



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106576728 A

(43)申请公布日 2017.04.26

(21)申请号 201611012031.4

(22)申请日 2016.11.17

(71)申请人 甘肃农业大学

地址 730070 甘肃省兰州市安宁区营门村1号

(72)发明人 孟亚雄 王化俊 任盼荣 汪军成  
姚立荣 李葆春 马小乐 杨轲  
司二静

(74)专利代理机构 甘肃省知识产权事务中心  
62100

代理人 孙惠娜

(51)Int. Cl.

A01G 1/00(2006.01)

A01G 7/00(2006.01)

A01G 21/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

从多个小麦品种中筛选氮高效率利用品种的方法

(57)摘要

一种从多个小麦品种中筛选氮高效率利用品种的方法,选籽粒大小一致的小麦品种,放入培养皿,萌发至生根的幼苗;从幼苗中选生长一致的幼苗,分为两组,用不同氮浓度营养液浇灌至小麦成熟;测定并计算每个品种的相对株高、相对穗粒数和相对千粒重;综合对比,选出三项指标综合最高的几个小麦品种为氮高效率利用品种;并萌发至生根的复筛幼苗,取长势一致的复筛幼苗,分为两组,用不同氮浓度营养液进行水培,测定及计算每个品种的相对干物质重、相对氮含量、相对叶绿素含量;综合对比,选出该三项指标综合最高的1个小麦品种为氮利用效率相对最高的品种。本方法最终筛选出的小麦品种,为进一步改良现有品种,研究其生物学特性和生理生化机制提供材料。

1. 一种从多个小麦品种中筛选氮高效率利用品种的方法,其特征在于:具体按以下步骤进行:

a) 挑选饱满、籽粒大小一致的需要进行筛选的小麦品种,分别摆放在铺有滤纸的培养皿中,在光照培养箱中萌发至生根的幼苗;

b) 砂培初筛:从步骤a)的每个小麦品种幼苗中挑选出2n株生长一致的幼苗,并将每个品种的幼苗分为两组,用两种不同氮浓度的营养液分别浇灌两组幼苗,直至小麦成熟;

c) 分别测定每个品种的两组砂培苗的株高、穗粒数和千粒重,然后按相对性状值=低氮处理的测定值 $\div$ 正常氮处理的测定值,计算每个品种的相对株高、相对穗粒数和相对千粒重;将计算得到每个小麦品种的相对性状值进行排序,综合各相对性状值排名最终筛选出相对株高、相对穗粒数和相对千粒重三个指标数值综合最高的2-4个小麦品种为氮高效率利用品种,筛选出相对株高、相对穗粒数和相对千粒重三个指标数值综合最低的2-4个品种为氮利用效率较低的品种作为对照;

d) 将步骤c)筛选出的氮高效率利用品种和氮低效率利用品种按步骤a)的方法萌发至生根的复筛幼苗,选取长势一致的2n株复筛幼苗,将每个品种的复筛幼苗分为两组,用两种不同氮浓度的营养液分别对两组复筛幼苗进行水培,培养三周后分别测定每个品种两组水培苗的干物质重、氮含量、叶绿素含量,然后按相对性状值=低氮处理的测定值 $\div$ 正常氮处理的测定值,计算每个品种的相对干物质重、相对氮含量、相对叶绿素含量;

e) 根据计算得出的多个小麦品种的相对干物质重、相对氮含量和相对叶绿素含量进行排序,综合各相对性状值排名最终筛选出相对干物质重、相对氮含量和相对叶绿素含量三个指标综合最高的1个小麦品种为氮利用效率相对最高的品种。

2. 根据权利要求1所述的从多个小麦品种中筛选氮高效率利用品种的方法,其特征在于:所述步骤b)中砂培试验容器采用29cm $\times$ 19cm塑料盆,栽培基质由体积比1:1的沙子和蛭石组成。

3. 根据权利要求1所述的从多个小麦品种中筛选氮高效率利用品种的方法,其特征在于:所述步骤b)中两种不同氮浓度的营养液分别为低氮水平的营养液和正常氮水平的营养液,一组幼苗浇灌低氮水平的营养液,另一组幼苗浇灌正常氮水平的营养液;每隔一周用营养液浇灌一次,每次每盆浇灌营养液500mL,营养液浇后三天浇水一次,每次每盆浇水500mL。

4. 根据权利要求1所述的从多个小麦品种中筛选氮高效率利用品种的方法,其特征在于:所述步骤d)中的水培方法为,用涂有防锈漆的铁丝将育苗盘底部朝上固定在周转箱上,移栽复筛幼苗置于育苗盘孔中,加水至与育苗盘底部相平;其中一组复筛幼苗浇灌低氮水平营养液,另一组复筛幼苗浇灌正常氮水平营养液,光照时间白天12h,夜间12h,白天最高温度32 $^{\circ}$ C,夜间最低温度27 $^{\circ}$ C;培养期间每天用浓度为1mol/L的盐酸或1mol/L的氢氧化钠溶液调节培养液pH值至6.5,每两天更换一次营养液。

5. 根据权利要求3或4所述的从多个小麦品种中筛选氮高效率利用品种的方法,其特征在于:所述营养液的氮源为 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,用去离子水配制而成;每升低氮水平的营养液中的氮含量为16mg,每升正常氮水平的营养液中的氮含量为320mg,该两种水平的营养液中的其它成分及含量均相同。

6. 根据权利要求5所述的从多个小麦品种中筛选氮高效率利用品种的方法,其特征在

于:每升营养液中含 $K_2SO_4$  2.50mmol、 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  1.50mmol、 $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$  1.33mmol、 $CaCl_2$  2.00mmol;该营养液中的微量元素采用Arnon营养液配方:其中 $Fe^{2+}$  2.8mg/L,以Fe-EDTA配入;硝化抑制剂 $7\mu mol/L$ 。

7.根据权利要求6所述的从多个小麦品种中筛选氮高效率利用品种的方法,其特征在于:所述硝化抑制剂为三氰胺。

## 从多个小麦品种中筛选氮高效率利用品种的方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于小麦栽培与育种技术领域,涉及一种从多个小麦品种中筛选氮高效率利用品种的方法。

### 背景技术

[0002] 小麦是一种在世界各地广泛种植的禾本科植物,起源于中东新月沃土地区,是世界上最早栽培的农作物之一,小麦富含淀粉、蛋白质等,磨成粉后可制作面包、馒头、饼干、面条等食物;发酵后可制成啤酒、酒精、伏特加,或生质燃料。小麦是三大谷物之一,产量几乎全作食用,仅约有六分之一作为饲料使用。2010年小麦是世界上总产量位居第二的粮食作物(6.51亿吨),仅次于玉米(8.44亿吨)。当前我国小麦生产中氮肥使用严重过量,过量施用氮肥不仅降低氮素利用效率,造成氮肥的奢侈吸收,还大量浪费能源,污染环境,严重影响的小麦产量与品质,并导致地下水系统富营养化及土壤次生盐渍化。因此,挖掘和培育氮高效率利用的材料,具有很高的遗传育种价值。自21世纪以来,研究者已成功进行了水稻,玉米,棉花等五种氮利用效率高的品种的筛选并对其机理进行了初步的探讨,目前国内外对小麦氮利用效率高的品种多采用苗期筛选,其与大田生产环境差异较大。

### 发明内容

[0003] 为了解决上述现有技术中存在的问题,本发明提供了一种从多个小麦品种中筛选氮高效率利用品种的方法,通过全生育期砂培和苗期水培的结合,建立小麦可靠、简便的氮利用效率高的品种的筛选方法。

[0004] 为实现上述目的,本发明所采用的技术方案是:

一种从多个小麦品种中筛选氮高效率利用品种的方法,具体按以下步骤进行:

a) 挑选饱满、籽粒大小一致的需要进行筛选的小麦品种,分别摆放在铺有滤纸的培养皿中,在光照培养箱中萌发至生根的幼苗;

b) 砂培初筛:从步骤a)的每个小麦品种幼苗中挑选出2n株生长一致的幼苗,并将每个品种的幼苗分为两组,用两种不同氮浓度的营养液分别浇灌两组幼苗,直至小麦成熟;

c) 分别测定每个品种的两组砂培苗的株高、穗粒数和千粒重,然后按相对性状值=低氮处理的测定值 $\div$ 正常氮处理的测定值,计算每个品种的相对株高、相对穗粒数和相对千粒重;将计算得到每个小麦品种的相对性状值进行排序,综合各相对性状值排名最终筛选出相对株高、相对穗粒数和相对千粒重三个指标数值综合最高的2-4个小麦品种为氮高效率利用品种,筛选出相对株高、相对穗粒数和相对千粒重三个指标数值综合最低的2-4个品种为氮利用效率较低的品种作为对照;

d) 将步骤c)筛选出的氮高效率利用品种和氮低效率利用品种按步骤a)的方法萌发至生根的复筛幼苗,选取长势一致的2n株复筛幼苗,将每个品种的复筛幼苗分为两组,用两种不同氮浓度的营养液分别对两组复筛幼苗进行水培,培养三周后分别测定每个品种两组水培苗的干物质重、氮含量、叶绿素含量,然后按相对性状值=低氮处理的测定值 $\div$ 正常氮处

理的测定值,计算每个品种的相对干物质重、相对氮含量、相对叶绿素含量;

e)根据计算得出的多个小麦品种的相对干物质重、相对氮含量和相对叶绿素含量进行排序,综合各相对形状值排名最终筛选出相对干物质重、相对氮含量和相对叶绿素含量三个指标综合最高的1个小麦品种为氮利用效率相对最高的品种。

[0005] 所述步骤b)中砂培试验容器采用29cm×19cm塑料盆,栽培基质由体积比1:1的沙子和蛭石组成。

[0006] 所述步骤b)中两种不同氮浓度的营养液分别为低氮水平的营养液和正常氮水平的营养液,一组幼苗浇灌低氮水平的营养液,另一组幼苗浇灌正常氮水平的营养液;每隔一周用营养液浇灌一次,每次每盆浇灌营养液500mL,营养液浇后三天浇水一次,每次每盆浇水500mL。

[0007] 所述步骤d)中的水培方法为,用涂有防锈漆的铁丝将育苗盘底部朝上固定在周转箱上,移栽复筛幼苗置于育苗盘孔中,加水至与育苗盘底部相平;其中一组复筛幼苗浇灌低氮水平营养液,另一组复筛幼苗浇灌正常氮水平营养液,光照时间白天12h,夜间12h,白天最高温度32℃,夜间最低温度27℃;培养期间每天用浓度为1mol/L的盐酸或1mol/L的氢氧化钠溶液调节培养液pH值至6.5,每两天更换一次营养液。

[0008] 所述营养液的氮源为 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,用去离子水配制而成;每升低氮水平的营养液中的氮含量为16mg,每升正常氮水平的营养液中的氮含量为320mg,该两种水平的营养液中的其它成分及含量均相同。每升营养液中含 $\text{K}_2\text{SO}_4$  2.50mmol、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  1.50mmol、 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  1.33mmol、 $\text{CaCl}_2$  2.00mmol;该营养液中的微量元素采用Arnon营养液配方:其中 $\text{Fe}^{2+}$  2.8mg/L,以Fe-EDTA配入;硝化抑制剂 $7\mu\text{mol/L}$ 。

[0009] 所述硝化抑制剂为三氰胺。

[0010] 本发明筛选方法操作简便易行,能基本上客观地反映吸收氮肥的真实状况,筛选出优异的种质。该筛选方法具有以下优点:

1)是目前较为系统的针对小麦氮肥吸收真实状况的筛选方法,即通过三个形态指标和三个生理指标筛选小麦氮利用效率高的品种,且该方法与田间实际生产条件相近,操作简便易行,可以对尽可能多的小麦品种进行氮高效率利用品种的筛选,从而筛选出氮利用效率最高的小麦品种。

[0011] 2)首次针对小麦氮高效率利用研究工作基础薄弱,研究小麦不同氮水平下的生理指标,为后续的研究小麦氮高效率吸收机理及品种改良提供了最基本的实验依据和实验方法。

[0012] 3)优选不同氮利用资源的研究和利用:小麦氮吸收利用效率遗传背景差异十分明显,初步筛选的氮利用效率高的品种为小麦抗性育种提供了优良种质资源。

## 附图说明

[0013] 图1是本发明实施例中砂培初筛得出的六个品种的筛选指标柱形图。

[0014] 图2是本发明实施例中复筛出的两个品种的筛选指标的柱形图。

## 具体实施方式

[0015] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0016] 针对目前小麦氮高效率利用研究工作基础薄弱这一现状,本发明提供了一种从多个小麦品种中筛选氮利用效率相对最高的品种的方法,具体按以下步骤进行:

a) 获取植物幼苗:挑选饱满、籽粒大小一致的需要进行筛选的小麦品种,分别摆放在铺有滤纸的培养皿中,放置在光照培养箱中萌发至生根的幼苗;

b) 砂培初筛:从步骤a)的每个小麦品种幼苗中挑选出 $2n$  ( $n \geq 1$ )株生长一致的幼苗,并将每个品种的幼苗分为两组( $n$ 株/组),分别进行砂培,砂培试验容器采用 $29\text{cm} \times 19\text{cm}$ 塑料盆,栽培基质由体积比1:1的沙子和蛭石组成,采用浇灌法用不同氮浓度的营养液分别浇灌两组幼苗,即其中一组浇灌低氮水平营养液(低氮处理),另一组浇灌正常氮水平营养液(正常氮处理);每隔一周用营养液浇灌一次,每次每盆浇灌营养液500mL,营养液浇后三天浇水一次,每次每盆浇水500mL,直至小麦成熟;

c) 分别测定每个品种在低氮和正常氮处理下砂培苗的株高、穗粒数和千粒重,然后按相对性状值=低氮处理的测定值 $\div$ 正常氮处理的测定值,计算每个品种的相对株高、相对穗粒数和相对千粒重;将计算得到每个小麦品种的各相对性状值进行排序,综合各相对性状值排名最终筛选出相对株高、相对穗粒数和相对千粒重三个指标数值均较高的2-4个小麦品种为氮高效率利用品种,筛选出相对株高、相对穗粒数和相对千粒重三个指标数值均较低的2-4个品种为氮利用效率较低的品种作为对照;

d) 水培复筛:将步骤c)筛选出的氮高效率利用品种和氮低效率利用品种按步骤a)的方法萌发至生根的复筛幼苗,选取长势一致的 $2n$  ( $n \geq 1$ )株复筛幼苗,将每个品种的复筛幼苗分为两组( $n$ 株/组),将两组复筛幼苗分别在塑料周转箱中进行水培,周转箱外径为 $510 \times 390 \times 150\text{mm}$ ,用涂有防锈漆的铁丝将育苗盘底部朝上固定在周转箱上,移栽幼苗置于育苗盘孔中,加水至与育苗盘底部相平。其中一组浇灌低氮水平的营养液(低氮处理),另一组浇灌正常氮水平的营养液(正常氮处理),光照时间白天12h,夜间12h,白天最高温度 $32^\circ\text{C}$ ,夜间最低温度 $27^\circ\text{C}$ 。培养期间每天用浓度为 $1\text{mol/L}$ 的盐酸或 $1\text{mol/L}$ 的氢氧化钠溶液调节培养液pH值至6.5,每两天更换一次营养液;营养液培养三周后分别测定每个品种两组水培苗的干物质重、氮含量、叶绿素含量,然后按相对性状值=低氮处理的测定值 $\div$ 正常氮处理的测定值,计算每个品种的相对干物质重、相对氮含量、相对叶绿素含量;

e) 根据计算得出的多个小麦品种的相对干物质重、相对氮含量和相对叶绿素含量进行排序,综合各相对性状值排名最终筛选出相对干物质重、相对氮含量和相对叶绿素含量三个指标综合最高的1个小麦品种为氮利用效率相对最高的品种。

[0017] 筛选出相对干物质重、相对氮含量和相对叶绿素含量三个指标综合最低的1个小麦品种为氮利用效率相对最低的品种作为对照。筛选出的氮利用效率相对最高的品种和氮利用效率相对最低的品种可进行随后的生理机制试验和分子机制试验。

[0018] 本发明筛选方法中营养液的氮源为 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,用去离子水配制而成。两种不同氮浓度的营养液分别为低氮水平的营养液和正常氮水平的营养液,每升低氮水平营养液中的氮含量为16mg,每升正常氮水平营养液中的氮含量为320mg;该两种水平营养液中的其它成分及含量均相同。

[0019] 营养液中磷、钾、钙、镁的浓度采用改良的休伊特营养液培养,见表1,pH 6.5。

[0020] 表1 改良的休伊特营养液配方

成分	浓度
$K_2SO_4$	2.50mmol/L
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	1.50mmol/L
$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	1.33mmol/L
$CaCl_2$	2.00mmol/L

营养液中的微量元素采用Arnon营养液配方,见表2,其中 $Fe^{2+}$  2.8mg/L,以Fe-EDTA配入。在不同氮素形态的处理中均加入7 $\mu$ mol/L的硝化抑制剂三氰胺(DCD),以防止微生物的硝化作用。

[0021] 表2 Arnon微量元素营养液配方

成分	浓度
$H_3BO_3$	2.86g/L
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	1.81g/L
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.22g/L
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.08g/L
$H_2MoO_4 \cdot 4H_2O$	0.02g/L

本发明方法中筛选指标的测定:

筛选指标即比较品种间的相对值:相对株高、相对穗粒数、相对千粒重、相对干物质重、相对氮含量和相对叶绿素含量。相对株高、相对穗粒数和相对千粒重综合用于砂培初筛测定指标,相对干物质重、相对氮含量和相对叶绿素含量综合用于水培复筛,结合两次筛选结果来判断小麦品种氮利用效率的高低。

[0022] 株高测定:小麦成熟后,随机选取各品种不同氮浓度处理的6株植株,用直尺测量小麦根茎基部到顶部之间的距离,计算其平均值。

[0023] 穗粒数测定:收获后,随机选取各品种不同氮浓度处理的穗子6个,计数后求其平均值。

[0024] 千粒重测定:脱粒后,随机选取各品种不同氮浓度处理的1000粒种子,电子天平称重后求其平均值。

[0025] 植株干重测定:先将鲜样在105 $^{\circ}C$ 杀青30min,然后降温至80 $^{\circ}C$ ,逐尽水分,最后称重。

[0026] 叶绿素含量测定:取新鲜叶片,擦净组织表面污物,剪碎(去掉中脉),混匀;称取剪碎的新鲜样品0.2g,共3份,分别放入研钵中,加少量石英砂、碳酸钙粉及2~3mL质量百分比浓度为95%乙醇,研成匀浆,再加乙醇10mL,继续研磨至组织变白。静置3~5min;取滤纸1张,置漏斗中,用乙醇润湿,沿玻璃棒把提取液倒入漏斗中,过滤到25mL棕色容量瓶中,用少量乙醇冲洗研钵、研棒及残渣数次,最后连同残渣一起倒入漏斗中;用滴管吸取乙醇,将滤纸上的叶绿体色素全部洗入容量瓶中。直至滤纸和残渣中无绿色为止。最后用乙醇定容至25mL,摇匀;把叶绿体色素提取液倒入光径1cm的比色杯内,以95%乙醇为空白,在波长663nm

和645nm下测定吸光度。

[0027] 全氮测定:植株样品烘干,磨细后,经混合酸(95%浓硫酸和5%高氯酸)消煮、定容并过滤到干净、烘干的塑料瓶,用流动注射分析仪(FI STAR:5000,瑞典)测定各样品的地上部全氮的含量。

[0028] 本发明中关于氮利用效率高的品种的筛选指标,目前尚无既定标准。本发明基于植株在成熟后的相对株高、相对穗粒数、相对千粒重进行初筛,而后对于其在苗期的相对干物质重、相对氮含量、相对叶绿素含量进行复筛,通过全生育期砂培和苗期水培的结合,客观地反映小麦吸收氮肥的真实状况,建立小麦可靠、简便的氮利用效率高的品种的筛选方法,筛选出优异的种质。

[0029] 本发明筛选方法的原理:作物在缺氮条件下的表现症状之一就是生长缓慢,生物量有所降低。高效率品种具有较大的生物积累量,低效率品种则因为氮素供应不充分,生物积累量很小。不同品种小麦苗期地上部干物质重的差异在一定程度上能反应它对养分的吸收、转运和利用效率的差异。而且,氮素对植物的形态建成和光合作用都起着重要作用,并且是叶绿素的主要元素,施氮一般能促进植物叶片叶绿素的合成。植物缺氮时,叶片叶绿素含量降低导致叶片颜色变浅,而供氮过多时则相反,植物叶片颜色变深,叶片颜色的变化基本能反映植物的氮营养水平。植物氮素吸收总量,即植物吸氮量,是表示植株吸氮能力大小的指标。在低氮胁迫下,不同基因型植株氮素吸收总量均有下降。但高效率品种在较低的氮素水平下仍能吸收较多的氮素来满足其生长发育的需要,所以相对比值更高。

## 实施例

### [0030] 1、获取植物幼苗

从需要进行筛选的16个小麦品种(见表3)中挑选饱满、籽粒大小一致的小麦品种分别摆放在铺有滤纸的培养皿中,放置在光照培养箱中萌发至生根的幼苗,5天后选取长势一致的幼苗作为试验处理材料。光照时间为白天12h,夜间12h,白天最高温度为32℃,夜间最低温度为27℃。

[0031] 表3 不同小麦品种编号

编号	品种	编号	品种
1	京 9428	9	温麦 6 号
2	济麦 22	10	石 4185
3	晋太 170	11	长麦 6 号
4	石家庄 9 号	12	MIETT
5	小偃 6 号	13	晋麦 50
6	冀麦 26	14	陕优 225
7	中农 28	15	北京 6 号
8	济麦 21	16	红袖子

### 2、砂培初筛

从每个品种的植物幼苗中挑出12株长势一致的幼苗进行砂培试验。砂培试验容器采用29×19cm塑料盆,栽培基质由体积比为1:1的沙子和蛭石组成。用去离子水和NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>配制氮含量为16mg/L低氮水平的营养液,用去离子水和NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>配制氮含量为320mg/L的正常氮水平



的营养液。该两种水平营养液的pH值均为 6.5;该两种水平营养液中磷、钾、钙、镁的浓度均相同,即 $K_2SO_4$ 为 $2.50\text{mmol/L}$ 、 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 为 $1.50\text{mmol/L}$ 、 $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$  为 $1.33\text{mmol/L}$ 、 $CaCl_2$ 为 $2.00\text{mmol/L}$ ;营养液中其它微量元素采用Arnon营养液配方,即 $H_3BO_3$ 为 $2.86\text{g/L}$ 、 $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ 为 $1.81\text{g/L}$ 、 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 为 $0.22\text{g/L}$ 、 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 为 $0.08\text{g/L}$ 、 $H_2MoO_4 \cdot 4H_2O$ 为 $0.02\text{g/L}$ 。营养液中 $Fe^{2+}$   $2.8\text{mg/L}$ ,以Fe-EDTA配入,在不同氮素形态的处理中均加入 $7\mu\text{mol/L}$ 的硝化抑制剂三氰胺(DCD),以防止微生物的硝化作用。

[0032] 将每个品种的幼苗分为两组(6株/组),一组用氮含量 $320\text{mg/L}$ 的营养液每隔一周浇灌一次,另一组用氮含量 $16\text{mg/L}$ 的营养液每隔一周浇灌一次,每次每盆浇灌营养液 $500\text{mL}$ ,营养液浇后三天浇水一次,每次每盆浇水 $500\text{mL}$ ,直至小麦成熟。每个品种,分别测定低氮处理组中6株小麦每株的株高、穗粒数、千粒重,然后分别计算其平均株高、平均穗粒数、平均千粒重作为低氮处理的测定值;采用同样方法得出正常氮处理组的平均株高、平均穗粒数、平均千粒重作为正常氮处理的测定值。然后按相对性状值=低氮处理的测定值 $\div$ 正常氮处理的测定值,计算每个品种的筛选指标:相对株高、相对穗粒数和相对千粒重。每个品种所得的筛选指标见表4。

[0033] 表4 为砂培初筛所得的16个小麦品种的筛选指标

品种编号	相对株高	相对穗粒数	相对千粒重
1	0.594	0.56	0.69
2	0.791	0.732	0.766
3	0.528	0.52	0.67
4	0.632	0.639	0.701
5	0.658	0.662	0.72
6	0.824	0.81	0.79
7	0.772	0.702	0.749
8	0.656	0.673	0.715
9	0.812	0.73	0.8
10	0.662	0.642	0.692
11	0.776	0.729	0.762
12	0.771	0.728	0.742
13	0.795	0.76	0.77
14	0.752	0.729	0.729
15	0.557	0.59	0.55
16	0.749	0.693	0.721

从所得出的多个小麦品种的筛选指标进行综合对比,相对株高:3#、15#、1#数值最低,13#、9#、6#数值最高;相对穗粒数:3#、1#、15#数值最低,2#、13#、6#数值最高;相对千粒重:15#、3#、1#数值最低,13#、6#、9#数值最高。虽然2#植株的相对穗粒数较高,但是其它两项指标的测定值相对较低,综合各项指标,筛选出三个指标综合数值最高的3个品种9#、6#、13#为氮利用效率相对较高的品种,筛选出的三个指标综合数值最低的3个品种1#、3#、15#为氮利用效率较低品种作为对照,筛选出的该6个品种的筛选指标的柱形图,如图1所示,从图中可以看出氮利用效率高的品种在相对株高,相对穗粒数和相对千粒重上均高于氮利用效率低的品种。

[0034] 将经过砂培初筛所选的3个氮利用效率较高的品种(6#、9#、13#)和氮利用效率较低的3个品种(1#、3#、15#)重复进行水培获取水培苗,将每个品种的植物幼苗分两组进行营养液培养,其中一组用低氮水平的营养液(低氮处理),另一组用正常氮水平的营养液培养(正常氮处理);营养液培养容器为塑料周转箱。培养期间每天用摩尔浓度为1mol/L的盐酸或1mol/L的氢氧化钠溶液调节pH值至6.5,每两天更换一次营养液。小麦在温室中生长3周后测定其各项指标。其中所用的营养液的配方及筛选指标的测定方法如前所述。分别测定每个品种的相对干物质重、相对氮含量和相对叶绿素含量,将所得出的小麦品种的筛选指标进行综合对比,筛选出三个指标综合数值最高的1个品种为16个小麦品种中氮利用效率最高的品种(6#),筛选出三个指标综合数值最低的1个品种为16个小麦品种中氮利用效率最低的品种(3#)作为对照。图2为营养液培养复筛中筛选出氮高效率利用品种6#和氮低效率利用品种3#筛选指标的柱形图。从图2可以看出氮高效率利用品种在三个指标上明显优于氮低效率利用品种。

[0035] 筛选出的氮高效率利用品种6#和氮低效率利用品种3#进行下一步试验(生理机理和分子机理)。

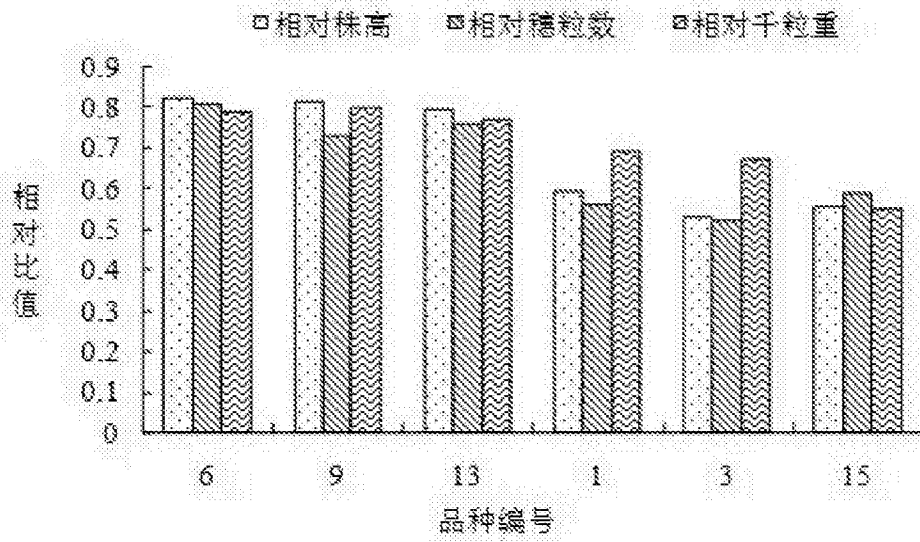


图1

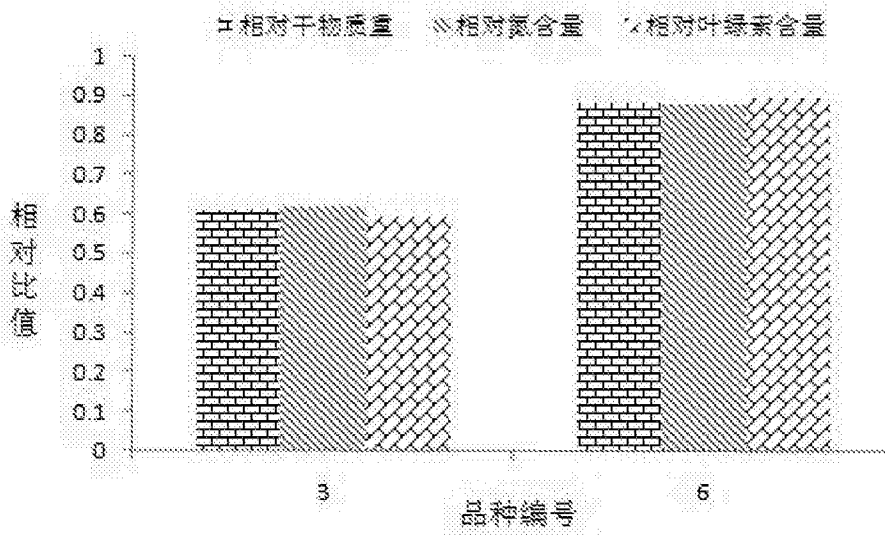


图2