氮肥施用对高产大豆根系、干物质积累及产量的影响[J]. 新疆农业大学学报, 2004, 27(2): 36-39.
- [17] Osaki M, Iyoda M, Tadano T. On to genetic changes in the contents of ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase/oxygenase, phosphoenolpyruvate carboxylase, and chlorophyll in individual leaves of maize[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 1995, 41(2): 285-293.
- [18] 吕鹏, 张吉旺, 刘伟, 等. 施氮量对超高产夏玉米产量及氮素吸收利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(4): 852-860.
- [19] 赵营, 同延安, 赵护兵. 不同供氮水平对夏玉米养分累积、转运及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(5): 622-627.
- [20] 王旭刚, 郝明德, 李建民, 等. 氮磷配施对旱地小麦产量和吸肥特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(2): 138-142.