

施磷对限水灌溉小麦根冠及产量的影响研究*

关军锋 李广敏

(河北省农林科学院遗传生理研究所 石家庄 050051)

摘要 试验研究表明,盆栽限水灌溉时施P明显促进小麦幼穗、根系和株高的早期生长发育,而对叶片含水量和叶绿素含量的影响较小;施P明显提高小麦地上部干物质质量和产量,且以限水处理效果最明显,提高了限水处理“温麦6”根干物质质量以及“温麦6”和“冀麦36”穗数。

关键词 施P 小麦 根冠 叶绿素 产量 限水灌溉

Effects of P application on root-top characteristics and yield of wheat under water-limited condition. GUAN Jun-Feng, LI Guang-Min (Institute of Genetics and Physiology, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051), *CJEA*, 2004, 12(4): 102~105

Abstract The effects of P application on root-top characteristics and yield of pot-cultivated wheat under water-limited condition are studied. The results show that P application stimulates significantly the development of fringe, root and plant height of wheat, however, has less influence on the contents of water and chlorophyll in leaves. P application increases obviously the top dry weight and yield, especially the root dry weight of 'cv. Wenmai 6', and fringe number of 'cv. Wenmai6' and 'cv. Jimai 36' at water-limited condition.

Key words P application, Wheat, Root-top, Chlorophyll, Yield, Water-limiting irrigation

旱作条件下施P肥可使作物增产,提高水分利用效率,其主要原因是增施P肥可缓解干旱对作物产量的不利影响,促进根系发育,提高根系活力,减少叶片水分蒸腾,增加叶片渗透调节物质含量,进而增产^[1-6,10];相反低P降低根系活力,而不利于产量形成^[7,8]。目前增施P肥对作物植株整体发育影响的研究尚少见报道^[1,4]。华北平原区春夏之交干旱严重,灌溉条件下有限灌水可明显提高小麦水分利用效率,实现节水,但拔节期和开花期限水处理不利于小麦产量形成^[4],而限水条件下增施P肥的效应目前尚未完全清晰。本试验研究了盆栽施P对限水处理小麦水分、植株形态发育的影响,以探讨施P对限水处理时小麦产量形成的影响机制。

1 试验材料与方法

盆栽试验于2001~2002年在河北省农林科学院自动防雨棚内进行,盆上部直径25cm×底部20cm×高25cm,盆栽土壤有机质含量为22.7g/kg,全N1.2g/kg,碱解氮78.75mg/kg,速效磷(P_2O_5)57.14mg/kg,播种前将盆埋在土壤中。供试小麦品种为“昌乐5”、“冀麦36”和“温麦6”,参考张岁歧等^[5,6]方法进行处理。其中P处理每盆施入 KH_2PO_4 2.0g,尿素2.5g;对照(CK)为每盆施入KCl 1.1g,尿素2.5g,施肥后灌水,待略干即每盆播种10粒,然后灌足水,种子出苗率接近100%。灌水处理分别于3月22日(小麦拔节期)、4月12日(孕穗~抽穗期)、4月24日(扬花期)和5月6日(灌浆期)灌水,而限水处理仅4月12日(孕穗~抽穗期)和5月6日(灌浆期)灌水。小麦收获时调查产量性状。参考张宪政^[9]方法测定小麦叶片相对含水量(RWC),取植株顶部旗叶测定叶片鲜物质质量(Wf)后,经蒸馏水浸泡12h后称取其饱和含水量(Wt),之后烘干至恒重称其干物质质量(Wd),根据 $RWC = (Wf - Wd) / (Wt - Wd)$ 计算RWC(%)。取小麦植株顶部旗叶以无水乙醇测定法^[9]测定叶片叶绿素含量(以单位面积叶片叶绿素质量表示其含量)。用清水洗净小麦根系后烘干至恒重称根干物质质量。用常规法调查小麦分蘖和产量相关性状。

* 国家科技部特别支持项目和河北省农林科学院项目(A0105063)共同资助

收稿日期:2003-07-28 改回日期:2003-08-29

2 结果与分析

2.1 施 P 对小麦叶片相对含水量的影响

表 1 表明除个别情况外,限水处理和施 P 对小麦叶片相对含水量无显著影响,说明施 P 未明显改善小麦叶片水分状况,但限水减少了水分消耗。

表 1 施 P 对小麦叶片相对含水量的影响 *

Tab.1 Effect of P application on the relative water content of wheat leaves

| 日期(月-日) Date(month-day) | 品 种 Variety | 限水处理 Water-limiting treatment | | 未限水处理 Non water-limiting treatment | |
|----------------------------|----------------|---|---|---|---|
| | | 叶片相对含水量/% Relative water content in leaves | 叶片相对含水量/% Relative water content in leaves | 叶片相对含水量/% Relative water content in leaves | 叶片相对含水量/% Relative water content in leaves |
| | | 对 照 CK | 施 P P application | 对 照 CK | 施 P P application |
| 04-12 | 昌乐 5 | 80.40(4.32) | 76.63(1.33) | 84.93(3.36) | 84.00(2.93) |
| | 冀麦 36 | 82.23(2.20) | 79.25(2.65) | 85.06(1.81) | 80.99(6.63) |
| | 温麦 6 | 79.64(5.78) | 79.17(7.05) | 77.18(6.03) | 84.49(5.20)** |
| 04-24 | 昌乐 5 | 79.39(2.55) | 77.61(1.30) | 81.89(3.82) | 79.59(0.97) |
| | 冀麦 36 | 80.94(3.21) | 78.41(4.76) | 83.27(1.82) | 79.67(4.01) |
| | 温麦 6 | 85.02(1.46) | 76.72(1.99)** | 83.28(3.86) | 78.89(1.36) |
| 05-06 | 昌乐 5 | 82.57(1.77) | 80.61(2.48) | 81.39(4.64) | 83.56(2.08) |
| | 冀麦 36 | 83.43(4.92) | 85.33(1.88) | 87.68(1.94) | 86.94(2.91) |
| | 温麦 6 | 78.52(2.31) | 77.90(4.06) | 82.98(2.27) | 80.38(2.88) |
| 05-20 | 昌乐 5 | 70.13(4.57) | 66.72(1.73) | 71.57(0.67) | 70.11(3.33) |
| | 冀麦 36 | 70.63(4.64) | 71.63(4.02) | 75.81(6.68) | 77.30(2.34) |
| | 温麦 6 | 62.74(5.27) | 50.96(12.51)** | 60.81(0.81) | 68.92(2.32)** |

* 括号内为实验数据标准差; ** 表示 $P=5\%$ 水平差异显著,下同。

2.2 施 P 对小麦叶片叶绿素含量的影响

限水处理小麦叶片叶绿素含量降速快于灌水处理,施 P 可明显增加干旱处理“冀麦 36”叶片叶绿素含量,而对其他品种除个别时期增加叶片叶绿素含量外,施 P 效果并不显著(见表 2),表明施 P 对小麦叶片叶绿素含量的影响因品种而异。

表 2 施 P 对小麦叶片叶绿素含量的影响

Tab.2 Effect of P application on the chlorophyll content of wheat leaves

| 日期(月-日) Date(month-day) | 品 种 Variety | 限水处理 Water-limiting treatment | | 未限水处理 Non water-limiting treatment | |
|----------------------------|----------------|--|--|--|--|
| | | 叶绿素含量/ $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ Chlorophyll content | 叶绿素含量/ $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ Chlorophyll content | 叶绿素含量/ $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ Chlorophyll content | 叶绿素含量/ $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ Chlorophyll content |
| | | 对 照 CK | 施 P P application | 对 照 CK | 施 P P application |
| 04-16 | 昌乐 5 | 0.92(0.02) | 1.01(0.05) | 1.31(0.24) | 1.07(0.03) |
| | 冀麦 36 | 0.68(0.10) | 0.83(0.03)** | 0.88(0.01) | 1.03(0.02)** |
| | 温麦 6 | 0.98(0.08) | 0.98(0.02) | 0.94(0.04) | 1.05(0.08) |
| 04-27 | 昌乐 5 | 0.63(0.03) | 0.63(0.10) | 0.52(0.13) | 0.61(0.06) |
| | 冀麦 36 | 0.48(0.06) | 0.56(0.01)** | 0.42(0.06) | 0.48(0.07) |
| | 温麦 6 | 0.51(0.07) | 0.45(0.17) | 0.45(0.03) | 0.51(0.07) |
| 05-08 | 昌乐 5 | 0.61(0.07) | 0.73(0.07) | 0.61(0.02) | 0.58(0.09) |
| | 冀麦 36 | 0.40(0.03) | 0.46(0.14) | 0.48(0.04) | 0.70(0.03)** |
| | 温麦 6 | 0.43(0.09) | 0.53(0.07) | 0.61(0.07) | 0.63(0.07) |
| 05-22 | 昌乐 5 | 0.47(0.05) | 0.49(0.08) | 0.60(0.15) | 0.60(0.08) |
| | 冀麦 36 | 0.33(0.13) | 0.40(0.11)** | 0.45(0.02) | 0.48(0.04) |
| | 温麦 6 | 0.35(0.05) | 0.35(0.14) | 0.43(0.00) | 0.55(0.02)** |

2.3 施 P 对小麦株高的影响

限水处理明显影响小麦发育后期株高增长,施 P 可明显促进小麦早期发育植株增高,且限水处理表现

更明显。相对而言施 P 对小麦生育后期株高增长的影响较小(见表 3)。

表 3 施 P 对小麦株高的影响

Tab.3 Effect of P application on the plant height of wheat

| 日期(月-日) Date(month-day) | 品 种 Variety | 限水处理 Water-limiting treatment 株高/cm Height | | 未限水处理 Non water-limiting treatment 株高/cm Height | |
|----------------------------|----------------|---|----------------------|--|----------------------|
| | | 对 照 CK | 施 P P application | 对 照 CK | 施 P P application |
| 04-04 | 昌乐 5 | 37.8(3.3) | 46.4(4.0)** | 42.4(2.7) | 44.2(4.8) |
| | 冀麦 36 | 33.4(1.8) | 39.8(4.1)** | 37.3(3.0) | 42.3(2.2)** |
| | 温麦 6 | 37.8(2.7) | 42.8(3.7)** | 43.9(2.0) | 47.1(5.5)** |
| 04-15 | 昌乐 5 | 61.6(6.7) | 68.0(4.1)** | 59.3(2.2) | 60.1(3.9) |
| | 冀麦 36 | 50.9(1.9) | 58.2(6.4)** | 54.9(5.1) | 55.0(3.8) |
| | 温麦 6 | 52.8(4.8) | 58.0(7.7)** | 57.6(1.8) | 59.4(5.6) |
| 04-25 | 昌乐 5 | 78.6(6.6) | 78.7(3.8) | 78.0(4.2) | 77.4(6.1) |
| | 冀麦 36 | 58.8(2.5) | 64.3(2.2)** | 63.6(4.6) | 64.3(2.5) |
| | 温麦 6 | 62.6(6.0) | 67.2(6.8)** | 67.4(2.8) | 69.0(9.1) |
| 05-06 | 昌乐 5 | 88.4(6.7) | 89.3(3.6) | 91.8(6.4) | 95.1(3.3) |
| | 冀麦 36 | 60.0(3.6) | 67.5(7.4)** | 64.9(4.3) | 65.6(4.8) |
| | 温麦 6 | 64.1(5.3) | 68.7(7.3)** | 68.5(3.5) | 70.4(10.2) |
| 05-20 | 昌乐 5 | 90.9(6.2) | 89.2(3.3) | 92.2(6.4) | 94.9(3.6) |
| | 冀麦 36 | 61.2(3.0) | 67.9(6.3)** | 65.4(3.8) | 66.2(4.9) |
| | 温麦 6 | 65.9(4.5) | 68.3(6.7) | 68.3(3.3) | 69.7(8.2) |

2.4 施 P 对小麦根冠性状与产量的影响

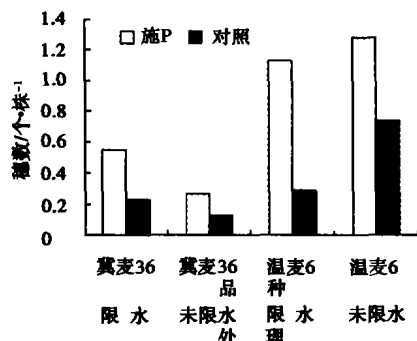


图 1 施 P 对小麦幼穗分化的影响
Fig.1 Effect of P application on the fringe differentiation of wheat

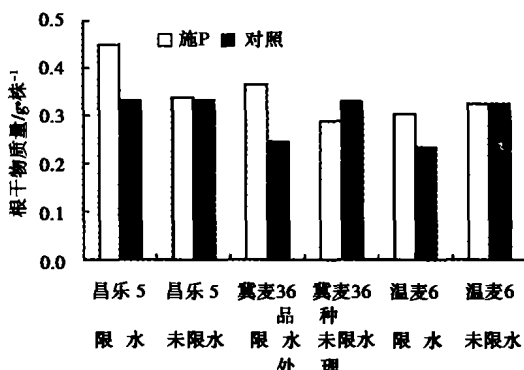


图 2 施 P 对小麦早期根系干物质量的影响
Fig.2 Effect of P application on the root dry weight of wheat at early stage

试验研究结果表明小麦抽穗初期(4月13日)“昌乐5”品种尚未抽穗,施P可明显增加“冀麦36”和“温麦6”2品种幼穗数量,且“温麦6”幼穗发育明显早于“冀麦36”(见图1),说明施P可显著促进小麦幼穗早期发育;限水且施

P处理小麦根系生长量明显高于对照,而未限水处理间则无显著差异(见图2),表明施P有效促进限水处理时小麦根系早期发育。施P处理小麦茎干物质和产量较高,且限水处理效果更明显,此时“温麦6”根干物质量以及“温麦6”和“冀麦36”穗数亦较高(见表4),表明施P处理对不同小麦品种的影响亦不同。

表 4 施 P 对小麦单株根冠性状与产量的影响

Tab.4 Effect of P application on the root-top characteristics and yield of single wheat plant

| 处 理 Treatment | 品 种 Variety | P | 分蘖数/个 Tiller number | 根干物质量/g Root dry weight | 茎干物质量/g Stem dry weight | 穗数/个 Fringe number | 千粒重/g 1000-grain weight | 产量/g Yield |
|------------------|----------------|---|------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|---------------|
| 限 水 | 昌乐 5 | + | 6.01** | 0.25 | 3.66 | 2.69 | 37.93 | 3.82 |
| | 昌乐 5 | - | 7.10 | 0.27 | 3.47 | 2.71 | 36.53 | 3.66 |
| | 冀麦 36 | + | 3.90 | 0.17 | 2.00** | 1.95** | 41.67** | 2.36** |

续表

| 处理 Treatment | 品种 Variety | P | 分蘖数/个 Tiller number | 根干物质质量/g Root dry weight | 茎干物质质量/g Stem dry weight | 穗数/个 Fringe number | 千粒重/g 1000-grain weight | 产量/g Yield |
|-----------------|---------------|---|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------|---------------|
| 无限水 | 冀麦 36 | - | 3.70 | 0.19 | 1.30 | 1.76 | 34.37 | 1.42 |
| | 温麦 6 | + | 4.33** | 0.28** | 2.70** | 2.75** | 40.43 | 3.06** |
| | 温麦 6 | - | 3.97 | 0.21 | 1.97 | 2.33 | 40.43 | 2.09 |
| | 昌乐 5 | + | 6.91 | 0.18 | 3.57 | 3.03 | 37.37 | 4.43** |
| | 昌乐 5 | - | 6.71 | 0.23 | 3.41 | 2.94 | 36.53 | 3.69 |
| | 冀麦 36 | + | 3.96 | 0.26 | 2.67 | 2.73 | 41.40** | 2.79** |
| | 冀麦 36 | - | 4.17 | 0.25 | 2.45 | 2.85 | 37.67 | 2.49 |
| | 温麦 6 | + | 4.67 | 0.24 | 2.93** | 3.21 | 40.73 | 3.00 |
| | 温麦 6 | - | 4.63 | 0.23 | 2.56 | 3.05 | 40.70 | 2.80 |

3 小 结

干旱条件下施 P 可明显促进小麦根系发育,加速根系生长,提高其干物质量,增产效果明显^[2]。本试验研究证明限水灌溉施 P 明显增加“温麦 6”和“冀麦 36”产量,且限水与否施 P 对小麦产量形成无不良影响,这说明节水灌溉加施 P 处理具有实际意义。施 P 一定程度可减缓作物干旱胁迫伤害,而 P 对植株水分状况的影响与其本身干旱程度有关^[2]。本试验研究发现限水灌溉时施 P 处理对小麦叶片相对含水量无显著影响,表明限水灌溉施 P 对小麦生长发育的影响并非主要是通过叶片水分的改善而实现;施 P 明显增加“冀麦 36”叶片叶绿素含量,而对其他品种效果基本不明显,施 P 对小麦叶片生理的影响有限;施 P 明显促进限水处理小麦幼穗、根系和株高的早期生长发育,为植株后期生长发育奠定良好的物质基础,促进其良性循环。低 P 导致小麦苗期发育不良^[7],因而施 P 对小麦早期发育的“刺激”作用可能是其有利于后期产量形成的重要原因。故限水灌溉加适当施 P 是提高小麦水分利用效率和产量的有效途径。

参 考 文 献

- 1 关军锋,李广敏. 干旱条件下施肥效应及其作用机理. 中国生态农业学报,2001,10(1):59~61
- 2 梁银丽. 土壤水分和氮磷营养对冬小麦根系生长及水分利用的调节. 生态学报,1996,16(3):6~11
- 3 曲 东,王保莉,汪沛洪等. 渗透胁迫下磷对玉米叶片有机渗透物质的影响. 干旱地区农业研究,1996,14(2):72~77
- 4 山 仑,陈培元. 旱地农业生理生态基础. 北京:科学出版社,1998
- 5 张岁歧,山 仑,薛青武. 氮磷营养对小麦水分关系的影响. 植物营养与肥料学报,2000,6(2):147~151
- 6 张岁歧,山 仑. 土壤干旱条件下磷素营养对春小麦水分状况和光合作用的影响. 西北植物学报,1997,17(1):20~27
- 7 李 虹,张锡梅. 不同基因型小麦苗期对低磷和水分胁迫的反应. 干旱地区农业研究,2001,19(1):72~78
- 8 王同朝,卫 丽,程相武等. 缺磷对渗透胁迫条件下春小麦根系生长及活力的影响. 华北农学报,1999,14(2):53~57
- 9 张宪政. 作物生理研究法. 北京:中国农业出版社,1992. 119~147
- 10 Skinner R. H., Radin J. W. The effect of phosphorus nutrition on water flow through the apoplastic by pass in cotton roots. J Exp. Bot., 1994,45:423~428