

# 断根对不同根型小麦光合和生长的影响

柳斌辉<sup>1</sup>, 刘子会<sup>2</sup>, 张文英<sup>1</sup>, 李 源<sup>1</sup>, 栗雨勤<sup>1</sup>

(1. 河北省农林科学院 旱作农业研究所, 河北 衡水 053000; 2. 河北省农林科学院 遗传生理研究所, 河北 石家庄 050051)

**摘要:**通过对不同根型的2个小麦品种盆栽起身期断根,研究了断初生根和部分次生根对小麦后期光合特性和生长的影响。结果表明,断初生根和部分次生根,均使得断根后期小麦光合速率升高,小根系旱地品种晋麦47断初生根光合速率较对照增幅较大,而大根系品种石4185断部分次生根光合速率较对照增幅较大;断根降低了成熟期小麦根系干质量、地上部干质量,同时晋麦47产量降低,而石4185在断部分次生根后产量增加;断初生根比断部分次生根对小麦的影响较大。

**关键词:**断根; 起身期; 光合速率; 水分利用效率; 小麦

中图分类号: S512.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2008)增刊-0099-05

## Effects of Roots-cutting on the Photosynthetic Rate and Growth of Winter Wheat of Different Root Types

LIU Bin-hui<sup>1</sup>, LIU Zi-hui<sup>2</sup>, ZHANG Wen-ying<sup>1</sup>, LI Yuan<sup>1</sup>, LI Yu-qin<sup>1</sup>

(1. Institute of Dryland Farming, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Hengshui 053000, China;

2. Institute of Genetics and Physiology, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China)

**Abstract:** The effects of roots-cutting in double ridge stage on the photosynthetic rate and later growth in two winter wheat varieties of different root systems were investigated. The results showed that both primary roots-cutting and partial adventitious roots-cutting increased the photosynthetic rate in the two winter wheat varieties. In dry land variety Jinmai 47 which had a little root system, primary roots-cutting treatment resulted in more significantly increased photosynthetic rate compared to the control than partial adventitious roots-cutting treatment. In winter wheat variety Shi 4185 which had a huge root system, removing of partial adventitious root led to a higher photosynthetic rate compared to the control than primary roots-cutting treatment. After the roots-cutting treatment, dry weight of root system, biomass above the ground, and yield of maturity were all reduced in both winter wheat varieties. Further more, yield of dry land variety Jinmai 47 was reduced, partial adventitious roots-cutting increased the yield of Shi 4185 while primary roots-cutting decreased its yield. Our study indicated that primary roots-cutting had a more significantly effect in winter wheat.

**Key words:** Roots-cutting; Double ridge stage; Photosynthetic rate; Water use efficiency; Winter wheat

中耕、移栽可在一定程度上促进作物生长。余松烈等<sup>[1]</sup>提出小麦伤根处理可提高作物产量,对小麦深耘断根的研究,效果较好,仅1983年就在平原县推广了7.9万亩,增产小麦300多万斤。宋秉彝<sup>[2]</sup>得出断根有增穗防倒和抗干旱作用,刘殿英<sup>[3]</sup>、陈培元等<sup>[4]</sup>、石岩等<sup>[5]</sup>研究了断根对小麦根系及产量的影响,但对其增产作用机理的研究尚少见报道。

本试验研究了起身期不同位置伤根对小根系旱地品种晋麦47、高水肥品种石4185后期光合特性和生长的影响,并对其水分利用效率及产量进行了分析,以期探讨不同根形小麦各部分根系在生长过程中的作用差异,从而为不同小麦品种改良栽培措施提供理论依据,提高产量。

收稿日期: 2007-12-20

基金项目: 国家支撑计划项目(2007BAD69B01)

作者简介: 柳斌辉(1981-),男,河北元氏人,硕士,主要从事植物抗逆生理及抗旱鉴定方面的研究工作。

通讯作者: 栗雨勤(1951-),男,河北武邑人,研究员,主要从事作物抗旱遗传育种研究工作。

# 1 材料和方法

## 1.1 试验材料

石 4185 和晋麦 47。

## 1.2 试验方法

1.2.1 2 个品种根系形态指标的测定 挑选种子, 用 0.1% HgCl<sub>2</sub> 表面消毒 10 min, 自来水反复冲洗干净后, 浸泡吸水 24 h。然后将种子置于 28℃ 培养箱中催芽。待芽长 1 cm 时播在带有纱网的塑料盆中, 用 Hoagland 营养液<sup>[6]</sup> 培养至 5 叶期, 测定根长、根鲜质量和根干质量, 观察它们根系的差异。

1.2.2 小麦的种植 10 月中旬将已催芽的小麦播种于花盆中, 施足底肥, 上面覆盖 2 cm 沙, 便于断根, 将花盆埋入田间, 期间进行适时浇水。

1.2.3 断根 在起身期对小麦进行断初生根和部分次生根(4 条)。

1.2.4 光合生理测定 用英国 PP 公司生产的 Ciras-1 光合测定仪测定。主要测定叶片光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(C) 等指标, 单叶瞬时水分利用效率计算采用  $WUE = Pn/Tr$ , 每次测定重复 3 次, 选择晴朗的天气于断根 20 d 后测定。

1.2.5 根系干质量和地上部茎干质量测定 小麦成熟后, 将花盆中根系取出, 洗净, 烘干称重; 剪取地上部分烘干称重。

1.2.6 产量测定 对收取的麦粒风干称重。

# 2 结果与分析

## 2.1 根系形态的比较

正常条件下, 石 4185 的根系长度、根鲜质量、根干质量远大于晋麦 47, 且根系含水量高于晋麦 47。高水肥品种石 4185 与旱地品种晋麦 47 在根系形态上差异明显(表 1)。

表 1 两品种根系形态差异

Tab. 1 The difference of the root types of two wheat varieties

品种 Variety	根的平均长度 / cm Average root length	最长根长/ cm The longest root length	根干质量/ g Dry weight of root	根鲜质量/ g Fresh weight of root	干质量/ 鲜质量/ % Dry/ Fresh	含水量/ % Water content
晋麦 47 Jinmai47	20.64±4.47	34.82±4.54	0.028 2±0.004 3	0.432 4±0.066 6	6.52±0.25	93.48
石 4187 Shi4185	28.70±4.94	45.23±4.17	0.032 9±0.005 4	0.553 5±0.104 7	5.99±0.38	94.01

## 2.2 断根对光合速率和蒸腾速率及瞬时叶片水分利用效率的影响

图 1 显示, 断根后期, 2 品种的光合速率均升高, 但断初生根与断部分次生根品种间表现不同, 晋麦 47 断初生根和部分次生根后, 光合速率受影响明显, 分别升高 17.8%, 8.6%; 而石 4185 分别上升 1.3%, 11.6%; 表明断根对小麦后期生长有显著的促进作用, 晋麦 47 断初生根后光合速率高于断部分次生根后的光合速率, 而石 4185 断初生根后光合速率低于断部分次生根后的光合速率。可见, 对于小根系旱地品种晋麦 47 而言, 断初生根及部分次生根后对后期生长都有影响, 断初生根后的影响较大, 而大根系高水肥品种石 4185 断次生根对后期生长影响较大。由于在小麦后期生长过程中, 主要为次生根在土壤中的生长发育, 对于根系形态不同的 2 个小麦品种来说, 根系在土壤中吸收水分和养分的机理有一定的差异, 大根系小麦品种石 4185 在断部分次生根后可能更大的刺激了根系的发育, 最终提高了光合速率。

图 2、3 显示, 断根后期, 2 品种的蒸腾速率、气孔导度均上升, 晋麦 47 断初生根和部分次生根蒸腾速率分别上升 69.0%, 33.7%, 气孔导度分别上升

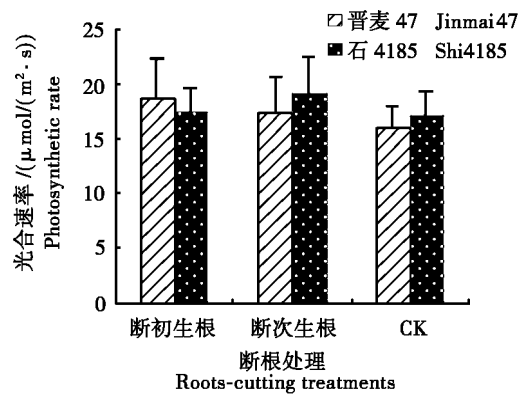


图 1 断根处理对两小麦品种光合的影响

Fig. 1 Effect of roots-cutting on the photosynthetic rate of two wheat varieties

58.1%, 16.8%; 石 4185 断初生根和部分次生根蒸腾速率分别上升 23.7%, 35.3%, 气孔导度分别上升 22.4%, 32.6%。以上数据说明两者的水分传导能力都有很大的提高, 且晋麦 47 高于石 4185, 起身期断根促进了小麦发育后期的根系生理机能的优化; 断初生根对小根系品种晋麦 47 蒸腾速率及气孔导度的影响较大, 断部分次生根对大根系品种石 4185 蒸腾速率及气孔导度的影响较大, 可见对于大根系品种石 4185 而言占主导地位的次生根的发育尤其重要。

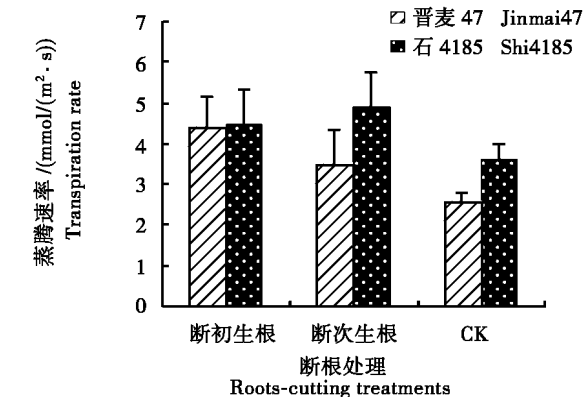


图 2 断根处理对两小麦品种蒸腾速率的影响  
Fig. 2 Effect of roots-cutting on the transpiration rate of two wheat varieties

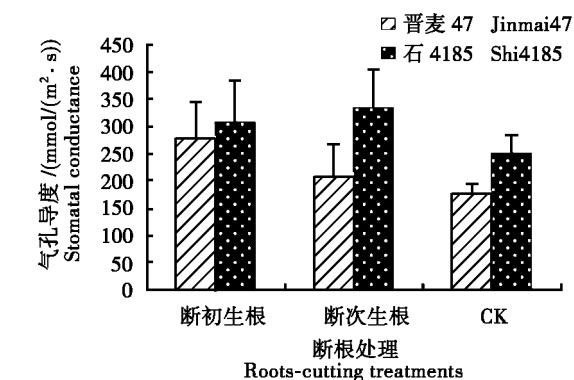


图 3 断根处理对两小麦品种气孔导度的影响  
Fig. 3 Effect of roots-cutting on the stomatal conductance of two wheat varieties

图 4 显示,断根后期,2 品种的水分利用效率均降低,晋麦 47 断初生根和部分次生根水分利用效率分别降低 30.4%,28.1%;石 4185 断初生根和部分次生根水分利用效率分别降低 20.5%,17.2%。其原因是断根后期蒸腾速率的上升比例远大于光合速率的上升比例,说明根系供给了足够的水分,且在各种处理条件下晋麦 47 的水分利用效率高于石 4185,突出了小根系小麦品种对水分的节约机制。

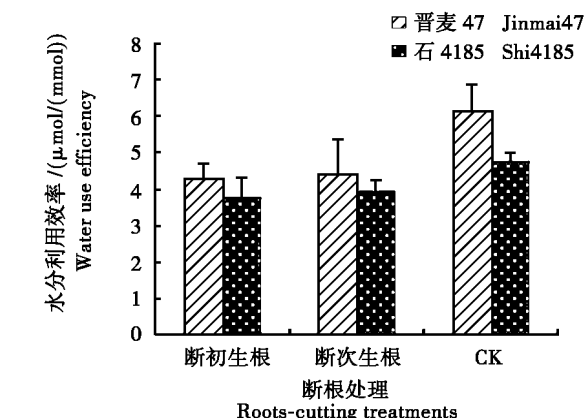


图 4 断根处理对两小麦品种水分利用效率的影响  
Fig. 4 Effect of roots-cutting on the water use efficiency of two wheat varieties

## 2.3 断根对小麦根系干质量的影响

图 5 结果显示,断根处理后 2 品种根系干质量均下降,对于晋麦 47,断初生根和断部分次生根后根系干质量较对照分别减少 39.3% 和 28.3%,石 4185 根系干质量分别减少 12.2% 和 5.7%。可以看出,2 品种断初生根对根系干质量的影响都大于断部分次生根对根系的影响,但断根对石 4185 的影响小于晋麦 47。可能当断部分次生根后,促进了剩余次生根的发育或再生,而初生根促进再生能力较差;对于大根系品种石 4185 而言,在适应土壤环境的机制方面可能更依赖于根系的发展,根系受到伤害后自身有较好的弥补措施。

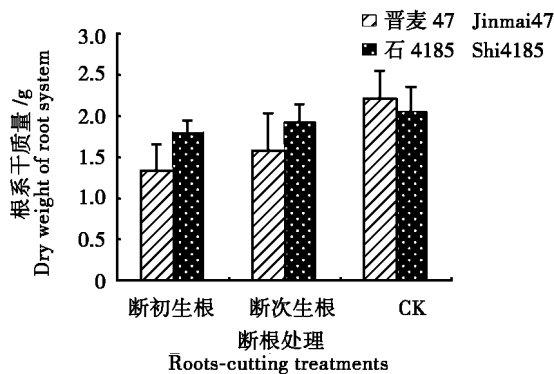


图 5 断根处理对两小麦品种根系干质量的影响  
Fig. 5 Effect of roots-cutting on the dry weight of two wheat varieties

## 2.4 断根对地上部干质量及总生物量的影响

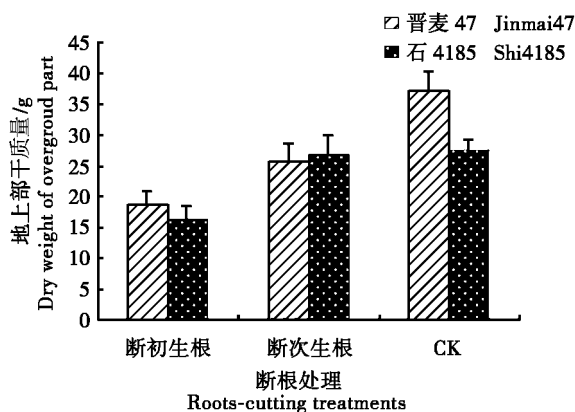


图 6 断根处理对两小麦品种地上部干质量的影响  
Fig. 6 Effect of roots-cutting on the dry weight of overground part of two wheat varieties

图 6 结果显示,断初生根和部分次生根后的地上部干质量与对照相比,晋麦 47 分别降低 49.8%,31.3%,石 4185 分别降低 40.9%,2.3%。可见,断初生根比断部分次生根对小麦地上部干质量影响更大,晋麦 47 伤根对地上部干质量的影响大于石 4185,对石 4185 来说,断部分次生根对地上部干质量影响最小,对次生根的伤害造成的不足得到较大

程度弥补,进一步显示了大根系小麦品种根系生长的优势。

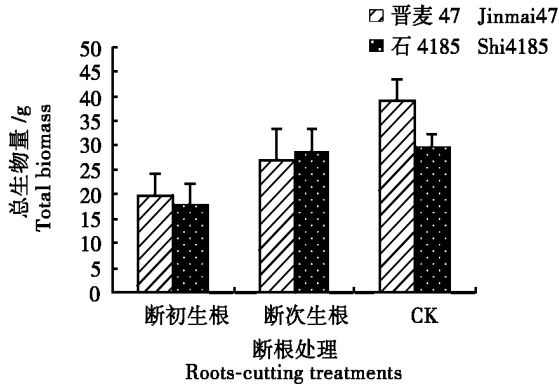


图 7 断根处理对两小麦品种总生物量的影响

Fig. 7 Effect of roots-cutting on the total biomass of two wheat varieties

图 7 结果显示:断初生根和部分次生根后的总生物量与对照相比,晋麦 47 分别降低 49.2%, 31.1%, 石 4185 分别降低 38.6%, 2.9%。

## 2.5 断根对产量及根冠比的影响

图 8 结果显示,断初生根和部分次生根后的产量与对照相比,晋麦 47 分别降低 56.6%, 37.4%, 石 4185 分别降低 44.9% 和升高 6.5%。可见,断初生根对产量的影响较大,晋麦 47 在断根后产量均下降,而石 4185 断部分次生根后产量反而升高,说明对大根系小麦品种石 4185 来说,起身期适当断部分次生根能提高产量。

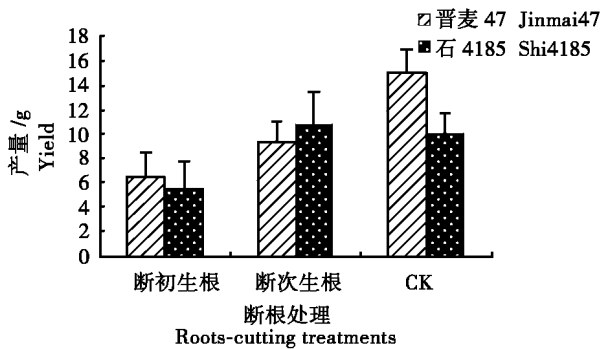


图 8 断根处理对两小麦品种产量的影响

Fig. 8 Effect of roots-cutting on the yield of two wheat varieties

图 9 结果显示,断初生根和部分次生根后的根冠比与对照相比,晋麦 47 分别增大 21.0%, 4.5%, 石 4185 分别增大 48.5% 和降低 3.4%。晋麦 47 根冠比的增大主要是由于断根后地上部干质量降低幅度较根系干质量降低幅度大造成的,其根系干质量的降低幅度仍然很大;对石 4185 而言,断初生根后根冠比增大幅度很大,主要是由于地上部干质量降幅较大,断部分次生根后根冠比略有降低是由于地

上部干质量降低幅度不大,因此在断部分次生根后在根系干质量变化不大的情况下,降低根冠比是较好的调节机制,有利于地上部干物质的积累。

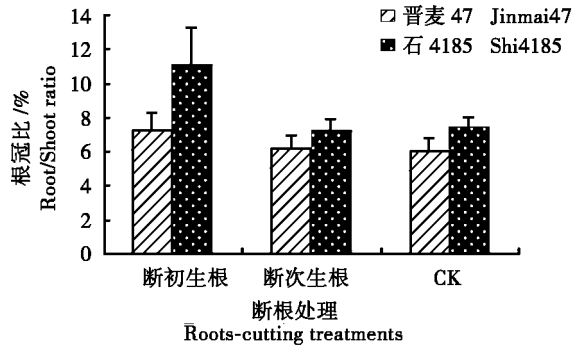


图 9 断根处理对两小麦品种根冠比的影响

Fig. 9 Effect of roots-cutting on the root/shoot ratio of two wheat varieties

## 3 讨论

植物的地上和地下部分作为植物体最基本的组成部分,共同有机地完成植物体的整体功能。植物根系直接与土壤接触,是作物所需的水分和营养物质的直接吸收者。在作物根系受到适度伤害时,具有抗旱和增产的效果。

本试验通过对小根系小麦品种晋麦 47 和大根系小麦品种石 4185 在起身期进行不同的断根处理,结果显示,断根 20 d 后,两品种光合速率、蒸腾速率、气孔导度明显高于对照,这与石岩等<sup>[5,7,8]</sup>的研究一致,通过断根可以来防止小麦的早衰,晋麦 47 断初生根后的升高幅度较断部分次生根后大,石 4185 断初生根后的升高幅度较断部分次生根后小,可见大根系品种石 4185 的适应能力与在小麦后期生长过程中占主导地位的次生根关系密切;同时,为了提供足够的水分用于蒸腾、光合,断根处理后根系的水分传输能力增强,可能在小麦根系遭到外部创伤后,为了弥补根系的缺陷,通过一定的生理调控机制,增加了水通道蛋白(AQP)的含量,或是增加了质外体途径的水分运输能力,晋麦 47 在断初生根后、石 4185 在断部分次生根后表现较突出,可见不同的断根处理对根系形态不同的小麦品种水分运输的影响有明显的差异。断根后,两品种 WUE 均降低,根系供给了充足的水分,且晋麦 47 的水分利用效率高于石 4185,突出了小根系小麦品种晋麦 47 高效利用水分的节约机制。

断根后小麦根系干质量、地上部干质量及总生物量均降低,且断初生根比断部分次生根对小麦的影响较大,值得注意的是石 4185 断部分次生根后,以上 3 个指标降低很小,说明在断部分次生根后石

4185 的根系生长得到较大补充用来满足地上部生长的需要, 这是大根系品种的一个特点。产量方面, 只有石 4185 在断部分次生根后较对照升高, 其他断根处理产量较对照均降低。根冠比结果显示, 只有石 4185 在断部分次生根后较对照略有降低, 其原因主要由于地上部干质量较对照降低幅度很小, 说明了断次生根后根系仍能较大地满足地上部的水分与营养需要, 其他断根处理根冠比均升高, 主要原因是地上部干质量较对照下降幅度较大。

以上结果与董桂菊等<sup>[9]</sup>提出的苗期伤根处理前期抑制春小麦生长, 后期则促进春小麦光合作用及光合产物积累, 增加小麦生物量并提高其叶片水分利用效率, 有相同之处, 也存在不同之处, 其原因可能是所选断根时间、断根程度以及断根位置存在差异, 或是所选品种的不同, 造成结果的差异; 共同之处是针对不同品种适时适度断根确实能提高光合、产量。针对不同根形的小麦品种, 在断根时间、位置的选择上, 还需要进一步研究, 同时应进一步探究其生理机理, 以便用来指导并选择出能够促进小麦增产的最佳断根方式与时间。

### 参考文献:

- [1] 余松烈, 元新华, 刘希运, 等. 冬小麦深耘断根增产作用的研究[J]. 中国农业科学, 1985(4): 30– 35.
- [2] 宋秉彝. 小麦断根措施的增穗防倒和抗干作用[J]. 北京农业科学, 1984(1): 6– 17.
- [3] 刘殿英. 小麦断根对其根系与产量性状的影响[J]. 山东农学院学报, 1983(2): 35– 42.
- [4] 陈培元, 詹谷宇, 谢伯泰. 冬小麦根系的研究[M]. 西安: 陕西农业科学出版社, 1980: 1– 6.
- [5] 石 岩, 位东斌, 于振文, 等. 深耘断根对旱地高产小麦花后根系干重及产量的影响[J]. 华北农学报, 1999, 14(3): 91– 95.
- [6] 毛达如. 植物营养研究方法[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1994: 17– 21.
- [7] 石 岩, 位东斌, 于振文, 等. 深耘断根对旱地小麦花后根系衰老及产量的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(6): 516– 519.
- [8] 刘子会, 柳斌辉, 李运朝, 等. 起身期断根对冬小麦后期光合和生长的影响[J]. 华北农学报, 2007, 22(5): 189– 190.
- [9] 董桂菊, 刘文兆. 伤根对春小麦光合特性及水分利用效率的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2): 77– 79.