



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105486669 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201610018917. 3

(22) 申请日 2016. 01. 12

(71) 申请人 丽水学院

地址 323000 浙江省丽水市学院路 1 号

(72) 发明人 张龙

(74) 专利代理机构 杭州浙科专利事务所(普通合伙) 33213

代理人 张健

(51) Int. Cl.

G01N 21/64(2006. 01)

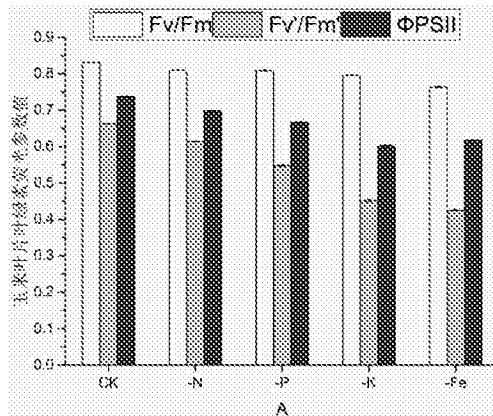
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种植物必需营养元素亏缺的叶绿素荧光诊断方法

(57) 摘要

本发明公开一种植物必需营养元素亏缺的叶绿素荧光诊断方法包括如下步骤:a若干营养液配方的配置;b将测试植物种子消毒;c将消毒后的种子催芽;d种子发芽后,在培养杯培养;e步骤a中每种营养液设置10-30个培养植物杯,即每种营养液设置10-30个重复,然后把植物放在光照培养箱中设置光照强度:0-4000lux,温度4-30℃,参数连续可调,设置植物最适宜培养温度培养4-8周;f缺素和正常生长植物叶片叶绿素荧光信息采集;g植物缺素的叶绿素荧光诊断计算。针对现有植物营养元素缺乏诊断的不利因素,本发明从快速、无损伤诊断入手开发出基于植物叶绿素荧光的便捷、快速、无损伤、准确的植物必需营养元素诊断方法。具有很强的技术优势,是农业智能化的重要部分。



1. 一种植物必需营养元素亏缺的叶绿素荧光诊断方法,其特征在于,包括如下步骤:

a若干营养液配方的配置;

b将测试植物种子用蒸馏水浸泡2-3h,然后用5-10%次氯酸钠溶液或3-5%双氧水溶液消毒10-20min,倒掉消毒液,用蒸馏水清洗种子5-8次;

c将消毒后的种子放在铺有2-3层滤纸的培养皿中,置于25-30°C条件下催芽;

d种子发芽后,把发芽势一致种子放在带有网孔的平板上,让其平板漂浮在超纯水中继续生长,其中网孔直径小于种子粒径,防止种子掉落至水中,将光照培养箱中设置光照强度:0-4000lux,温度4-30°C,参数连续可调,设置植物最适宜培养温度培养1周,待植物茎部长成后,将长势一致植物的根系小心地从网孔中取出,用海绵绕住植物茎部,然后把它固定在KT板中央的孔中上,将此KT板固定在培养杯上,即为本发明的培养植物杯,培养杯的体积为400-600ml;

e步骤a中每种营养液设置10-30个培养植物杯,即每种营养液设置10-30个重复,然后把植物放在光照培养箱中设置光照强度:0-4000lux,温度4-30°C,参数连续可调,设置植物最适宜培养温度培养,0-4周用完全营养液培养,待植物长成苗后,4-8周用步骤a各营养液配方培养;

f缺素和正常生长植物叶片叶绿素荧光信息采集;

g植物缺素的叶绿素荧光诊断计算。

2. 根据权利要求1所述的一种植物必需营养元素亏缺的叶绿素荧光诊断方法,其特征在于,步骤a中若干营养液的配置为:

(1)用超纯水(18.2M Ω)配置:7.45mg/L Na₂-EDTA、5.57mg/L FeSO₄·7H₂O、820.7mg/L Ca(NO₃)₂、502.6mg/L KNO₃、616.2mg/L MgSO₄·7H₂O、272.2mg/L KH₂PO₄、2.860mg/L H₃BO₃、1.015mg/L MnSO₄、0.079mg/L CuSO₄·5H₂O、0.220mg/L ZnSO₄·7H₂O、0.090mg/L H₂MoO₄溶液调节pH值5.5-6.5,得到完全营养液;

(2)用超纯水(18.2M Ω)配置:616.2mg/L MgSO₄·7H₂O、272.2mg/L KH₂PO₄、7.45mg/L Na₂-EDTA、5.57mg/L FeSO₄·7H₂O、555mg/L CaCl₂、372.8mg/L KCl、2.860mg/L H₃BO₃、1.015mg/L MnSO₄、0.079mg/L CuSO₄·5H₂O、0.220mg/L ZnSO₄·7H₂O、0.090mg/L H₂MoO₄溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺氮营养液;

(3)用超纯水(18.2M Ω)配置:820.7mg/L Ca(NO₃)₂、502.6mg/L KNO₃、616.2mg/L MgSO₄·7H₂O、7.45mg/L Na₂-EDTA、5.57mg/L FeSO₄·7H₂O、149.1mg/L KCl、2.860mg/L H₃BO₃、1.015mg/L MnSO₄、0.079mg/L CuSO₄·5H₂O、0.220mg/L ZnSO₄·7H₂O、0.090mg/L H₂MoO₄溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺磷营养液;

(4)用超纯水(18.2M Ω)配置:820.7mg/L Ca(NO₃)₂、616.2mg/L MgSO₄·7H₂O、240mg/L NaH₂PO₄、7.45mg/L Na₂-EDTA、5.57mg/L FeSO₄·7H₂O、424.5mg/L NaNO₃、2.860mg/L H₃BO₃、1.015mg/L MnSO₄、0.079mg/L CuSO₄·5H₂O、0.220mg/L ZnSO₄·7H₂O、0.090mg/L H₂MoO₄溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺钾营养液;

(5)用超纯水(18.2M Ω)配置:820.7mg/L Ca(NO₃)₂、502.6mg/L KNO₃、616.2mg/L MgSO₄·7H₂O、272.2mg/L KH₂PO₄、2.860mg/L H₃BO₃、1.015mg/L MnSO₄、0.079mg/L CuSO₄·5H₂O、0.220mg/L ZnSO₄·7H₂O、0.090mg/L H₂MoO₄溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺铁营养液。

3. 根据权利要求1所述的一种植物必需营养元素亏缺的叶绿素荧光诊断方法,其特征

在于,步骤f叶绿素荧光信息采集步骤为:

(1)在植株上一个暗周期结束,迎来下一个光照周期前,保证植株叶片充分暗适应,叶绿素光系统II(PSII)完全打开时进行测量;

用波长465-475nm(峰值为470nm)、光照强度 $0.03-0.1\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的光照射10-15 μs ,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为 F_0 ;

用波长465-485nm(峰值为470nm)、光照强度 $4000-5000\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的光照射10-15 μs ,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为 F_m ;

用波长465-485nm(峰值为470nm)、光照强度 $200-600\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的光照射10-30min,充分启动植物光合作用系统。之后采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为 F_s ;

用波长725-755nm(峰值为730nm)、光照强度 $200-600\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的远红外光照射5s;

用波长465-475nm(峰值为470nm)、光照强度 $0.03-0.1\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的光照射10-15 μs ,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为 F_0' ;

用波长465-485nm(峰值为470nm)、光照强度 $4000-5000\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的光照射10-15 μs ,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为 F_m' 。

4.根据权利要求1所述的一种植物必需营养元素亏缺的叶绿素荧光诊断方法,其特征在于,步骤g植物缺素的叶绿素荧光诊断计算公式为:

(1)叶绿素荧光诊断参数 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 ΦPSII ; F_v/F_m 代表光化学效率的高低, F_v'/F_m' 是代表有效光化学效率, ΦPSII 代表叶片光合电子传递速率快慢;

(2)叶绿素荧光诊断参数计算公式: $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ 、 $F_v'/F_m' = (F_m' - F_0')/F_m'$ 、 $\Phi\text{PSII} = (F_m' - F_s)/F_m'$;

F_0 代表暗适应最小荧光产量、 F_m 代表暗适应最大荧光产量、 F_s 代表光下稳态荧光产量、 F_0' 代表光适应最小荧光产量、 F_m' 代表光适应最大荧光产量。

一种植物必需营养元素亏缺的叶绿素荧光诊断方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种叶绿素荧光诊断方法,具体涉及一种植物必需营养元素亏缺的叶绿素荧光诊断方法。

背景技术

[0002] 1860年代Sachs和Knop建立了植物营养学说,确定了植物生长必须的矿质元素,大量元素、中量元素和微量元素。其中大量营养元素包括:碳、氢、氧、氮、磷、钾;中量营养元素包括:钙、镁、硫;微量营养元素包括:铁、硼、锰、铜、锌、钼、氯。碳、氢、氧三种元素外,其他元素都可以通过施肥的方式添加。当植物生长过程中缺乏任何一种元素都会导致植物生长的异常,这是植物需养分的“木桶原理”。因此,土壤中元素的类型和含量会随着土壤类型、纬度、经度等变化,在生产上为了使植物长的正常、健壮,需要在土壤中施加不同类型肥料,而一旦缺少任何一种缺元素后,植物都会表现出症状。

[0003] 在生产上,植物缺乏营养素的诊断方法包括形态诊断、化学诊断和施肥诊断。形态诊断主要是观察植株形态、叶片形态也颜色等,需要很强的实践经验、主观性强、而且很容易产生误判;化学诊断主要是检测植物或土壤中的元素含量来判别,这种方法需要对土壤和植物进行取样分析,而且对于植物元素分析需要昂贵、专业的仪器设备,耗时、耗力、检测昂贵;施肥诊断是对表现缺素症状的植物进行施肥,通过植物症状的变化来判断,此种方法正确性很低,而且太耗时间,容易延误植物症状的治疗。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是现有技术中诊断方法存在的正确性低、太耗时间的技术问题。

[0005] 解决上述技术问题所采用的技术方案是一种植物必需营养元素亏缺的叶绿素荧光诊断方法,包括如下步骤:

[0006] a若干营养液配方的配置:

[0007] b将测试植物种子用蒸馏水浸泡2-3h,然后用5-10%次氯酸钠溶液或3-5%双氧水溶液消毒10-20min,倒掉消毒液,用蒸馏水清洗种子5-8次;

[0008] c将消毒后的种子放在铺有2-3层滤纸的培养皿中,置于25-30℃条件下催芽;

[0009] d种子发芽后,把发芽势一致种子放在带有网孔的平板上,让其平板漂浮在超纯水中继续生长,其中网孔直径小于种子粒径,防止种子掉落至水中,将光照培养箱中设置光照强度:0-4000lux,温度4-30℃,参数连续可调,设置植物最适宜培养温度培养1周,待植物茎部长成后,将长势一致植物的根系小心地从网孔中取出,用海绵绕住植物茎部,然后把它固定在KT板中央的孔中上,将此KT板固定在培养杯上,即为本发明的培养植物杯,培养杯的体积为400-600ml;

[0010] e步骤a中每种营养液设置10-30个培养植物杯,即每种营养液设置10-30个重复,然后把植物放在光照培养箱中设置光照强度:0-4000lux,温度4-30℃,参数连续可调,设置

植物最适宜培养温度培养,0-4周用完全营养液培养,待植物长成苗后,4-8周用步骤a各营养液配方培养;

[0011] f缺素和正常生长植物叶片叶绿素荧光信息采集;

[0012] g植物缺素的叶绿素荧光诊断计算。

[0013] 针对现有植物营养元素缺乏诊断的不利因素,本发明从快速、无损伤诊断入手开发出基于植物叶绿素荧光的便捷、快速、无损伤、准确的植物必需营养元素诊断方法。具有很强的技术优势,是农业智能化的重要部分。

附图说明

[0014] 图1是玉米叶片叶绿素荧光参数 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 $\Phi PSII$ 值;

[0015] 图2是玉米必需元素N、P、K、Fe亏缺诊断空间图;

[0016] 图3是大豆叶片叶绿素荧光参数 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 $\Phi PSII$ 值;

[0017] 图4是大豆必需元素N、P、K、Fe亏缺诊断空间图。

具体实施方式

[0018] 下面结合实施例对本发明进一步详细说明,但本发明不限于这些实施例。

[0019] 本发明公开一种植物必需营养元素亏缺的叶绿素荧光诊断方法,包括如下步骤:

[0020] a若干营养液配方的配置:

[0021] b将测试植物种子用蒸馏水浸泡2-3h,然后用5-10%次氯酸钠溶液或3-5%双氧水溶液消毒10-20min,倒掉消毒液,用蒸馏水清洗种子5-8次;

[0022] c将消毒后的种子放在铺有2-3层滤纸的培养皿中,置于25-30℃条件下催芽;

[0023] d种子发芽后,把发芽势一致种子放在带有网孔的平板上,让其平板漂浮在超纯水中继续生长,其中网孔直径小于种子粒径,防止种子掉落至水中,将光照培养箱中设置光照强度:0-4000lux,温度4-30℃,参数连续可调,设置植物最适宜培养温度培养1周,待植物茎部长成后,将长势一致植物的根系小心地从网孔中取出,用海绵绕住植物茎部,然后把它固定在KT板中央的孔中上,将此KT板固定在培养杯上,即为本发明的培养植物杯,培养杯的体积为400-600ml;

[0024] e步骤a中每种营养液设置10-30个培养植物杯,即每种营养液设置10-30个重复,然后把植物放在光照培养箱中设置光照强度:0-4000lux,温度4-30℃,参数连续可调,设置植物最适宜培养温度培养,0-4周用完全营养液培养,待植物长成苗后,4-8周用步骤a各营养液配方培养;

[0025] f缺素和正常生长植物叶片叶绿素荧光信息采集;

[0026] g植物缺素的叶绿素荧光诊断计算。

[0027] 步骤a中若干营养液的配置为:

[0028] (1)用超纯水(18.2M Ω)配置:7.45mg/L Na_2 -EDTA、5.57mg/L $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 、820.7mg/L $Ca(NO_3)_2$ 、502.6mg/L KNO_3 、616.2mg/L $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 、272.2mg/L KH_2PO_4 、2.860mg/L H_3BO_3 、1.015mg/L $MnSO_4$ 、0.079mg/L $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 、0.220mg/L $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 、0.090mg/L H_2MoO_4 溶液调节pH值5.5-6.5,得到完全营养液;

[0029] (2)用超纯水(18.2M Ω)配置:616.2mg/L $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 、272.2mg/L KH_2PO_4 、

7.45mg/L Na₂-EDTA、5.57mg/L FeSO₄·7H₂O、555mg/L CaCl₂、372.8mg/L KCl、2.860mg/L H₃BO₃、1.015mg/L MnSO₄、0.079mg/L CuSO₄·5H₂O、0.220mg/L ZnSO₄·7H₂O、0.090mg/L H₂MoO₄溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺氮营养液;

[0030] (3)用超纯水(18.2MΩ)配置:820.7mg/L Ca(NO₃)₂、502.6mg/L KNO₃、616.2mg/L MgSO₄·7H₂O、7.45mg/L Na₂-EDTA、5.57mg/L FeSO₄·7H₂O、149.1mg/L KCl、2.860mg/L H₃BO₃、1.015mg/L MnSO₄、0.079mg/L CuSO₄·5H₂O、0.220mg/L ZnSO₄·7H₂O、0.090mg/L H₂MoO₄溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺磷营养液;

[0031] (4)用超纯水(18.2MΩ)配置:820.7mg/L Ca(NO₃)₂、616.2mg/L MgSO₄·7H₂O、240mg/L NaH₂PO₄、7.45mg/L Na₂-EDTA、5.57mg/L FeSO₄·7H₂O、424.5mg/L NaNO₃、2.860mg/L H₃BO₃、1.015mg/L MnSO₄、0.079mg/L CuSO₄·5H₂O、0.220mg/L ZnSO₄·7H₂O、0.090mg/L H₂MoO₄溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺钾营养液;

[0032] (5)用超纯水(18.2MΩ)配置:820.7mg/L Ca(NO₃)₂、502.6mg/L KNO₃、616.2mg/L MgSO₄·7H₂O、272.2mg/L KH₂PO₄、2.860mg/L H₃BO₃、1.015mg/L MnSO₄、0.079mg/L CuSO₄·5H₂O、0.220mg/L ZnSO₄·7H₂O、0.090mg/L H₂MoO₄溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺铁营养液。

[0033] 步骤f叶绿素荧光信息采集步骤为:

[0034] (1)在植株上一个暗周期结束,迎来下一个光照周期前,保证植株叶片充分暗适应,叶绿素光系统II(PSII)完全打开时进行测量;

[0035] 用波长465-475nm(峰值为470nm)、光照强度0.03-0.1μmol·m⁻²·s⁻¹的光照射10-15μs,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为F₀;

[0036] 用波长465-485nm(峰值为470nm)、光照强度4000-5000μmol·m⁻²·s⁻¹的光照射10-15μs,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为F_m;

[0037] 用波长465-485nm(峰值为470nm)、光照强度200-600μmol·m⁻²·s⁻¹的光照射10-30min,充分启动植物光合作用系统。之后采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为F_s;

[0038] 用波长725-755nm(峰值为730nm)、光照强度200-600μmol·m⁻²·s⁻¹的远红外光照射5s;

[0039] 用波长465-475nm(峰值为470nm)、光照强度0.03-0.1μmol·m⁻²·s⁻¹的光照射10-15μs,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为F₀';

[0040] 用波长465-485nm(峰值为470nm)、光照强度4000-5000μmol·m⁻²·s⁻¹的光照射10-15μs,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为F_m'。

[0041] 步骤g植物缺素的叶绿素荧光诊断计算公式为:

[0042] (1)叶绿素荧光诊断参数F_v/F_m、F_v'/F_m'、ΦPSII;F_v/F_m代表光化学效率的高低,F_v'/F_m'是代表有效光化学效率,ΦPSII代表叶片光合电子传递速率快慢;

[0043] (2)叶绿素荧光诊断参数计算公式:F_v/F_m=(F_m-F₀)/F_m、F_v'/F_m'=(F_m'-F₀')/F_m'、ΦPSII=(F_m'-F_s)/F_m';

[0044] F₀代表暗适应最小荧光产量、F_m代表暗适应最大荧光产量、F_s代表光下稳态荧光产量、F₀'代表光适应最小荧光产量、F_m'代表光适应最大荧光产量。

[0045] 实施例1

[0046] 玉米缺素的营养诊断

[0047] 1. 营养液配方的配置:

[0048] (1) 用超纯水(18.2M Ω)配置:7.45mg/L Na₂-EDTA、5.57mg/L FeSO₄·7H₂O、820.7mg/L Ca(NO₃)₂、502.6mg/L KNO₃、616.2mg/L MgSO₄·7H₂O、272.2mg/L KH₂PO₄、2.860mg/L H₃BO₃、1.015mg/L MnSO₄、0.079mg/L CuSO₄·5H₂O、0.220mg/L ZnSO₄·7H₂O、0.090mg/L H₂MoO₄溶液调节pH值5.5-6.5,得到完全营养液。

[0049] (2) 用超纯水(18.2M Ω)配置:616.2mg/L MgSO₄·7H₂O、272.2mg/L KH₂PO₄、7.45mg/L Na₂-EDTA、5.57mg/L FeSO₄·7H₂O、555mg/L CaCl₂、372.8mg/L KCl、2.860mg/L H₃BO₃、1.015mg/L MnSO₄、0.079mg/L CuSO₄·5H₂O、0.220mg/L ZnSO₄·7H₂O、0.090mg/L H₂MoO₄溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺氮营养液。

[0050] (3) 用超纯水(18.2M Ω)配置:820.7mg/L Ca(NO₃)₂、502.6mg/L KNO₃、616.2mg/L MgSO₄·7H₂O、7.45mg/L Na₂-EDTA、5.57mg/L FeSO₄·7H₂O、149.1mg/L KCl、2.860mg/L H₃BO₃、1.015mg/L MnSO₄、0.079mg/L CuSO₄·5H₂O、0.220mg/L ZnSO₄·7H₂O、0.090mg/L H₂MoO₄溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺磷营养液。

[0051] (4) 用超纯水(18.2M Ω)配置:820.7mg/L Ca(NO₃)₂、616.2mg/L MgSO₄·7H₂O、240mg/L NaH₂PO₄、7.45mg/L Na₂-EDTA、5.57mg/L FeSO₄·7H₂O、424.5mg/L NaNO₃、2.860mg/L H₃BO₃、1.015mg/L MnSO₄、0.079mg/L CuSO₄·5H₂O、0.220mg/L ZnSO₄·7H₂O、0.090mg/L H₂MoO₄溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺钾营养液。

[0052] (5) 用超纯水(18.2M Ω)配置:820.7mg/L Ca(NO₃)₂、502.6mg/L KNO₃、616.2mg/L MgSO₄·7H₂O、272.2mg/L KH₂PO₄、2.860mg/L H₃BO₃、1.015mg/L MnSO₄、0.079mg/L CuSO₄·5H₂O、0.220mg/L ZnSO₄·7H₂O、0.090mg/L H₂MoO₄溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺铁营养液。

[0053] 2. 将测试玉米种子用蒸馏水浸泡2.5h,然后用5%次氯酸钠溶液,消毒15min,倒掉消毒液,用蒸馏水清洗种子6次;

[0054] 3. 将消毒后的玉米种子放在铺有2层滤纸的培养皿中,置于30℃条件下催芽;

[0055] 4. 玉米种子发芽后,把发芽势一致玉米种子放在带有网孔的平板上,让平板漂浮在超纯水中继续生长,其中网孔直径小于玉米种子粒径,防止玉米种子掉落至水中,将光照培养箱中设置光照强度:4000lux,温度28℃,光照时间14h,夜间温度20℃,培养1周,待玉米茎部长成后,将长势一致玉米的根系小心地从网孔中取出,用海绵绕住玉米茎部,然后把它固定在KT板中央的孔中上,将此KT板固定在培养杯上。即为本发明的培养植物杯。培养杯的体积为400ml。

[0056] 5. 步骤1中每种营养液设置12个培养植物杯,即每种营养液设置12个重复。然后把玉米植株放在光照培养箱中设置光照强度:4000lux,温度28℃,光照时间14h,夜间温度20℃,0-4周用完全营养液培养,待植物长成苗后,4-6周用步骤a各营养液配方培养;。

[0057] 6. 缺素和正常生长玉米叶片叶绿素荧光信息采集

[0058] (1) 在玉米植株上一个暗周期结束,迎来下一个光照周期前,保证植株叶片充分暗适应,叶绿素光系统II(PSII)完全打开时进行测量;

[0059] (2) 用波长470nm、光照强度0.05 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光照射10 μs ,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为玉米叶片叶绿素荧光参数F₀,

[0060] (3) 用波长470nm、光照强度4000 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光照射10 μs ,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为玉米叶片叶绿素荧光参数F_m,

[0061] (4)用波长470nm、光照强度 $250\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的光照射30min,充分启动植物光合作用系统。之后采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为玉米叶片叶绿素荧光参数 F_s ,

[0062] (5)用波长730nm、光照强度 $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的远红外光照射5s,

[0063] (6)用波长470nm、光照强度 $0.05\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的光照射 $10\mu\text{s}$,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为玉米叶片叶绿素荧光参数 F_o' ,

[0064] (7)用波长470nm、光照强度 $4000\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的光照射 $10\mu\text{s}$,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为玉米叶片叶绿素荧光参数 F_m'

[0065] 7.植物缺素的叶绿素荧光诊断参数、计算公式

[0066] (1)叶绿素荧光诊断参数 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 ΦPSII

[0067] (2)叶绿素荧光诊断参数计算公式: $F_v/F_m=(F_m-F_o)/F_m$ 、 $F_v'/F_m'=(F_m'-F_o')/F_m'$ 、 $\Phi\text{PSII}=(F_m'-F_s)/F_m'$

[0068] 8.必需元素N、P、K、Fe亏缺引起玉米叶片叶绿素荧光参数 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 ΦPSII 的诊断值,如图1所示

[0069] 9.缺素的三维空间诊断

[0070] (1)

[0071] 将 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 ΦPSII 值输入公式 $a=(y_{\text{max}}-y_{\text{min}})*(x-x_{\text{min}})/(x_{\text{max}}-x_{\text{min}})+y_{\text{min}}$,

[0072] 将其分别归一化到区间 $[-1,1]$ 。

[0073] y_{max} 为1、 y_{min} 为-1、 x_{max} 分别为 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 ΦPSII 的最大值、 x_{min} 分别为 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 ΦPSII 的最小值、 x 分别为 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 ΦPSII 实际值。

[0074] (2)将 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 ΦPSII 归一化值分别作为坐标系 x 、 y 、 z 轴,作图。得到-N、-P、-K、-Fe和CK的空间坐标分别为 $(1.0000,1.0000,1.0000)$ 、 $(0.3547,0.5885,0.4319)$ 、 $(0.3382,0.0338,-0.048)$ 、 $(-0.0226,-0.7784,-1.0000)$ 、 $(-1.0000,-1.0000,-0.7709)$ 。

[0075] (3)根据1%置信区间,在空间坐标点变化0.01距离内的点属于该缺素类型。

[0076] 见图2玉米必需元素N、P、K、Fe亏缺诊断空间图。

[0077] 实施例2

[0078] 大豆缺素的营养诊断

[0079] 1.营养液配方的配置:

[0080] (1)用超纯水($18.2\text{M}\Omega$)配置: $7.45\text{mg/L Na}_2\text{-EDTA}$ 、 $5.57\text{mg/L FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $820.7\text{mg/L Ca(NO}_3)_2$ 、 502.6mg/L KNO_3 、 $616.2\text{mg/L MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $272.2\text{mg/L KH}_2\text{PO}_4$ 、 $2.860\text{mg/L H}_3\text{BO}_3$ 、 1.015mg/L MnSO_4 、 $0.079\text{mg/L CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $0.220\text{mg/L ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $0.090\text{mg/L H}_2\text{MoO}_4$ 溶液调节pH值5.5-6.5,得到完全营养液。

[0081] (2)用超纯水($18.2\text{M}\Omega$)配置: $616.2\text{mg/L MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $272.2\text{mg/L KH}_2\text{PO}_4$ 、 $7.45\text{mg/L Na}_2\text{-EDTA}$ 、 $5.57\text{mg/L FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 555mg/L CaCl_2 、 372.8mg/L KCl 、 $2.860\text{mg/L H}_3\text{BO}_3$ 、 1.015mg/L MnSO_4 、 $0.079\text{mg/L CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $0.220\text{mg/L ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $0.090\text{mg/L H}_2\text{MoO}_4$ 溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺氮营养液。

[0082] (3)用超纯水($18.2\text{M}\Omega$)配置: $820.7\text{mg/L Ca(NO}_3)_2$ 、 502.6mg/L KNO_3 、 $616.2\text{mg/L MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $7.45\text{mg/L Na}_2\text{-EDTA}$ 、 $5.57\text{mg/L FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 149.1mg/L KCl 、 2.860mg/L

H_3BO_3 、1.015mg/L MnSO_4 、0.079mg/L $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、0.220mg/L $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、0.090mg/L H_2MoO_4 溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺磷营养液。

[0083] (4)用超纯水(18.2M Ω)配置:820.7mg/L $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、616.2mg/L $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、240mg/L NaH_2PO_4 、7.45mg/L $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 、5.57mg/L $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、424.5mg/L NaN_3 、2.860mg/L H_3BO_3 、1.015mg/L MnSO_4 、0.079mg/L $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、0.220mg/L $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、0.090mg/L H_2MoO_4 溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺钾营养液。

[0084] (5)用超纯水(18.2M Ω)配置:820.7mg/L $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、502.6mg/L KNO_3 、616.2mg/L $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、272.2mg/L KH_2PO_4 、2.860mg/L H_3BO_3 、1.015mg/L MnSO_4 、0.079mg/L $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、0.220mg/L $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、0.090mg/L H_2MoO_4 溶液调节pH值5.5-6.5,得到缺铁营养液。

[0085] 2.将测试大豆种子用蒸馏水浸泡2h,然后用8%双氧水溶液,消毒20min,倒掉消毒液,用蒸馏水清洗种子8次;

[0086] 3.将消毒后的大豆种子放在铺有3层滤纸的培养皿中,置于25 $^\circ\text{C}$ 条件下催芽;

[0087] 4.大豆种子发芽后,把发芽势一致大豆种子放在带有网孔的平板上,让其平板漂浮在超纯水中继续生长,其中网孔直径小于大豆种子粒径,防止大豆种子掉落至水中,将光照培养箱中设置光照强度:2000lux,温度25 $^\circ\text{C}$,光照时间12h,夜间温度18 $^\circ\text{C}$,培养1周,待大豆茎部长成后,将长势一致大豆幼苗的根系小心地从网孔中取出,用海绵绕住大豆茎部,然后把它固定在KT板中央的孔中上,将此KT板固定在培养杯上。即为本发明的培养植物杯。培养杯的体积为500ml。

[0088] 5.步骤1中每种营养液设置25个培养植物杯,即每种营养液设置25个重复。然后把大豆植株放在光照培养箱中设置光照强度:3000lux,温度5 $^\circ\text{C}$,光照时间12h,夜间温度18 $^\circ\text{C}$,0-3周用完全营养液培养,待植物长成苗后,3-5周用步骤a各营养液配方培养;。

[0089] 6.缺素和正常生长大豆植物叶片叶绿素荧光信息采集

[0090] (1)在大豆植株上一个暗周期结束,迎来下一个光照周期前,保证大豆植株叶片充分暗适应,叶绿素光系统II(PSII)完全打开时进行测量;

[0091] (2)用波长470nm、光照强度 $0.05\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光照射10 μs ,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为大豆叶片叶绿素荧光参数 F_0 ,

[0092] (3)用波长470nm、光照强度 $4000\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光照射10 μs ,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为大豆叶片叶绿素荧光参数 F_m ,

[0093] (4)用波长470nm、光照强度 $250\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光照射30min,充分启动植物光合作用系统。之后采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为大豆叶片叶绿素荧光参数 F_s ,

[0094] (5)用波长730nm、光照强度 $200\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的远红外光照射5s,

[0095] (6)用波长470nm、光照强度 $0.05\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光照射10 μs ,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为大豆叶片叶绿素荧光参数 F_0' ,

[0096] (7)用波长470nm、光照强度 $4000\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光照射10 μs ,同时采集680nm处叶绿素发射的荧光信息,记录此荧光值为大豆叶片叶绿素荧光参数 F_m'

[0097] 7.植物缺素的叶绿素荧光诊断参数、计算公式

[0098] (1)叶绿素荧光诊断参数 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 ΦPSII ;

[0099] (2)叶绿素荧光诊断参数计算公式: $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ 、 $F_v'/F_m' = (F_m' - F_0')/F_m'$

F_m' 、 $\Phi PSII = (F_m' - F_s) / F_m'$ 。

[0100] 8.必需元素N、P、K、Fe亏缺引起玉米叶片叶绿素荧光参数 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 $\Phi PSII$ 的诊断值,见图3。

[0101] 9.缺素的三维空间诊断

[0102] (1)

[0103] 将 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 $\Phi PSII$ 值输入公式 $a = (y_{max} - y_{min}) * (x - x_{min}) / (x_{max} - x_{min}) + y_{min}$,将其分别归一化到区间[-1,1]。

[0104] y_{max} 为1、 y_{min} 为-1、 x_{max} 分别为 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 $\Phi PSII$ 的最大值、 x_{min} 分别为 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 $\Phi PSII$ 的最小值、 x 分别为 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 $\Phi PSII$ 实际值。

[0105] (2)将 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、 $\Phi PSII$ 归一化值分别作为坐标系x、y、z轴,作图。得到-N、-P、-K、-Fe和CK的空间坐标分别为(1.0000, 1.0000, 1.0000)、(0.1133, 0.3290, 0.3143)、(-0.5234, -0.0584, 0.0114)、(-0.3513, -0.1541, -0.2883)、(-1.0000, -1.0000, -1.0000)。

[0106] (3)根据1%置信区间,在空间坐标点变化0.01距离内的点属于该缺素类型,如图4。

[0107] 对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。

[0108] 此外,应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

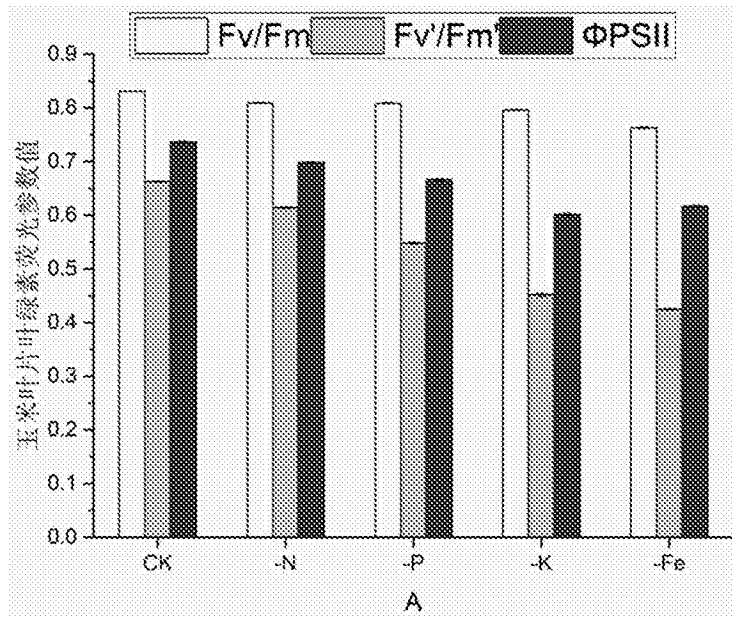


图1

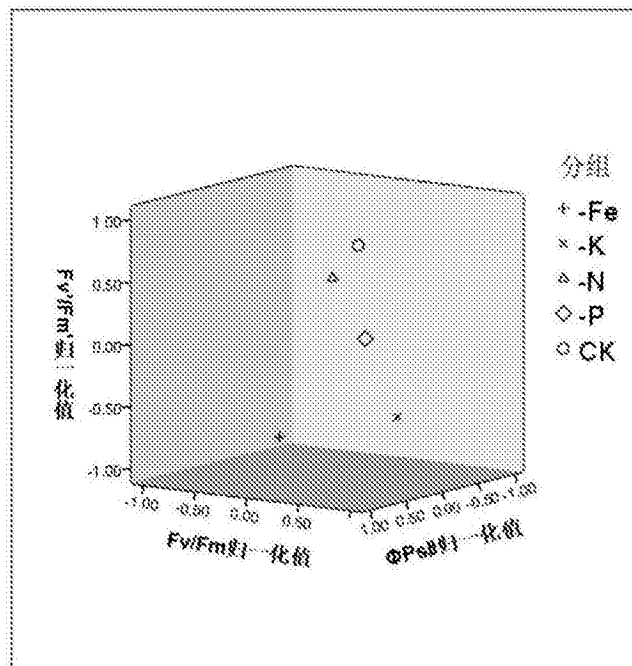


图2

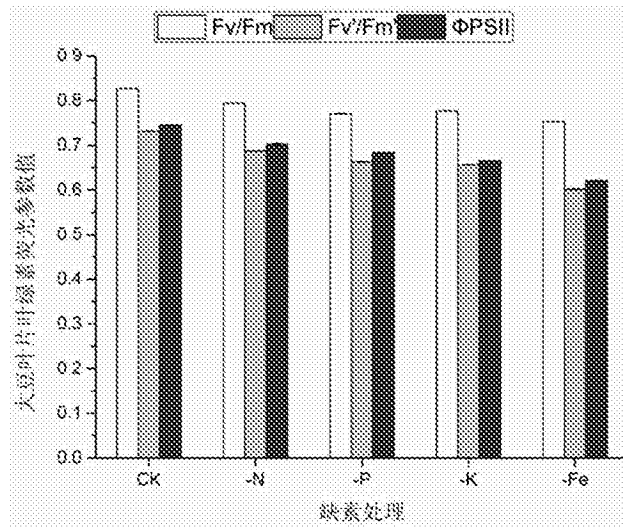


图3

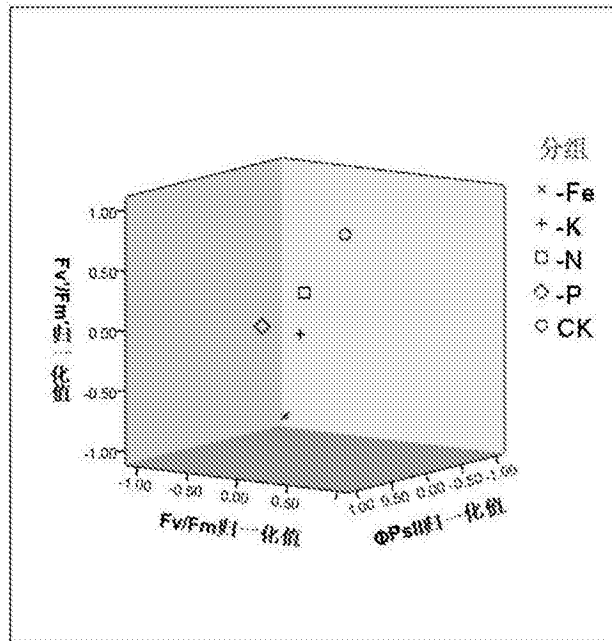


图4