

水培条件下不同小麦基因型对氮磷肥敏感性差异的研究

孙娜, 曹禹, 张胜军, 侯丽丽, 王彩荣* (新疆伊犁州农业科学研究所, 新疆伊宁 835000)

摘要 在不同氮(磷)浓度下, 分析不同小麦基因型苗期的幼苗干重和根系干重, 研究不同基因型小麦对氮磷反应的差异性。结果表明, 在无氮(无磷)条件下, 小麦基因型间幼苗干重和根系干重差异不显著; 当氮浓度为 0.05 mmol/L 时, 小麦基因型间幼苗干重差异不显著, 根系干重差异达显著或极显著水平, 当磷浓度为 0.005 mmol/L 时, 小麦基因型间幼苗干重和根系干重均达显著或极显著水平; 当氮和磷浓度分别达 2.00 和 0.250 mmol/L 时, 小麦基因型间幼苗干重和根系干重差异显著或极显著。

关键词 普通小麦; 基因型差异; 氮磷肥

中图分类号 S512.1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)05-0165-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.05.046

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Variation in Response of Wheat Genotypes to Nitrogen and Phosphorus in Hydroponics

SUN Na, CAO Yu, ZHANG Sheng-jun et al (Yili Institute of Agricutural Science, Yining, Xinjiang 835000)

Abstract The seedling dry weight and root dry weight of different wheat genotypes were analyzed in different concentrations of nitrogen (phosphorus). At the same time, the variation in response of wheat genotypes to nitrogen and phosphorus were studied. The result suggested that the difference between wheat genotypes on seedling dry weight and root dry weight were insignificantly as the concentration of nitrogen (phosphorus) was 0 mmol/L. As the concentration of nitrogen increased to 0.05 mmol/L, the variations of wheat genotypes on seedling dry weight were insignificantly, but the variations on root dry weight were significantly different at 0.05 and 0.01 probability level respectively. As the concentration of phosphorus increased to 0.005 mmol/L, the variations of wheat genotypes on seedling dry weight and root dry weight were significantly different at 0.05 and 0.01 probability level respectively. As the concentration of nitrogen and phosphorus were 2.00 mmol/L and 0.250 mmol/L respectively, the variations of wheat genotypes on seedling dry weight and root dry weight were significantly different at 0.05 and 0.01 probability level respectively.

Key words Common wheat; Genotype difference; Nitrogen and phosphorus

小麦栽种历史悠久, 是我国三大粮食作物之一, 其产量对我国粮食安全具有重要影响。氮、磷是小麦生长所必需的 2 种主要矿质养分。化学施肥技术在满足作物养分需求和提高作物产量的同时, 也对环境造成了不同程度的污染^[1-3]。目前, 普遍认为施肥越多产量越高, 所以氮肥和磷肥过量施用成为一种普遍现象。品种改良、配方施肥和农艺技术的应用是提高小麦氮磷肥利用效率的有效途径, 而选育氮磷高效作物品种是关键^[4-5]。

不同基因型小麦对营养物质的吸收、积累和利用存在显著差异^[6-8]。营养利用效率高的品种在不同施肥条件下均表现相对较好, 因而适应性更广, 所以研究不同小麦品种对营养的利用效率已成为培育广适性品种的重要育种目标^[9-10]。笔者采用水培法, 研究了 12 个小麦品种对氮磷敏感的差异性, 分析了在无氮、低氮、高氮、无磷、低磷、高磷供应水平下, 不同小麦品种苗期幼苗干重、根系干重, 划分不同氮磷敏感性小麦品种, 为研究小麦氮磷高效吸收利用机理提供基础材料。

1 材料与方

1.1 试验材料 中麦 895、扬麦 16、石 4185、豆麦、矮抗 58、京冬 8 号、周 8524B、周麦 16 号、荔垦 4 号、中麦 1062、轮选 987、豫麦 34。

1.2 试验设计 选取饱满且大小均匀的小麦种子 30 粒, 用 10% H₂O₂ 处理 15~20 min, 无菌水冲洗 5~6 次, 将种子均匀

排放在铺有滤纸的玻璃培养皿内, 胚向上, 在黑暗条件下催芽 1 d。待种子露白以后, 移至直径小于 2 mm 的石英砂中, 在培养室中发芽出苗, 温度保持在 24 ℃。待小麦幼苗长至 5 cm 后, 用海绵裹紧, 定植于泡沫板上, 放入培养盒中, 加入营养液。营养液由基础 hongland 营养液和氮素或磷素组成, 基础营养液组成参照高翔等^[11] 和陈磊^[12], 分别为 K₂SO₄ 0.75 mmol/L、KCl 0.1 mmol/L、MgSO₄ 0.6 mmol/L、FeEDTA 4.0 × 10⁻² mmol/L、H₃BO₃ 1.0 × 10⁻³ mmol/L、MnSO₄ 1.0 × 10⁻³ mmol/L、ZnSO₄ 1.0 × 10⁻³ mmol/L、CuSO₄ 1.0 × 10⁻⁴ mmol/L、(Na)₂Mo₂O₄ 5.0 × 10⁻⁶ mmol/L、Ca(NO₃)₂ 2.0 mmol/L(磷处理)、KH₂PO₄ 0.25 mmol/L(氮处理)。将培养盒放入可控温室培养, 温度 13~15 ℃, 光照和黑暗时间分别为 14 和 10 h, 相对湿度控制在 70% 左右。每 3 d 换一次营养液, 连续培养 20 d 后收获。

分别设 3 个氮水平和 3 个磷水平, 氮水平培养液中 Ca(NO₃)₂ 含量分别为 0 mmol/L(无氮)、0.05 mmol/L(低氮)、2.00 mmol/L(高氮), 磷水平培养液中 KH₂PO₄ 含量为 0 mmol/L(无磷)、0.005 mmol/L(低磷)和 0.250 mmol/L(高磷), 重复 4 次, 分别用 CaCl₂ 和 KCl 将 Ca²⁺ 和 K⁺ 补充到相应水平。

1.3 取样与测定 将幼苗地上部与根部分开, 地上部 105 ℃ 杀青 30 min, 70 ℃ 烘干至恒重, 分别测定各处理幼苗干重 (shoot dry weight, SDW) 和根系干重 (root dry weight, RDW)。

1.4 数据分析 试验数据采用 Excel 和 DPS 数据分析软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同氮肥水平对不同小麦品种幼苗干重的影响 对无氮、低氮、高氮条件下, 12 个小麦品种的幼苗干重进行方差

基金项目 伊犁哈萨克自治州科技计划项目 (YZ2019a015)。

作者简介 孙娜 (1982—), 女, 吉林德惠人, 助理研究员, 硕士, 从事小麦遗传育种研究。* 通信作者, 副研究员, 从事小麦遗传育种研究。

收稿日期 2020-07-23

分析,结果见表1。从表1可以看出,不同氮肥水平对小麦品种幼苗干重的影响差异极显著,不同品种间幼苗干重差异极显著,氮肥水平与品种间互作对幼苗干重影响差异显著。

表1 不同氮肥水平对不同小麦品种幼苗干重影响的方差分析

Table 1 Analysis of variance of effect of different nitrogen fertilizer levels on seedling dry weight of different wheat varieties

变异来源 Sources of variation	平方和 Sum of squares	自由度 Degrees of freedom	均方 Mean square	F
区组间 Intergroup	0.032 4	3	0.010 8	0.368 8
氮肥因素间 Nitrogen fertilizer factors	12.452 1	2	6.226 1	212.773 2**
品种因素间 Variety factor	0.939 8	11	0.085 4	2.919 9**
氮肥×品种 Nitrogen fertilizer × Variety	1.212 3	22	0.055 1	1.883 2*
误差 Error	3.072 5	105	0.029 3	
总变异 Total variation	17.709 1	143		

从无氮、低氮、高氮3种氮水平下12个小麦品种(共36个处理)幼苗干重的多重比较结果可以看出(表2),无氮水平下,12个小麦品种间的幼苗干重无显著差异;低氮水平下,12个小麦品种间的幼苗干重也无显著差异;高氮水平下,12个小麦品种间的幼苗干重呈显著或极显著差异,说明只有把氮肥水平提高到一定程度时,小麦品种的幼苗干重才会出现显著或极显著差异。除京冬8号外,其他高氮水平下11个品种的幼苗干重均高于低氮和无氮水平,说明随着氮肥水平的提高,小麦幼苗干重也会相应的增加。高氮水平下中麦895的幼苗干重除与高氮水平下周8425B、周麦16、扬麦16的幼苗干重无显著差异外,均显著或极显著高于其他处理,说明中麦895、周8425B、周麦16和扬麦16随着氮肥水平的升高,幼苗干重增加幅度最大,说明这4个品种对氮肥反应的敏感度较高。

2.2 不同氮肥水平对不同小麦品种根系干重的影响 对氮肥水平下,12个小麦品种的根系干重进行方差分析,结果显示(表3),不同氮肥水平对小麦品种幼苗干重的影响差异极显著,不同品种间幼苗干重差异显著,氮肥水平与品种间互作对幼苗干重影响差异不显著。

对3种氮水平下12个小麦品种(共36个处理)的根系干重进行多重比较,结果见表4。从表4可以看出,无氮水平下,12个小麦品种间的根系干重无显著差异;低氮水平下,轮选987的根系干重极显著高于中麦895、石4185和豆麦,显著高于周麦16、周8425B的根系干重显著高于中麦895、石4185和豆麦,其他品种间根系干重差异不显著;高氮水平下,周8425B的根系干重极显著高于矮抗58、石4185和京冬8号,显著高于中麦1062、荔垦4号和轮选987,说明氮肥水平提高到0.05 mmol/L时,小麦品种间的根系干重表现显著或极显著差异,但随着氮浓度的继续增加,不同品种的根系增长速度差异显著,有些品种的根系干重反而降低,如轮选987和京冬8号。

表2 不同氮肥水平对不同小麦品种幼苗干重的影响

Table 2 Effects of different nitrogen fertilizer levels on seedling dry weight of different wheat varieties

处理 Treatment	品种 Variety	幼苗干重 Seedling dry weight//g
高 N	中麦 895	1.103 2 aA
高 N	周 8425B	1.033 5 aAB
高 N	周麦 16	0.990 4 abABC
高 N	扬 16	0.921 8 abcABC
高 N	中麦 1062	0.760 5 bcABCD
高 N	豫麦 34	0.758 8 bcABCD
高 N	荔垦 4 号	0.690 4 cdBCDE
高 N	矮抗 58	0.686 2 cdBCDE
高 N	豆麦	0.671 4 cdeCDEF
高 N	轮选 987	0.650 1 cdeCDEFG
高 N	石 4185	0.643 5 cdeCDEFGH
低 N	周 8425B	0.463 9 defDEFGHI
低 N	扬 16	0.456 7 defDEFGHIJ
高 N	京冬 8	0.400 3 efgDEFGHIJK
低 N	中麦 1062	0.352 2 fghEFGHIJK
低 N	荔垦 4 号	0.338 5 fghiEFGHIJK
低 N	中麦 895	0.315 4 fghiEFGHIJK
低 N	矮抗 58	0.298 2 fghiGHIJK
低 N	京冬 8	0.294 2 fghiGHIJK
低 N	轮选 987	0.281 0 fghiHIJK
低 N	石 4185	0.246 3 fghiIJK
低 N	周麦 16	0.219 4 fghiIJK
低 N	豫麦 34	0.210 3 fghiIJK
低 N	豆麦	0.157 0 ghiIJK
无 N	豆麦	0.091 9 hiJK
无 N	中麦 895	0.082 5 hiJK
无 N	扬 16	0.082 5 hiJK
无 N	京冬 8	0.079 7 hiJK
无 N	周麦 16	0.072 1 hiK
无 N	中麦 1062	0.067 7 hiK
无 N	周 8425B	0.066 8 hiK
无 N	矮抗 58	0.066 5 hiK
无 N	豫麦 34	0.058 7 hiK
无 N	荔垦 4 号	0.056 2 hiK
无 N	轮选 987	0.055 9 hiK
无 N	石 4185	0.046 3 iK

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)

Note: Different lowercases in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level; different capital letters indicated extremely significant difference at 0.01 level

表3 不同氮肥水平对不同小麦品种根系干重影响的方差分析

Table 3 Analysis of variance of effect of different nitrogen fertilizer levels on root dry weight of different wheat varieties

变异来源 Sources of variation	平方和 Sum of squares	自由度 Degrees of freedom	均方 Mean square	F
区组间 Intergroup	0.015 0	3	0.005 0	2.610 0
氮肥因素间 Nitrogen fertilizer factors	0.294 6	2	0.147 3	76.695 4**
品种因素间 Variety factor	0.043 9	11	0.004 0	2.079 7*
氮肥×品种 Nitrogen fertilizer × Variety	0.057 8	22	0.002 6	1.368 3
误差 Error	0.201 6	105	0.001 9	
总变异 Total variation	0.613 0	143		

2.3 不同磷肥水平对不同小麦品种幼苗干重的影响 对3种磷水平下,12个品种小麦的幼苗干重进行方差分析,结果见表5。从表5可以看出,不同磷肥水平对小麦品种幼苗干重的影响差异极显著,不同品种间幼苗干重差异极显著,磷肥水平与品种间互作对幼苗干重影响差异不显著。

表 4 不同氮肥水平对不同小麦品种根系干重的影响

Table 4 Effects of different nitrogen fertilizer levels on root dry weight of different wheat varieties

处理 Treatment	品种 Variety	根系干重 Root dry weight//g
高 N	周 8425B	0.232 7 aA
高 N	周麦 16	0.197 6 abAB
低 N	轮选 987	0.197 5 abAB
高 N	扬 16	0.188 5 abABC
高 N	豫麦 34	0.179 6 abcABCD
低 N	周 8425B	0.174 6 abcdABCDE
高 N	豆麦	0.168 6 abcdeABCDEF
高 N	中麦 895	0.166 8 abcdeABCDEF
高 N	中麦 1062	0.161 1 abcdefABCDEFGF
高 N	荔垦 4 号	0.155 1 bcdefABCDEF
高 N	轮选 987	0.154 6 bcdefghABCDEF
低 N	荔垦 4 号	0.143 6 bcdefghABCDEF
高 N	矮抗 58	0.135 8 bcdefghBCDEF
高 N	石 4185	0.134 8 bcdefghBCDEF
低 N	扬 16	0.131 4 bcdefghijBCDEF
低 N	矮抗 58	0.131 0 bcdefghijBCDEF
低 N	中麦 1062	0.130 6 bcdefghijBCDEF
低 N	京冬 8	0.129 4 bcdefghijBCDEF
低 N	豫麦 34	0.123 7 bcdefghijkBCDEF
低 N	周麦 16	0.109 4 cdefghijklBCDEF
高 N	京冬 8	0.102 3 defghijklBCDEF
低 N	中麦 895	0.097 2 efghijklCDEF
低 N	石 4185	0.089 3 fghijklDEFGH
低 N	豆麦	0.080 3 ghijklEFGH
无 N	周 8425B	0.071 7 hijklFGH
无 N	京冬 8	0.064 0 ijklGHI
无 N	荔垦 4 号	0.062 2 ijkIHI
无 N	中麦 895	0.059 5 jkIHJ
无 N	矮抗 58	0.059 1 jkIHJ
无 N	豆麦	0.058 4 jkIHJ
无 N	扬 16	0.054 3 klIJ
无 N	豫麦 34	0.053 1 klIJ
无 N	中麦 1062	0.050 7 klIJ
无 N	周麦 16	0.048 2 lIJ
无 N	轮选 987	0.047 6 lIJ
无 N	石 4185	0.042 5 lJ

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)

Note: Different lowercases in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level; different capital letters indicated extremely significant difference at 0.01 level

表 5 不同磷肥水平对不同小麦品种幼苗干重影响的方差分析

Table 5 Variance analysis of the effect of different phosphate fertilizer levels on seedling dry weight of different wheat varieties

变异来源 Sources of variation	平方和 Sum of squares	自由度 Degrees of freedom	均方 Mean square	F
区组间 Intergroup	0.072 0	3	0.024 0	0.496 3
磷肥因素间 Nitrogen fertilizer factors	17.086 7	2	8.543 3	176.601 5**
品种因素间 Variety factor	1.856 9	11	0.168 8	3.489 4**
磷肥×品种 Phosphate fertilizer × Variety	1.678 6	22	0.076 3	1.577 3
误差 Error	5.079 5	105	0.048 4	
总变异 Total variation	25.773 7	143		

从表 6 可以看出,无磷水平下,12 个小麦品种间的幼苗干重无显著差异;低磷水平下小麦幼苗干重,除周麦 16 显著高于轮选 987 和石 4185 外,其他品种间差异显著;高磷水平

下,12 个小麦品种间的幼苗干重表现出显著或极显著差异。高磷水平下扬麦 16 的幼苗干重与高磷水平下豆麦、周麦 8425B、中麦 895 的幼苗干重无显著差异,此外,均显著或极显著高于其他 32 个处理。

2.4 不同磷肥水平对不同小麦品种根系干重的影响 对 3 种磷水平下 12 个小麦品种的根系干重进行方差分析,结果见表 7。从表 7 可以看出,不同磷肥水平对小麦品种根系干重的影响差异极显著,不同品种间根系干重差异极显著,磷肥水平与品种间互作对根系干重影响差异不显著。

从表 8 可以看出,无磷水平下,12 个小麦品种间的根系干重无显著差异;低磷和高磷水平下,12 个小麦品种间根系干重差异均达显著或极显著水平。前 8 个处理间差异不显著,除高磷水平下豆麦和扬 16 外,这 8 个处理还包括高磷和低磷水平下豫麦 34、周 8425B、周麦 16,说明这 3 个品种对磷肥的反应比较敏感,但随着磷含量的继续增加,根系干重变化不明显。

表 6 不同磷肥水平对不同小麦品种幼苗干重的影响

Table 6 Effects of different phosphate fertilizer levels on seedling dry weight of different wheat varieties

处理 Treatment	品种 Variety	幼苗干重 Seedling dry weight//g
高 P	扬 16	1.359 6 aA
高 P	豆麦	1.234 0 abAB
高 P	周 8425B	1.229 9 abAB
高 P	中麦 895	1.153 4 abcABC
高 P	豫麦 34	1.016 0 bcdABCD
高 P	矮抗 58	0.980 9 bcdeABCDE
低 P	周麦 16	0.899 7 bcdefBCDEF
高 P	周麦 16	0.891 2 bcdefBCDEF
低 P	豫麦 34	0.832 2 cdefgBCDEF
低 P	周 8425B	0.808 3 cdefgBCDEF
低 P	中麦 895	0.806 2 cdefgBCDEF
高 P	荔垦 4 号	0.792 8 cdefgBCDEF
低 P	豆麦	0.763 4 defghBCDEF
高 P	轮选 987	0.719 8 defgCDEF
高 P	石 4185	0.717 9 defgCDEF
高 P	中麦 1062	0.713 8 defgCDEF
高 P	京冬 8	0.701 0 defgCDEF
低 P	荔垦 4 号	0.640 9 efgDEFG
低 P	中麦 1062	0.637 2 efgDEFG
低 P	扬 16	0.564 1 fghDEFGH
低 P	京冬 8	0.547 4 fghDEFGH
低 P	矮抗 58	0.534 2 fghDEFGH
低 P	轮选 987	0.503 7 ghiEFGH
低 P	石 4185	0.465 5 ghijFGH
无 P	豆麦	0.215 8 hijkGH
无 P	中麦 895	0.179 9 ijkGH
无 P	周麦 16	0.140 7 jkH
无 P	京冬 8	0.139 4 jkH
无 P	扬 16	0.139 3 jkH
无 P	周 8425B	0.126 5 jkH
无 P	矮抗 58	0.118 9 jkH
无 P	轮选 987	0.106 2 jkH
无 P	石 4185	0.104 6 jkH
无 P	豫麦 34	0.090 4 kH
无 P	荔垦 4 号	0.088 1 kH
无 P	中麦 1062	0.081 1 kH

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)

Note: Different lowercases in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level; different capital letters indicated extremely significant difference at 0.01 level

表7 不同磷肥水平对不同小麦品种根系干重影响的方差分析

Table 7 Variance analysis of effect of different phosphate fertilizer levels on the root dry weight of different wheat varieties

变异来源 Sources of variation	平方和 Sum of squares	自由度 Degrees of freedom	均方 Mean square	F
区组间 Intergroup	0.007 9	3	0.002 6	0.846 8
磷肥因素间 Nitrogen fertilizer factors	0.552 9	2	0.276 4	88.724 0**
品种因素间 Variety factor	0.102 4	11	0.009 3	2.987 6**
磷肥×品种 Phosphate fertilizer × Variety	0.100 9	22	0.004 6	1.472 2
误差 Error	0.327 2	105	0.003 1	
总变异 Total variation	1.091 3	143		

表8 不同磷肥水平对不同小麦品种根系干重的影响

Table 8 Effects of different phosphate fertilizer levels on root dry weight of different wheat varieties

处理 Treatment	品种 Variety	根系干重 Root dry weight/g
高 P	豆麦	0.319 0 aA
高 P	豫麦 34	0.293 5 abAB
高 P	扬 16	0.291 7 abAB
高 P	周 8425B	0.275 3 abABC
低 P	豫麦 34	0.2714 abABCD
高 P	周麦 16	0.242 5 abcABCDE
低 P	周 8425B	0.241 8 abcABCDE
低 P	周麦 16	0.233 9 abcABCDE
高 P	荔垦 4 号	0.222 6 bcABCDEF
高 P	矮抗 58	0.220 1 bcABCDEF
低 P	豆麦	0.217 4 bcdABCDEF
低 P	中麦 895	0.212 4 bcdeABCDEF
高 P	中麦 895	0.212 3 bcdeABCDEF
高 P	石 4185	0.207 6 bcdeABCDEF
高 P	轮选 987	0.206 2 bcdeABCDEF
低 P	荔垦 4 号	0.204 9 bcdeABCDEF
高 P	京冬 8	0.176 1 cdefBCDEFG
低 P	京冬 8	0.175 9 cdefBCDEFG
低 P	中麦 1062	0.169 6 cdefBCDEFG
低 P	轮选 987	0.161 9 cdefgCDEFGH
高 P	中麦 1062	0.156 1 cdefgCDEFGH
低 P	石 4185	0.151 9 cdefghCDEFGH
低 P	扬 16	0.148 3 cdefghCDEFGH
低 P	矮抗 58	0.146 7 cdefghCDEFGH
无 P	中麦 895	0.124 3 defghEFGHIJK
无 P	豆麦	0.120 4 efghEFGHIJK
无 P	京冬 8	0.098 5 fghFGHIJK
无 P	轮选 987	0.096 5 fghGHIJK
无 P	周麦 16	0.092 5 fghHIJK
无 P	石 4185	0.090 3 fghIJK
无 P	矮抗 58	0.085 0 fghIJK
无 P	周 8425B	0.082 3 fghJK
无 P	荔垦 4 号	0.073 0 ghK
无 P	扬 16	0.068 9 ghK
无 P	豫麦 34	0.067 6 ghK
无 P	中麦 1062	0.060 4 hK

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level; different capital letters indicated extremely significant difference at 0.01 level

(上接第 164 页)

- [10] 汪李平, 向长萍, 王运华. 我国蔬菜硝酸盐污染状况及防治途径研究进展(上)[J]. 长江蔬菜, 2000(4): 1-4.
- [11] 杨润新, 邹雪峰, 肖光明, 等. 有机无机复混肥对辣椒产量和品质的影响[J]. 现代农业科技, 2013(3): 79-80.
- [12] 李英楠, 白亚丽, 杜南山, 等. 有机复混肥替代化肥施对日光温室番茄生长及土壤环境的影响[J]. 中国瓜菜, 2019, 32(11): 43-47.

3 讨论

3.1 小麦不同基因型对氮磷肥反应差异的变化规律 在无氮或无磷条件下, 小麦不同基因型的幼苗干重和根系干重差异不显著; 低氮或低磷条件下小麦基因型间幼苗干重和根系干重差异小, 高氮或高磷条件加大了小麦基因型间幼苗干重和根系干重的差异。说明随着氮肥或磷肥施入量的增加, 小麦植株地上部分和根系部分的生长品种间差异会加大。这与施磷对小麦籽粒产量和生物产量-基因型间的变化规律相反^[13]。

3.2 不同氮磷肥水平对小麦幼苗和根系干重的影响 在无氮或无磷条件下, 小麦植株的幼苗和根系干重均比低氮或低磷条件下幼苗和根系干重低, 而高磷条件下普遍较高, 说明合理地施用氮磷肥对小麦植株生长起到积极的作用。

3.3 不同基因型小麦对氮磷肥反应敏感性比较 对高氮、高磷水平下不同基因型小麦的幼苗干重和根系干重进行比较, 中麦 895、周 8425B、扬麦 16、周麦 16、豆麦、豫麦 34 这 6 个品种的幼苗干重和根系干重处于领先位置, 说明这 6 个品种对氮磷肥的反应较其他品种敏感。

由于该试验条件的限制, 仅对不同小麦品种的氮磷敏感性差异进行了分析, 还未从深层次上揭示小麦氮磷效率差异的机理, 有关不同氮磷效率基因型小麦对氮磷的吸收规律及生理机制的研究尚有待深入研究。

参考文献

- [1] 刘敏娟, 李秧秧, 张岁岐. 小麦进化材料氮、磷养分利用效率间的关系[J]. 麦类作物学报, 2002, 22(3): 34-37.
- [2] 徐霞, 赵亚南, 黄玉芳, 等. 不同地力水平下的小麦施肥效应[J]. 中国农业科学, 2018, 51(21): 4076-4086.
- [3] 李子涵. 我国粮食生产中的化肥过量施用研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(16): 245-247.
- [4] ZHU X K, GUO W S, DING J F, et al. Enhancing nitrogen use efficiency by combinations of nitrogen application amount and time in wheat[J]. Journal of plant nutrition, 2011, 34(12): 1747-1761.
- [5] 赵亚南, 宿敏敏, 吕阳, 等. 减量施肥下小麦产量、肥料利用率和土壤养分平衡[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(4): 864-873.
- [6] 裴雪霞, 王姣爱, 党建友, 等. 耐低氮小麦基因型筛选指标的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(1): 93-98.
- [7] VINOD K K, HEUER S. Approaches towards nitrogen-and phosphorus-efficient rice[J]. AoB Plants, 2012, 2012: 1-18.
- [8] LE GOUIS J, BE' GHIN D, HEUMEZ E, et al. Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilisation efficiencies in winter wheat[J]. European journal of agronomy, 2000, 12(3/4): 163-173.
- [9] 李淑文, 王文达, 周彦珍, 等. 不同氮效率小麦品种氮素吸收和物质生产特性[J]. 中国农业科学, 2006, 39(10): 1992-2000.
- [10] 李法计, 肖永贵, 金松灿, 等. 京 411 及其衍生系苗期氮和磷利用效率相关性状的遗传分析[J]. 麦类作物学报, 2015, 35(6): 737-746.
- [11] 高翔, 陈磊, 云鹏, 等. 不同基因型小麦侧根生长对硝态氮的响应差异[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(4): 1013-1019.
- [12] 陈磊. 磷素供应及过氧化氢对小麦根系形态的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011: 28-29.
- [13] 黄润, 茹思博, 张安恢, 等. 新疆春小麦品种的磷营养差异研究[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(5): 824-829.

- [13] 高伟, 朱静华, 李明悦, 等. 有机无机肥料配合施用对设施条件下芹菜产量、品质及硝酸盐淋溶的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(3): 657-664.
- [14] 朱兆良, 文启孝. 中国土壤氮素[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1990: 3-7.
- [15] 倪进治, 徐建民, 谢正苗, 等. 不同有机肥料对土壤生物活性有机质组分的动态影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(4): 374-378.