

# 冬小麦调亏灌溉下次生根和 初生根对植株生长的影响

薛丽华<sup>1</sup> 段俊杰<sup>1</sup> 王志敏<sup>1</sup> 王润正<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院 北京 100193; 2. 吴桥实验站 河北 吴桥 061800)

**摘要:** 为给小麦节水高产实践提供理论依据。以石家庄8号为材料,在田间研究了4种灌水处理,分别在拔节期、孕穗期、开花期、花后10 d、花后20 d、成熟期去次生根对初生根伤流量和植株性状的影响。结果表明,随着灌水次数减少,0~100 cm土层含水量下降幅度明显大于100~140 cm土层;拔节期至孕穗期初生根伤流量极低,处理间无显著差异,孕穗期开始迅速增加至开花期达最大值后下降,开花后10 d处理间的差异变小;拔节期去小麦次生根后粒重降低2.3%~13.3%,降幅随灌水次数的减少而增加;孕穗期、开花期、开花期后10 d去次生根后粒重降低幅度随灌水次数的减少而减少,分别为1.0%~26.1%;1.1%~24.0%;2.1%~3.8%。在拔节至孕穗期间次生根对伤流起决定性作用,孕穗期后初生根的作用开始逐渐增大,灌浆后期初生根对伤流起决定性作用;拔节期至孕穗期间次生根对粒重形成的相对作用随土壤干旱程度的增加而增大;孕穗期后初生根对粒重形成的相对作用随土壤干旱程度的增加而增大。协调小麦次生根与初生根之间的关系对实现小麦节水高产有利。

**关键词:** 冬小麦; 调亏灌溉; 次生根系; 伤流; 植株性状

中图分类号: S512.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2010)03-0087-05

## The Effect of Secondary and Seminal Roots of Winter-wheat to Plant Growth under Regulated Deficit Irrigation Conditions

XUE Li-hua<sup>1</sup>, DUAN Jun-jie<sup>1</sup>, WANG Zhi-min<sup>1</sup>, WANG Run-zheng<sup>2</sup>

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Wuqiao Experiment Station, Wuqiao 061800, China)

**Abstract:** Providing a theoretical and practical basis for high-yield and water-saving of wheat using Shijiazhuang 8 as research material, the studied of four different irrigation treatments under the field, the effect of adventitious roots-cutting to xylem sap and plant character in five different growth stages (jointing stage, flowering stage, after flowering 10 d, after flowering 20 d and maturing stage). The results showed that 0~100 cm more than between 100~140 cm of content water in soil with the decrease of time of irrigation. Xylem sap of seminal root was lower from jointing to booting stage and they are no significant difference, booting stage begin rapidly increase, flowering stage was biggest and then begin to decrease, there was no big difference between treatments after flowering 10 days. At jointing stage, seed weight was lower 2.3%~13.3% after wheat adventitious roots-cutting, decreasing range was increase with the decrease of time of irrigation. Seed-weight decreasing was reduced at booting, flowering, after flowering 10 days with the decrease of time of irrigation, respectively 1.0%~26.1%, 1.1%~24.0%, 2.1%~3.8%. Secondary roots were played a decisive role to xylem sap from jointing to booting and the effect of seminal roots were augment gradually after booting stage. Seminal roots were played a important role to xylem sap after grain-filling. Adventitious roots to relative importance of grain weight formation was increase with enhance of soil drought manners between jointing and booting stage. Seminal roots to relative importance of grain weight formation was increase after booting stage. Coordination of the relation of secondary and seminal roots was favorable to realize saving water and high yield of wheat.

收稿日期: 2010-02-26

基金项目: 国家科技支撑计划 (2007BAD69B05)

作者简介: 薛丽华(1978-),女,山东德州人,在读博士,主要从事小麦根系抗旱节水研究。

通讯作者: 王志敏(1961-),男,安徽枞阳人,教授,博士生导师,主要从事作物生态生理与高产栽培研究。

**Key words:** Winter-wheat; Regulated deficit irrigation; Secondary root system; Xylem sap; Plant character

小麦是我国主要的夏粮作物,也是北方人的主要口粮。随着水资源的日益匮乏和人口的增加,耕地面积的不断减少,生物节水在节水农业发展中的地位越来越受到重视<sup>[1]</sup>。培育抗旱节水品种是节水农业的首选。根系是小麦吸收养分和水分的重要器官,与植物的抗旱性和生长以及对产量的形成有密切的关系,在小麦的生长发育、生理功能和物质代谢过程中发挥着重要作用<sup>[2]</sup>,是作物抗旱节水性分析研究的重要组成部分。根系数量、分布、构型、生理活性和分泌物等是植物营养性状的重要指标,越来越受到人们的关注<sup>[3]</sup>。小麦的根系由初生根和次生根组成,其建成时期和功能各异,小麦的初生根分布深,对小麦的抗旱能力起着至关重要的作用<sup>[4-6]</sup>。前人对不同灌水条件小麦根系的分布等进行了较多的研究,但对不同灌水条件下初生根的相对作用研究较少。本试验在田间采用不同生育期去次生根法,系统地研究了不同灌水条件下小麦初生根和次生的相对作用,为小麦抗旱节水栽培提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试品种

冬小麦品种石家庄 8 号。

### 1.2 试验方法

试验于 2007-2008 年在河北沧州中国农业大学吴桥实验站进行。试验地土壤有机质 11 mg/kg,全氮 1.0 mg/g,碱解氮 43.1 mg/kg,速效磷 51.0 mg/kg,速效钾 113.4 mg/kg。试验 10 月 19 日播种,行距 15.7 cm。基本苗 27.6 万/hm<sup>2</sup>。施肥水平:有机肥(50%鸡粪+50%土粪) 30 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,磷酸二铵 300 kg/hm<sup>2</sup>,拔节期追尿素 225 kg/hm<sup>2</sup>,硫酸钾 225 kg/hm<sup>2</sup>,硫酸锌 22.5 kg/hm<sup>2</sup>,均为底肥一次性施入,春季不再追加。3-5 月累计降水 118.7 mm。

试验在小麦生育期间设 3 水(起身水+孕穗水+开花水)、2 水(拔节水+开花水)、1 水(拔节期灌水)、0 水(不灌水) 4 个处理,每次灌水量为 750 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。小区面积为 50 m<sup>2</sup>,为防止小区之间串水,小区间设长宽为 3.5 m×10 m 的隔离区。

去次生根处理:分别在拔节期(J)、孕穗期(B)、开花期(F)、花后 10 d(F10)、花后 20 d(F20)、成熟期(M)选生长整齐一致小麦植株 20 株去次生根处理(用小铲轻轻扒开,用剪刀小心将次生沿基部剪断挂牌),另选生长一致小麦主茎 20 个挂牌作为对照。

1.2.1 土壤含水量测定 采用铝盒烘干法,分别在

拔节期、孕穗期、开花期、开花后 10 d、开花后 20 d、成熟期测定土壤含水量。每 20 cm 深土层取 1 个样,共取 10 层直到 200 cm,测定各土层含水量的动态变化,每层重复 3 次。

1.2.2 伤流量测定 在拔节期、孕穗期、开花期、开花后 10 d、开花后 20 d 和成熟期去次生根后第 2 天测定。将吸管一端弯折,用胶带封紧,检查不漏气后装入适量脱脂棉,在头日下午 19:00,每处理从地上部茎基第一节处剪断上述样茎 3 个,套紧装脱脂棉的吸管,第 2 天 7:00 称重,分别计算总(对照)、初生根(去次生根处理)的每小时单茎伤流量<sup>[7]</sup>。

1.2.3 植株性状测定 在成熟期分别收处理 and 对照植株,在室内随机选取 10 株考查其植株性状。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同灌水处理小麦主茎伤流量

伤流量多少反映植物根系主动吸水能力的强弱,是根系活力的指标<sup>[8-5]</sup>。由图 1-A 可见,随着灌水次数增加,总伤流在开花期迅速增大,开花后各处理总伤流量逐渐降低,处理间差异变小;去次生根后不同灌水处理初生根伤流量均表现为拔节期和孕穗期很低,并且处理间无差异;初生根伤流量从孕穗期开始均表现迅速升高,并在开花期达到最大值后缓慢下降,3 水处理的单茎伤流量略大于 2 水处理,两者的峰值明显高于 1 水和 0 水处理,但它们在开花后的降幅明显大于 1 水和 0 水处理,致使花后 10 d 以后各处理间单株伤流量差异迅速变小,直到成熟期各处理均仍保持一定的初生根伤流量(图 1-B)。可见,在小麦拔节期至孕穗期间,次生根伤流量占绝对优势;从孕穗期开始次生根伤流量变小,初生根伤流量迅速增大,并在开花期达到最大值后缓慢下降。增加灌水次数明显提高孕穗期至开花后 10 d 的小麦初生根的伤流量,而对开花后 10 d 以后小麦初生根伤流量的影响较小,亏缺灌溉显著增大了生育后期初生根对伤流量的相对作用,生育后期初生根伤流量占绝对优势。

### 2.2 不同生育时期去次生根处理对小麦植株性状的影响

分别在拔节期、孕穗期、开花期和花后 10 d 去次生根处理对小麦植株性状的影响见表 1。拔节期去次生根处理明显降低了不同灌水处理株高,在孕穗期、开花期、花后 10 d 分别进行去次生根处理后,对株高无影响。

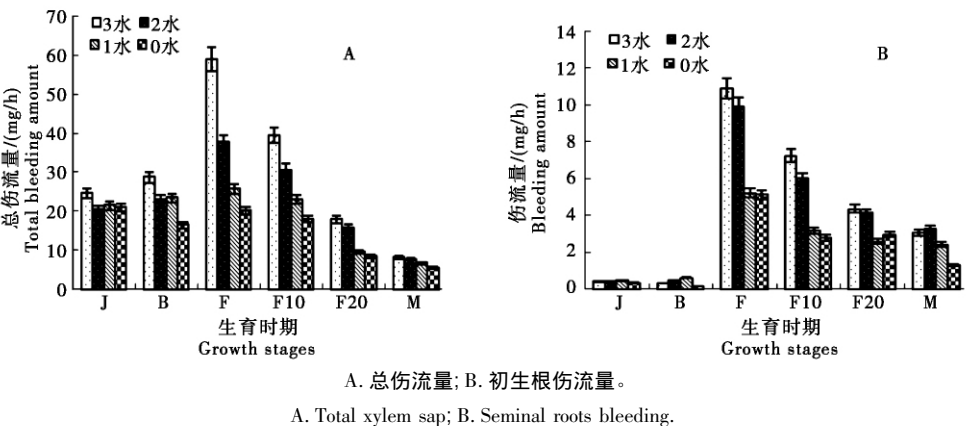


图1 不同生育时期去次生根主茎伤流量的变化

Fig.1 The change of get rid of nodal roots on caulis bleeding amount in different growth stages

在拔节期去次生根 ,随灌水次数减少 ,千粒重、单茎干物重、单茎粒数和单穗粒重的降幅都呈现增大趋势;在孕穗期和开花期去次生根后 ,随灌水次数减少 ,单茎干物重、单茎粒数和单穗粒重的降低幅度都呈现减少趋势;在开花后 10 d 去次生根对各灌水处理单茎干物重、单茎粒数和单穗粒重影响均很小 ,不同时期去次生根对千粒重影响较小。可见 ,在拔节期到孕穗期间减少灌水次数 ,增大小麦次生根对干物质积累和产量的相对作用 ,在孕穗期至开花后 10 d ,减少灌水次数 ,则减少次生根对干物质积累和产量的相对作用 ,增大初生根的相对作用;开花后 10 d 以后 ,小麦次生根对干物质积累和产量的影响均很小;次生根对千粒重的相对作用小于初生根。

表1 不同时期去次生根处理对小麦植株性状的影响

Tab.1 Effect of get rid of nodal roots on character of wheat plant in different periods

项目 Items	处理 Treatments	T1	CK1	CK1/%	T2	CK2	CK2/%	T3	CK3	CK3/%	T4	CK4	CK4/%
株高/cm Plant height	3 水	74.7	77.8	96.0	72.6	77.5	93.7	74.7	75.0	99.6	78.5	78.5	100.0
	2 水	71.9	75.1	95.7	62.9	72.6	86.6	74.1	74.5	99.5	70.3	70.3	100.0
	1 水	68.9	72.8	94.6	64.2	70.7	90.5	74.2	75.9	97.8	73.4	75.9	96.7
	0 水	56.4	65.6	86.0	62.4	64.4	96.9	63.8	64.1	99.5	65.0	65.0	100.0
穗粒数 Spike seeds number	3 水	32.3	33.6	96.1	21.0	28.7	73.2	21.5	27.3	78.8	30.8	30.1	102.3
	2 水	31.5	34.0	92.6	20.9	23.1	90.4	25.0	25.5	98.0	30.1	31.3	96.2
	1 水	24.6	25.1	98.0	25.3	25.7	98.4	24.8	25.2	98.4	23.1	23.4	98.7
	0 水	23.8	28.0	85.0	25.9	27.8	93.2	26.6	30.0	88.7	27.0	27.8	97.1
千粒重/g 1 000-kernel weight	3 水	34.6	38.5	89.9	36.2	41.5	87.2	40.5	41.7	97.1	41.6	44.2	94.1
	2 水	35.0	37.4	93.6	35.3	37.9	93.1	42.1	43.6	96.6	38.8	40.4	96.0
	1 水	35.6	36.1	98.6	35.4	39.7	89.2	35.6	38.0	93.7	34.3	35.6	96.3
	0 水	35.3	37.2	94.9	36.2	38.3	94.5	32.3	36.0	89.7	34.3	36.7	93.5
干质量/(g/株) Dry weight	3 水	2.77	2.80	98.90	2.14	2.61	81.99	2.03	2.79	72.76	2.91	3.03	96.04
	2 水	2.40	2.53	94.86	1.61	2.05	78.54	2.4	2.69	89.22	2.18	2.24	97.32
	1 水	1.95	2.30	82.60	1.75	2.16	81.02	2.02	2.12	95.28	2.12	2.17	97.69
	0 水	1.85	2.05	90.24	2.05	2.07	99.03	2.0	2.09	95.69	1.95	2.07	94.20
粒重/(g/穗) Seeds weight	3 水	1.26	1.29	97.7	0.76	1.19	63.9	0.98	1.14	86.0	1.28	1.33	96.2
	2 水	1.10	1.17	94.0	0.84	1.08	77.8	1.21	1.31	92.3	1.17	1.21	96.7
	1 水	0.85	0.98	86.7	0.92	1.10	83.6	1.01	1.07	94.4	1.07	1.10	97.3
	0 水	0.92	1.04	88.5	0.98	0.99	99.0	0.90	0.91	98.9	0.92	0.94	97.9

注: T1. 拔节期处理; T2. 孕穗期处理; T3. 开花期处理; T4. 花后 10 d 处理。  
Note: T1. Jointing stage treatment; T2. Booting stage treatment; T3. Flowering stage treatment; T4. 10 days after anthesis treatment.

2.3 不同生育时期各土层含水量

不同灌水处理对小麦各生育时期各土层的含水量均有明显的影响(图2)。拔节期各灌水处理之间同土层含水量差异较小,各处理均随土层变深含水量逐渐增加,增至 120 cm 土层含水量达峰值,120

cm 以下土层各处理均稳定保持较高含水量;孕穗期各处理之间 0~120 cm 各土层含水量差异较大,灌水处理含水量明显高于无水处理,120 cm 以下土层含水量随土层变深处理间差异呈现逐渐变小趋势;开花期 0~120 cm 土层含水量高低顺序为灌 3 水>

灌 2 水 > 灌 1 水 > 灌 0 水, 处理间 120 cm 以下各土层含水量的差异逐渐变小; 开花至成熟期间各处理 120 ~ 180 cm 以下各土层含水量持续下降, 灌水次数越少, 下降幅度越大。结果表明, 随着灌水次数的

减少, 明显增加了开花前对 0 ~ 100 cm 土层和开花后对 100 ~ 140 cm 土层的水分消耗量, 不灌水处理各土层含水量降幅明显大于各灌水处理, 灌 3 水处理的降幅最小。

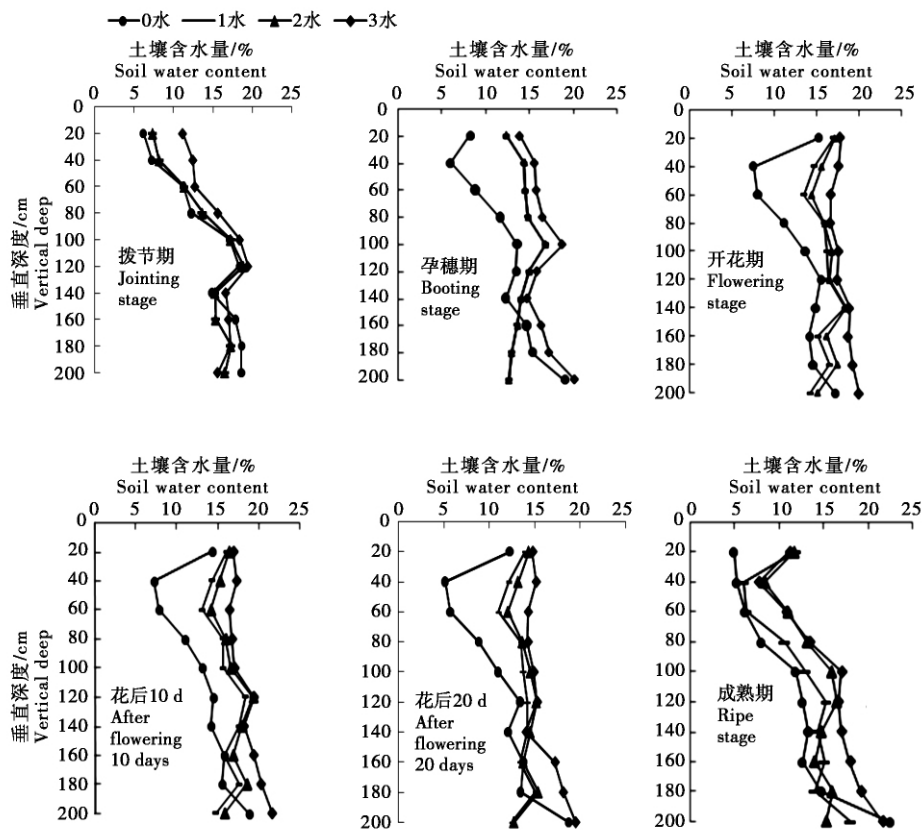


图2 不同生育时期各土层土壤含水量的变化

Fig. 2 The change of soil water content in different growth stages

### 3 讨论

初生根对小麦产量的相对作用明显大于次生根。在返青、拔节、抽穗 3 个时期断初生根, 分别使产量下降 47.41% ~ 66.40%, 而断次生根使产量下降 2.38% ~ 18.96%, 尤其是在拔节期以前断次生根对产量的影响较小<sup>[1]</sup>。一般愈接近地表的土层, 根系分布量愈大, 根系日增长率在抽穗期最大, 至开花期根量及根深达最大值。返青时, 根系已下扎到 1 m, 继续生长发育, 根系下扎可深达 180 cm, 而且下层根系吸水功能较强, 有效水量较大, 但因根系分布量太少, 作物利用水分的土层深度只能达到 120 cm<sup>[9]</sup>。本试验结果表明: 随着灌水次数的减少, 明显增加了开花前小麦对 100 cm 以内土层和开花后对 100 ~ 140 cm 土层的水分消耗量, 并明显增加干旱胁迫程度。在拔节至孕穗期间次生根对小麦植株的伤流量起决定性作用(因主要利用浅土层水分); 从孕穗期开始初生根的伤流量开始迅速增大, 在开花期达到最大值后缓慢下降。随着灌水次数的减

少, 明显降低孕穗期至开花后 10 d 的小麦初生根的伤流量, 而在开花 10 d 以后, 不同灌水处理之间小麦初生根伤流量差异迅速变小, 灌 0 水和 1 水处理仍保持一定的初生根伤流量, 可见, 深层初生根对这两个处理获得较高的千粒重和单穗产量起重要作用。

拔节前后小麦初生根深为 100 ~ 110 cm, 挑旗至抽穗期间 110 ~ 170 cm, 最后深达 150 ~ 200 cm, 拔节至孕穗期是小麦初生根的深扎期<sup>[4]</sup>。随灌水次数的减少, 在小麦拔节期去次生根产量的降低幅度增大, 这可能是由于拔节期去除次生根后, 影响到初生根的生长和深扎, 降低了小麦植株吸收深层水分能力; 孕穗期随灌水次数的减少, 去次生根对产量的影响逐渐减小, 由于此时小麦初生根生长已近停止, 小麦次生根分布明显浅于初生根, 随浅土层干旱加剧, 其活性也大幅度下降, 深层初生根对小麦的生长起绝对作用。

小麦次生根分布浅, 在拔节至孕穗期间主要吸收利用浅层水; 而初生根分布深, 在小麦孕穗后开始

主要吸收利用深层水分,在开花期达到高峰后缓慢下降。特别在亏缺灌溉下,初生根对生育后期供水起决定性作用。在孕穗期以前,次生根的生长状况可能会影响到初生根的深扎。因此,此期促进小麦次生根良好生长,充分利用浅土层水,既可避免过早消耗较深土层水分,又能促进初生根深扎,对提高小麦后期的抗旱节水性能是十分重要的。可见,如何协调好小麦次生根与初生根的关系是进一步提高小麦抗旱节水性能需要研究的一个重要问题。

参考文献:

[1] 张正斌. 作物水分利用效率的遗传改良研究展望 [J]. 中国农业科学, 2006, 39(2): 289 - 2941.

[2] 马瑞昆, 蹇家利, 贾秀玲, 等. 供水深度与冬小麦根系发育的关系 [J]. 干旱地区农业研究, 1991(3): 1 - 101.

[3] 汪强. 不同水分条件下水稻根系生长与产量变化关

系研究 [J]. 中国农学通报, 2006(11): 106 - 111.

[4] 马元喜. 小麦的根 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.

[5] Tihonov V E. The role of the number of embryonic roots in spring bread wheats in the semidesert conditions of northern priarale [J]. Byulleton Vsesoyuznogo Ordena Lenina Institute Rastenievodstva ImeninI Vavibva, 1973, 33: 3 - 7.

[6] Tyslenko A M. Effect of root number on yield in spring wheat [J]. Byulleton Vsesoyuznogo Ordena Lenina Iordena Druzhby Narodov Institute Rastenievodstva Imenin. I Vavibva, 1981, 114: 15 - 17.

[7] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.

[8] 郝晓玲, 苗果园. 小麦不同根群对产量形成的作用. 中国小麦栽培研究新进展 [M]. 北京: 农业出版社, 1993: 473 - 479.

[9] 孙书奎, 陈秀敏, 乔文臣, 等. 冬小麦干旱胁迫下不同土层根量分布与产量的关系 [J]. 河北农业科学, 2008, 12(5): 6 - 8.