



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116523866 A

(43) 申请公布日 2023. 08. 01

(21) 申请号 202310458763.X

G06V 10/26 (2022.01)

(22) 申请日 2023.04.26

(71) 申请人 扬州大学

地址 225009 江苏省扬州市大学南路88号

(72) 发明人 刘涛 赵圆圆 孙译 王君婵

孙成明 李韬

(74) 专利代理机构 南京钟山专利代理有限公司

32252

专利代理师 戴朝荣

(51) Int. Cl.

G06T 7/00 (2017.01)

G06Q 50/02 (2012.01)

G06T 7/136 (2017.01)

G06T 7/11 (2017.01)

G06T 7/62 (2017.01)

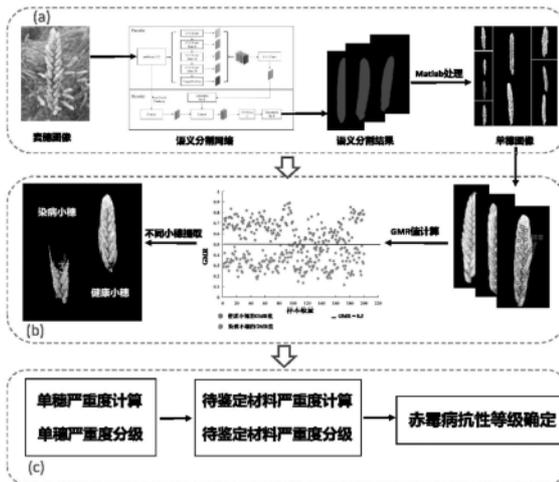
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种小麦赤霉病抗性鉴定方法、系统、电子设备和存储介质

(57) 摘要

本发明提供一种小麦赤霉病抗性鉴定方法,包括以下步骤:获取待鉴定麦穗的图像;使用基于DeepLabV3+网络的语义分割模型从步骤一获取的麦穗图像中提取目标麦穗的图像;将步骤二提取的目标麦穗的图像作为输入图像,确定分割健康小穗和染病小穗的分段动态阈值t;使用步骤三得到的阈值t提取目标麦穗的赤霉病发病区域;根据步骤四提取的目标麦穗的赤霉病发病区域,以染病小穗的面积占小穗总面积的比例表示单个麦穗的赤霉病严重度;使用待鉴定麦穗病害发生的平均严重度评估待鉴定麦穗的赤霉病抗性水平。该赤霉病表型智能化鉴定方法服务于赤霉病表型鉴定,为完全实现赤霉病智能化高通量鉴定提供参考。相比于传统鉴定方法省时省工,鉴定数据全面,误差较小。



1. 一种小麦赤霉病抗性鉴定方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一、获取待鉴定麦穗的图像;

步骤二、使用基于DeepLabV3+网络的语义分割模型从步骤一获取的麦穗图像中提取目标麦穗的图像;

步骤三、将步骤二提取的目标麦穗的图像作为输入图像,确定分割健康小穗和染病小穗的分段动态阈值 t ;

步骤四、使用步骤三得到的分段动态阈值 t 提取目标麦穗的赤霉病发病区域;

步骤五、根据步骤四提取的目标麦穗的赤霉病发病区域,以染病小穗的面积占小穗总面积的比例表示单个麦穗的赤霉病严重度;

步骤六、计算待鉴定麦穗发生病害的严重度等级的平均值,评估待鉴定麦穗的赤霉病抗性水平。

2. 根据权利要求1所述的一种小麦赤霉病抗性鉴定方法,其特征在于,

步骤三中,所述分段动态阈值 t 具体见公式(1):

$$t = \begin{cases} t' + 0.100, & 0 \leq t' \leq 0.450 \\ t', & 0.450 < t' < 0.550 \\ t' - 0.100, & 0.550 \leq t' \leq 1 \end{cases} \quad (1)$$

其中, t 表示分段动态阈值, t' 表示自动阈值。

3. 根据权利要求1所述的一种小麦赤霉病抗性鉴定方法,其特征在于,

步骤五中,所述根据步骤四提取的目标麦穗的赤霉病发病区域,以染病小穗的面积占小穗总面积的比例表示单个麦穗的赤霉病严重度,具体通过公式(2)计算:

$$S = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=0}^n A_{Ii} / \left(\frac{1}{k} \cdot \sum_{i=0}^n A_{Ii} + \sum_{j=0}^n A_{Hj} \right) \quad (2)$$

其中, S 表示单个麦穗的赤霉病严重度指数, k 表示穗形校正系数, A_I 为染病小穗的面积, A_H 为健康小穗的面积, i 为提取出来的染病小穗连通区域的个数, j 为提取出来的健康小穗连通区域的个数。

4. 根据权利要求3所述的一种小麦赤霉病抗性鉴定方法,其特征在于,

步骤五中,所述单个麦穗的赤霉病严重度通过以下分级制度分级:

当单个麦穗无染病小穗时,其赤霉病严重度指数为0,赤霉病严重度分级为0级;

当单个麦穗只有接种小穗或部分小穗发病时,其赤霉病严重度指数 $0 < S \leq 0.10$,赤霉病严重度分级为1级;

当单个麦穗染病小穗面积不超过小穗总面积的25%时,其赤霉病严重度指数 $0.10 < S \leq 0.25$,赤霉病严重度分级为2级;

当单个麦穗染病小穗面积超过小穗总面积的25%但不超过50%时,其赤霉病严重度指数 $0.25 < S \leq 0.50$,赤霉病严重度分级为3级;

当单个麦穗染病小穗面积超过小穗总面积的50%时,其赤霉病严重度指数 $S > 0.50$,赤霉病严重度分级为4级。

5. 根据权利要求3所述的一种小麦赤霉病抗性鉴定方法,其特征在于,所述穗形校正系数 k 具体数值如下:

当小穗穗形为纺锤形时,穗形校正系数 k 为0.940;
当小穗穗形为椭圆形时,穗形校正系数 k 为0.865;
当小穗穗形为长方形时,穗形校正系数 k 为0.891;
当小穗穗形为棍棒形时,穗形校正系数 k 为0.886;
当小穗穗形为圆锥形时,穗形校正系数 k 为0.672。

6. 一种小麦赤霉病抗性鉴定系统,其特征在于,包括:

图形处理模块,用于获取待鉴定麦穗的图像;使用基于DeepLabV3+网络的语义分割模型麦穗图像中提取目标麦穗的图像;将目标麦穗的图像作为输入图像;

计算模块,用于确定分割健康小穗和染病小穗的分段动态阈值 t ;使用分段动态阈值 t 提取目标麦穗的赤霉病发病区域;根据目标麦穗的赤霉病发病区域,以染病小穗的面积占小穗总面积的比例表示单个麦穗的赤霉病严重度;

评估模块,用于计算待鉴定麦穗发生病害的严重度等级的平均值,评估待鉴定麦穗的赤霉病抗性水平。

7. 一种电子设备,其特征在于,包括存储器和处理器;所述存储器,用于存储计算机程序;所述处理器,用于当执行计算机程序时,实现如权利要求1-5任一项所述的小麦赤霉病抗性鉴定方法。

8. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述存储介质上存储有计算机程序,当所述计算机程序被处理器执行时,实现如权利要求1-5任一项所述的小麦赤霉病抗性鉴定方法。

一种小麦赤霉病抗性鉴定方法、系统、电子设备和存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及小麦赤霉病抗性鉴定领域,具体涉及小麦赤霉病抗性鉴定方法、系统、电子设备和存储介质。

背景技术

[0002] 赤霉病是一种由禾谷镰孢菌所引起的小麦穗部产生坏死和枯萎症状的小麦真菌病害。赤霉病对小麦的影响主要表现在产量和质量两个方面,感染赤霉病的小麦麦穗内部籽粒由于无法发育或受感染后产生皱缩、变色和容重低,从而使得小麦产量下降,在流行年份更能造成10%至40%的产量损失。由禾谷镰刀菌产生的脱氧雪腐镰刀烯醇(DON)是在自然状态下感染谷物的主要单端孢霉毒素,并且其副产品具有高毒性,严重影响了小麦品质,而由受污染的小麦制成的食品或饲料更会对人类和动物的健康构成威胁。

[0003] 培育具有优良抗性的小麦品种是抵抗赤霉病的重要手段。在抗赤霉病品种选育过程中,表型的鉴定是一项繁重、复杂、且极容易出错的一项工作,也是精确估计育种种群每个品系的遗传抗性的主要途径。传统赤霉病抗性表型鉴定主要依靠人工视觉评估的方法来评定不同品种的赤霉病发展率、发病率(DI)以及严重程度(DS),然而这个过程需要投入较多的人力、物力和时间,并且存在着主观错误的风险。

[0004] 近年来,信息技术,尤其是传感器和图像分析技术的快速发展,为作物的表型鉴定提供了多种高效的方法。在赤霉病抗性鉴定工作中,研究人员利用光谱图像和人工智能手段构建了一系列算法,例如借助正常籽粒和受镰刀菌感染籽粒的高光谱图像,依据二者在反射率值上的差异可对其进行分离,进而判断发病情况;根据图像中籽粒的像素饱和度对正常的和受感染的籽粒进行分离,并通过计算像素比例从而获取受感染籽粒的近似比例值。但现有研究多集中于监测赤霉病发病与否,或是离体条件下的发病检测,但对大田种植环境下赤霉病抗性鉴定中迫切需要的单穗发病面积、严重度、抗性标准和发病动态的快速获取鲜有报道。

发明内容

[0005] 本发明提供了一种针对以单花滴注法人工接种赤霉病的小麦赤霉病抗性的高通量鉴定方法、系统、电子设备和存储介质。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0007] 一方面,本发明提供小麦赤霉病抗性鉴定方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤一、获取待鉴定麦穗的图像;

[0009] 步骤二、使用基于DeepLabV3+网络的语义分割模型从步骤一获取的麦穗图像中提取目标麦穗的图像;

[0010] 步骤三、将步骤二提取的目标麦穗的图像作为输入图像,确定分割健康小穗和染病小穗的分段动态阈值 t ;

[0011] 步骤四、使用步骤三得到的分段动态阈值 t 提取目标麦穗的赤霉病发病区域;

[0012] 步骤五、根据步骤四提取的目标麦穗的赤霉病发病区域,以染病小穗的面积占小穗总面积的比例表示单个麦穗的赤霉病严重度;

[0013] 步骤六、计算待鉴定麦穗发生病害的严重度等级的平均值,评估待鉴定麦穗的赤霉病抗性水平。

[0014] 为优化上述技术方案,采取的具体措施还包括:

[0015] 进一步地,步骤三中,所述分段动态阈值 t 具体见公式(1):

$$[0016] \quad t = \begin{cases} t' + 0.100, & 0 \leq t' \leq 0.450 \\ t', & 0.450 < t' < 0.550 \\ t' - 0.100, & 0.550 \leq t' \leq 1 \end{cases} \quad (1)$$

[0017] 其中, t 表示分段动态阈值, t' 表示自动阈值。

[0018] 进一步地,步骤五中,所述根据步骤四提取的目标麦穗的赤霉病发病区域,以染病小穗的面积占小穗总面积的比例表示单个麦穗的赤霉病严重度,具体通过公式(2)计算:

$$[0019] \quad S = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=0}^n A_{Ii} / \left(\frac{1}{k} \cdot \sum_{i=0}^n A_{Ii} + \sum_{j=0}^n A_{Hj} \right) \quad (2)$$

[0020] 其中, S 表示单个麦穗的赤霉病严重度指数, k 表示穗形校正系数, A_I 为染病小穗的面积, A_H 为健康小穗的面积, i 为提取出来的染病小穗连通区域的个数, j 为提取出来的健康小穗连通区域的个数。

[0021] 进一步地,步骤五中,所述单个麦穗的赤霉病严重度通过以下分级制度分级:

[0022] 当单个麦穗无染病小穗时,其赤霉病严重度指数为0,赤霉病严重度分级为0级;

[0023] 当单个麦穗只有接种小穗或部分小穗发病时,其赤霉病严重度指数 $0 < S \leq 0.10$,赤霉病严重度分级为1级;

[0024] 当单个麦穗染病小穗面积不超过小穗总面积的25%时,其赤霉病严重度指数 $0.10 < S \leq 0.25$,赤霉病严重度分级为2级;

[0025] 当单个麦穗染病小穗面积超过小穗总面积的25%但不超过50%时,其赤霉病严重度指数 $0.25 < S \leq 0.50$,赤霉病严重度分级为3级;

[0026] 当单个麦穗染病小穗面积超过小穗总面积的50%时,其赤霉病严重度指数 $S > 0.50$,赤霉病严重度分级为4级。

[0027] 进一步地,所述穗形校正系数 k 具体数值如下:

[0028] 当小穗穗形为纺锤形时,穗形校正系数 k 为0.940;

[0029] 当小穗穗形为椭圆形时,穗形校正系数 k 为0.865;

[0030] 当小穗穗形为长方形时,穗形校正系数 k 为0.891;

[0031] 当小穗穗形为棍棒形时,穗形校正系数 k 为0.886;

[0032] 当小穗穗形为圆锥形时,穗形校正系数 k 为0.672。

[0033] 另一方面,本发明提供一种小麦赤霉病抗性鉴定系统,包括:

[0034] 图形处理模块,用于获取待鉴定麦穗的图像;使用基于DeepLabV3+网络的语义分割模型麦穗图像中提取目标麦穗的图像;将目标麦穗的图像作为输入图像;

[0035] 计算模块,用于确定分割健康小穗和染病小穗的分段动态阈值 t ;使用分段动态阈值 t 提取目标麦穗的赤霉病发病区域;根据目标麦穗的赤霉病发病区域,以染病小穗的面积

占小穗总面积的比例表示单个麦穗的赤霉病严重度；

[0036] 评估模块,用于计算待鉴定麦穗发生病害的严重度等级的平均值,评估待鉴定麦穗的赤霉病抗性水平。

[0037] 又一方面,本发明提供一种电子设备,包括存储器和处理器;所述存储器,用于存储计算机程序;所述处理器,用于当执行计算机程序时,实现上述小麦赤霉病抗性鉴定方法。

[0038] 再一方面,本发明提供一种计算机可读存储介质,所述存储介质上存储有计算机程序,当所述计算机程序被处理器执行时,实现上述小麦赤霉病抗性鉴定方法。

[0039] 本发明的有益效果是:

[0040] 本发明针对目前赤霉病抗性鉴定工作中存在的主要依靠人工、时间成本大和效率低等问题,提供一种基于图像分析和深度学习算法的小麦赤霉病抗性鉴定方法,该方法使用基于DeepLabV3+网络的语义分割模型对复杂大田背景下的赤霉病图像进行精准分割,利用分段动态阈值 t 对单穗图像的发病面积的提取进而计算其发病程度,得到抗性结果。该方法可大大减少抗性鉴定过程中投入的劳动力和时间成本,在面对大量育种材料时实现快速、准确的高通量赤霉病抗性表型鉴定。

附图说明

[0041] 图1为本发明的流程示意图;

[0042] 图2为采集图像的效果图;

[0043] 图3为小麦赤霉病抗性鉴定结果。

具体实施方式

[0044] 下面结合附图详细说明本发明。

[0045] 在一实施例中,本发明提出了一种小麦赤霉病抗性鉴定方法,如图1所示,具体包括以下步骤:

[0046] 步骤一、于人工接种21天后,使用数码相机或智能手机在田间环境下从麦穗的侧面进行图像采集,每个待鉴定麦穗至少采集20张麦穗图像(采集的图像效果如附图2);

[0047] 步骤二、将采集到的麦穗图像批量上传至电脑端,将图像存放至wheat_ear_Semantic/model/img文件中,在python语言中运行wheat_ear_Semantic/model/predict.py代码,语义分割结果存储在wheat_ear_Semantic/model/img_out文件夹中,在Matlab软件中利用 $im=imread(img_out\text{文件夹路径})$ 和 $IM=imread(\text{麦穗原始图像路径})$ 函数分别读取语义分割结果和麦穗原图, $gray=rgb2gray(im)$ 将图像转化为灰度图,再利用 $bw=im2bw(gray,thresh)$ 函数生成二值图像,设置 $thresh=0.2$,二值图像中麦穗区域为白色,再利用 $image=bw.*cat(3,Ir,Ig,Ib)$ 函数将二值图像和原始图像 r,g,b 三通道的分量进行组合,最后得到仅含有目标麦穗的RGB图像;

[0048] 步骤三、在Matlab软件中,以步骤二得到的单穗图像作为该步骤的输入图像,首先计算麦穗区域的颜色指数GMR值,得到基于GMR值的灰度图像 h ,其次使用threshold函数计算灰度图像的自动阈值 t' ,根据 t' 和 t 之间的函数映射关系(公式1)确定提取发病区域的最合适的分段动态阈值 t ;

[0049] 所述分段动态阈值 t 具体见公式(1)：

$$[0050] \quad t = \begin{cases} t' + 0.100, & 0 \leq t' \leq 0.450 \\ t', & 0.450 < t' < 0.550 \\ t' - 0.100, & 0.550 \leq t' \leq 1 \end{cases} \quad (1)$$

[0051] 其中, t 表示分段动态阈值, t' 表示自动阈值；

[0052] 步骤四、以步骤三得到的分段动态阈值 t 作为最适阈值,利用 $\text{health_spike} = \text{find}(h > t)$ 和 $\text{infected_spike} = \text{find}(h > 0 \& h < t)$ 函数通过分段动态阈值 t 分别提取健康小穗和染病小穗；

[0053] 步骤五、首先依据麦穗的形状进行分类,确定适宜的穗形校正系数 k (纺锤形校正系数:0.940,椭圆形校正系数0.865,长方形校正系数0.891,棍棒形校正系数0.886,圆锥形校正系数0.672),其次对步骤四得到的健康小穗和染病小穗面积进行统计,利用 $\text{area} = \text{regionprops}$ (待计算的二值图像名称,Area)分别计算健康小穗和染病小穗的面积,若提取出的小穗连通区域不止一个,则对所有连通区域进行求和,以染病小穗面积和小穗总面积的比值表示严重度 S (严重度的具体计算公式如公式(2)所示),计算出的严重度依据表1给出的分级标准对单个麦穗的严重度进行分级；

$$[0054] \quad S = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=0}^n A_{Ii} / \left(\frac{1}{k} \cdot \sum_{i=0}^n A_{Ii} + \sum_{j=0}^n A_{Hj} \right) \quad (2)$$

[0055] 其中, S 表示单个麦穗的赤霉病严重度指数, k 表示穗形校正系数, A_I 为染病小穗的面积, A_H 为健康小穗的面积, i 为提取出来的染病小穗连通区域的个数, j 为提取出来的健康小穗连通区域的个数；

[0056] 所述单个麦穗的赤霉病严重度通过以下分级制度分级(表1)；

[0057] 表1小麦赤霉病严重度分级及其症状描述

等级	症状描述	S
0	无染病小穗	0
1	只有接种小穗或个别小穗染病	$0 < S \leq 0.10$
[0058] 2	染病小穗面积不超过小穗总面积的 25%	$0.10 < S \leq 0.25$
3	染病小穗面积超过小穗总面积的 25%, 但不超过 50%	$0.25 < S \leq 0.50$
4	染病小穗面积超过小穗总面积的 50%	$S > 0.50$

[0059] 步骤六、依照步骤五介绍的方法对待鉴定麦穗的所有麦穗的严重度进行分级,计算所有麦穗的严重度平均等级 \bar{S} (计算公式如公式(3)所示),根据 \bar{S} 的值域范围对照鉴定材料赤霉病抗性评价标准(表2)确定待鉴定麦穗的抗性等级；

$$[0060] \quad \bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{m=0}^n S_m \quad (3)$$

[0061] 其中, S_m 为单个麦穗的严重度等级, n 为待鉴定麦穗获取的单个麦穗的个数。

[0062] 表2鉴定材料赤霉病抗性评价标准

	平均严重度	抗性等级
	$\bar{S}=0$	免疫 Immune (I)
	$0<\bar{S}<2$	抗病 Resistant (R)
[0063]	$2\leq\bar{S}<3$	中抗 Moderately Resistant (MR)
	$3\leq\bar{S}<3.50$	中感 Moderately Susceptible (MS)
	$\bar{S}\geq 3.50$	感病 Susceptible (S)

[0064] 在江苏省里下河地区研究所进行了两当年度的赤霉病抗性试验,共对1104份材料进行了高通量的赤霉病抗性等级鉴定,两年度所有抗性等级的平均准确率分别达94.9%和94.4%,其中免疫和中感两个等级的鉴定准确率均达到97.1%以上,抗病和感病两个等级的准确率达95.0%以上,效果图如附图3所示。

[0065] 在另一实施例中,本发明提出一种小麦赤霉病抗性鉴定系统,包括:

[0066] 图形处理模块,用于获取待鉴定麦穗的图像;使用基于DeepLabV3+网络的语义分割模型麦穗图像中提取目标麦穗的图像;将目标麦穗的图像作为输入图像;

[0067] 计算模块,用于确定分割健康小穗和染病小穗的分段动态阈值 t ;使用分段动态阈值 t 提取目标麦穗的赤霉病发病区域;根据目标麦穗的赤霉病发病区域,以染病小穗的面积占小穗总面积的比例表示单个麦穗的赤霉病严重度;

[0068] 评估模块,用于计算待鉴定麦穗发生病害的严重度等级的平均值,评估待鉴定麦穗的赤霉病抗性水平。

[0069] 在又一实施例中,本发明提出一种电子设备,包括存储器和处理器;所述存储器,用于存储计算机程序;所述处理器,用于当执行计算机程序时,实现第一实施例中小麦赤霉病抗性鉴定方法。

[0070] 在又一实施例中,本发明提出一种计算机可读存储介质,所述存储介质上存储有计算机程序,当所述计算机程序被处理器执行时,实现第一实施例中小麦赤霉病抗性鉴定方法。

[0071] 在本申请所公开的实施例中,计算机存储介质可以是有形的介质,其可以包含或存储以供指令执行系统、装置或设备使用或与指令执行系统、装置或设备结合使用的程序。计算机存储介质可以包括但不限于电子的、磁性的、光学的、电磁的、红外的、或半导体系统、装置或设备,或者上述内容的任何合适组合。计算机存储介质的更具体示例会包括基于一个或多个线的电气连接、便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM或快闪存储器)、光纤、便捷式紧凑盘只读存储器(CD-ROM)、光学储存设备、磁储存设备、或上述内容的任何合适组合。

[0072] 本领域普通技术人员可以意识到,结合本申请所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本申请的范围。以上仅是本发明的优选实施方式,本发明的保护范围并不仅限于上述实施例,凡属于本发明思路下的技术方案均属于本发明的保护范围。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理前提下的若干改进和润饰,应视为本发明的

保护范围。

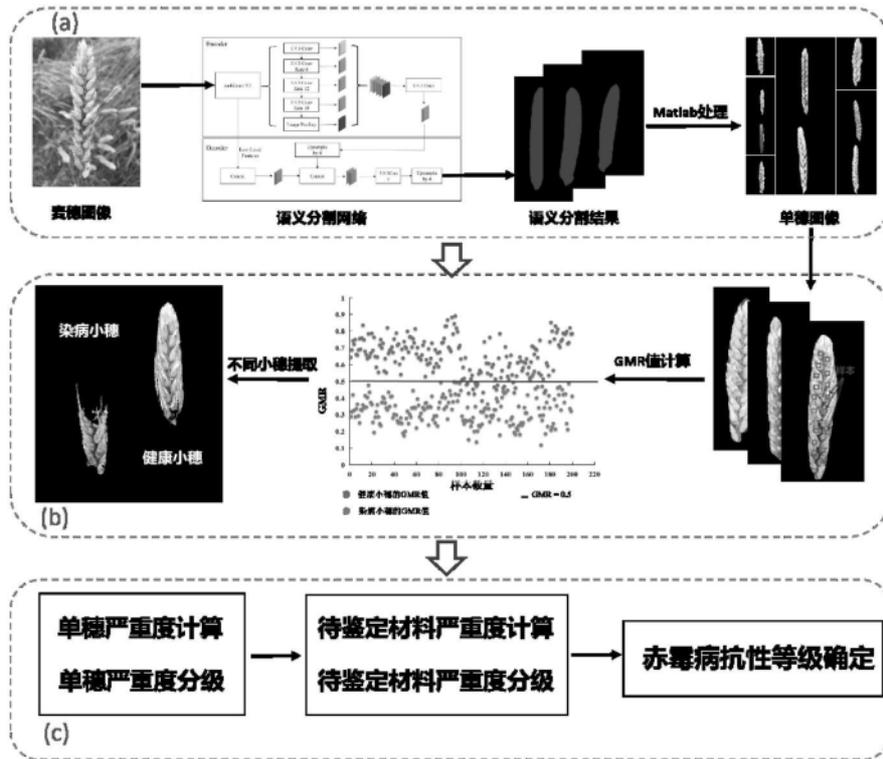


图1



图2

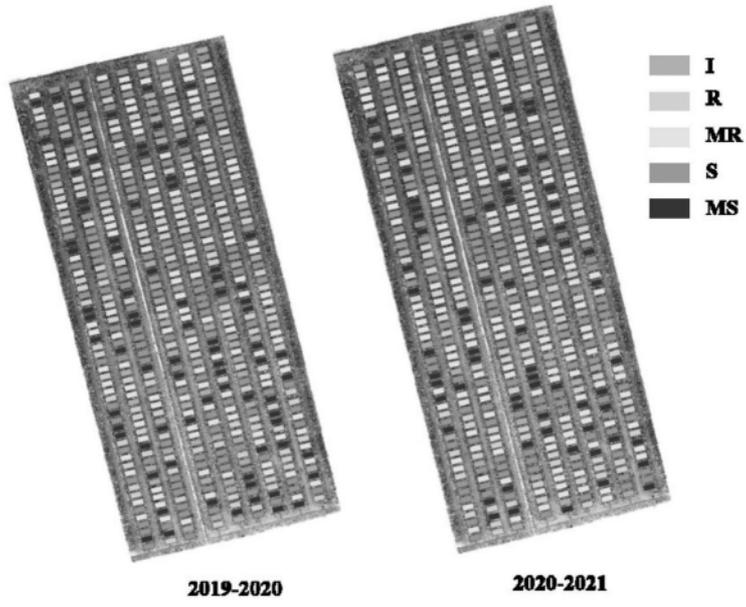


图3