

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 6 月 14 日 (14.06.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/103136 A1

(51) 国际专利分类号:
A01C 21/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2016/110901

(22) 国际申请日: 2016 年 12 月 20 日 (20.12.2016)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201611128697.6 2016年12月9日 (09.12.2016) CN

(71) 申请人: 江苏大学 (JIANGSU UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。

(72) 发明人: 倪纪恒 (NI, Jiheng); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。刘勇 (LIU, Yong); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。周靖宇 (ZHOU, Jingyu); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。毛罕平 (MAO, Hanping); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。

(74) 代理人: 北京德崇智捷知识产权代理有限公司 (JW IP LAW FIRM); 中国北京市朝阳区酒仙桥路 14 号 A5 楼 7 层 701, Beijing 100015 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第 21 条 (3))。

(54) Title: NUTRIENT SOLUTION MANAGEMENT TECHNIQUE BASED ON LENGTH OF LEAF OF GREENHOUSE TOMATO

(54) 发明名称: 一种基于温室番茄叶片长度的营养液管理技术

(57) Abstract: A nutrient solution management technique based on the length of a leaf of a greenhouse tomato, comprising the following steps: 1, subtracting from the leaf length of a feature leaf of a greenhouse tomato a standard leaf length for the feature leaf, excess water and fertilizer supply being indicated if the result is greater than zero, insufficient water and fertilizer supply being indicated if the result is less than zero, and adequate water and fertilizer supply being indicated if the result is equal to zero; 2, subtracting from the current electric conductivity value of a nutrient solution used in watering the EC value of the nutrient solution in a water and fertilizer deficit condition, multiplying the difference by the number of days the nutrient solution has been used in watering, and the result being the amount of nutrients of the nutrient solution excessively or insufficiently applied, and utilizing the average growth rate, a, of the feature leaf to deduce the current electric conductivity value of the nutrient solution used in watering; and 3, determining, on the basis of the amount of nutrients of the nutrient solution excessively or insufficiently applied, a final electric conductivity value of the nutrient solution for adjustment, and watering the crop with the adjusted nutrient solution. Only the length of the feature leaf of the greenhouse tomato needs to be measured, one-time investment incurred is low, and the measurement is simple and easy.

(57) 摘要: 一种基于温室番茄叶片长度的营养液管理技术, 包括如下步骤: 1、将温室番茄特征叶的叶长减去特征叶的标准叶长, 结果大于零表明水肥供应过多, 结果小于零表明水肥供应不足, 结果等于零说明水肥供应适当; 2、利用当前浇灌营养液的电导率值减去无水肥亏缺条件下营养液的 EC 值, 将差值乘以浇灌此营养液的天数, 结果为多施或者少施的营养液养分量; 利用特征叶的平均生长速率 a 推出当前浇灌营养液的电导率值; 3、根据多施或者少施的营养液养分量确定最终的营养液的电导率值进行调整, 将调整后的营养液对作物进行浇灌。仅需要测定温室番茄的特征叶长, 一次性投入低, 且测定十分简单易行。

WO 2018/103136 A1

一种基于温室番茄叶片长度的营养液管理技术

技术领域

本发明涉及一种基于温室番茄叶片长度的营养液管理技术，是通过叶片长度评价作物营养状况，依据评价结果进行营养液管理，属于设施栽培技术领域。

背景技术

中国设施园艺面积已达 330 万公顷，约占世界设施园艺总面积的 85%，在大型温室中普遍采用营养液灌溉，日光温室、塑料大棚也越来越多地采用营养液灌溉。但中国在温室作物水肥吸收利用规律方面研究的不多，对温室作物水肥吸收机理尚不清楚，因此目前采用的营养液管理模式为基于电导率（EC）和 pH 值的营养液管理模式。这种管理模式未考虑作物对营养液供给的反应，因此不能够做到依据作物需求进行浇水施肥，导致作物水肥利用率不高，不符合现代农业的高效、高产和优质的要求。因此迫切需要寻找一种能够反应作物对水肥状况的方法，依据作物水肥状况进行营养液管理。

目前关于温室作物水肥状况的评价，前人研究了很多方法，例如采用光谱法、图像法，化学分析法等。这些方法可以对作物水肥状况进行了准确的评价，但存在一次性投入大的不足。化学分析法需要在实验室中进行，费时费工。叶片是作物的主要光合器官，对水肥供应状况反应十分敏感。当温室作物水肥供应不足时，作物表现为叶片生长速率变慢，叶片变小。在一定的范围内，叶片长度与水肥供应状况存在一定的相关关系。因此通过作物的叶长对作物的水肥状况进行综合评价，依据评价结果进行营养液管理，对于提升中国营养液管理水平，推动营养液栽培技术的推广，具有重要的意义。

发明内容

本发明为克服上述现有技术中的不足，本发明提供了一种基于叶长的营养液管理方法，以温室番茄为例，利用温室番茄的叶片长度对番茄的水肥状况进行综合评价，依据评价结果进行营养液管理。可以简述为“缺不缺，缺多少和如何补”。

本发明是通过如下技术方案实现的：

一种基于温室番茄叶片长度的营养液管理技术，包括如下步骤：

步骤 1、缺不缺：

1-1、温室番茄的特征叶位为：温室番茄结果前，倒 3 叶为其特征叶；由于温室番茄在第 8 或第 9 叶出现时开始结果，当温室番茄结果后，倒 7 叶为其特征叶；标准叶长为通过标准叶长模型计算出的特征叶长，即在水肥亏缺条件下特征叶的叶片长度；

1-2、测定温室番茄特征叶的叶长，然后将测定日之前温室内的温度资料输入至标准叶长模型中，标准叶长模型的输出值即为特征叶的标准叶长；将特征叶长减去标准叶长，结果大于零表明水肥供应过多，结果小于零表明水肥供应不足，结果等于零说明水肥供应适当；

步骤 2、缺多少：

2-1、计算特征叶的平均生长速率 a ：利用特征叶测定时段的叶长/特征叶从出现至测定时段的有效积温得到特征叶的平均生长速率 a ；

2-2、利用特征叶的平均生长速率 a ，计算当前浇灌营养液的电导率（EC）值；

2-3、利用当前浇灌营养液的电导率（EC）值减去无水肥亏缺条件下营养液的电导率（EC）值（无水肥亏缺条件下营养液的电导率（EC）值为 2.2dS/m ），将差值乘以浇灌此营养液的天数，得到的结果为多施或者少施的营养液养分量（在此，营养液养分量采用电导率（EC）与天数的乘积表示）；

步骤 3、如何补：

根据获得的当前浇灌营养液的电导率（EC）值和多施或者少施的营养液养分量，若营养液养分量多施，则对当前浇灌营养液的电导率（EC）值降低 10%；若营养液养分量少施，则对当前浇灌营养液的电导率（EC）值提升 10%；然后每天测定特征叶的叶长，并与标准叶长模型输出的标准叶长进行大小比较，直至测定的特征叶叶长与模型输出的标准叶长相等，按照测定的特征叶叶长与模型输出的标准叶长相等时的营养液的电导率（EC）值进行营养液的浇灌。

步骤 1-1 中，所述温室番茄的特征叶叶位的具体确定方法为：

步骤 a1、选取番茄品种和植株，并设计不同电导率的营养液浇灌所选取的番茄植株；

步骤 a2、番茄植株的第一真叶展开后，每 3 天进行一次定株观测，观测项目包括株高、叶数、各叶位的叶长和各节位果实的直径，同时记录每天的日平均温度；当叶长增长量连续 3 次测量都低于 0.5cm ，则认为该叶片已达最大叶长，不再进行叶长测量；

步骤 a3、在温室番茄结果前，采用 excel 软件对株高与叶片生长速率进行相关性分析，求得株高与叶片生长速率之间的决定系数 a ，以决定系数 a 最大的所在节位叶片为特征叶，最终确定结果前的特征叶为倒 3 叶；

在温室番茄结果后，首先建立番茄果实直径与果实鲜重的数学关系公式，利用测定的果实直径获得番茄植株每日的果实鲜重，进而得到整株番茄果实的鲜重日增长量；分析整株番茄果实的鲜重日增长量与不同节位果实直径的决定系数 b ，以决定系数 b 最大

值所在节位叶片为特征叶，最终确定结果后的特征叶为倒 7 叶。

所述番茄果实直径与果实鲜重的数学关系公式为：果实鲜重=0.5×果实直径立方。

步骤 1、3 中，所述特征叶的标准叶长的确定方法为：

步骤 b1、确定第一真叶展开至任一叶展开后第 n 天的累积有效积温，满足如下公式：

$$G=\sum(T_{\text{mean}}-T_b),$$

其中，G 为第一真叶展开至任一叶展开后第 n 天的累积有效积温； T_{mean} 为一天的日平均温度； T_b 为界限温度，界限温度为公知常识；

步骤 b2、确定叶片展开后从第 r 天至第 j 天的累积有效积温，满足如下公式：

$$\Delta G_{rj}=G_j-G_r,$$

其中， ΔG_{rj} 为第一真叶展开至任一叶展开后从第 r 天到第 j 天的累积有效积温； G_r 为第一真叶展开至任一叶展开后第 r 天的累积有效积温； G_j 为第一真叶展开至任一叶展开后第 j 天的累积有效积温；

步骤 b3、采用累积有效积温确定叶片总数，所述总叶片数满足如下公式：

$$N=0.038\times G-5.5,$$

其中，N 为叶片总数；

步骤 b4、根据叶片总数确定特征叶的叶位，满足如下公式：

$$C = \begin{cases} N-6 & N>8 \\ N-3 & N\leq 8 \end{cases},$$

其中，C 为特征叶的叶位；

步骤 b5、根据特征叶的叶位计算标准叶长模型中特征叶的平均生长速率 b，所述标准叶长模型中特征叶的平均生长速率 b 满足如下公式：

$$V = \begin{cases} 1.2 \times \frac{C}{4+C} & C \leq 8 \\ 0.23 \times \frac{C}{C-8} & C > 8 \end{cases},$$

其中，V 为标准叶长模型中特征叶的平均生长速率 b，单位为厘米每天。

步骤 b6、确定特征叶的标准叶长，特征叶的标准叶长所述满足如下公式：

$$L_s=V\times\Delta G_{rj},$$

其中， L_s 为特征叶的标准叶长。

步骤 2-2 中, 所述当前浇灌营养液的电导率 (EC) 值计算方法如下:

当温室番茄叶片数小于等于 8 时: $V_m = 0.03 \times EC + 0.3$,

当温室番茄叶片数大于 8 时: $V_m = 0.58e^{0.167EC}$,

其中, V_m 为特征叶的平均生长速率 a ; EC 为当前浇灌营养液的电导率 (EC) 值; 通过对测定的特征叶的平均生长速率反推, 确定当前营养液的 EC 值。

有益效果:

目前温室作物营养液管理模式一般是基于 EC 的营养液管理策略, 这种管理策略未考虑作物对养分的需求状况。对作物养分状况的评价方法主要有光谱图像法和光合速率法。这两种方法虽然可以较好的做到实时在线检测, 但存在一次性投入太高的问题, 光谱仪、图像仪和光合仪等设备的价格一般都在 30 万元以上。而本发明提出的基于叶长的作物养分评价方法和营养液管理策略仅需要测定温室番茄的特征叶长, 一次性投入低, 且测定十分简单易行。

具体实施方式

下面结合具体实施例对本发明作进一步描述:

实施例 1

以温室番茄为例, 详细介绍本发明一种基于叶长的营养液管理方法, 它包括以下三个步骤:

步骤 1、缺不缺:

1-1、温室番茄的特征叶叶位为: 温室番茄结果前, 倒 3 叶为其特征叶; 由于温室番茄在第 8 或第 9 叶叶出现时开始结果, 当温室番茄结果后, 倒 7 叶为其特征叶; 标准叶长为通过标准叶长模型计算出的特征叶长, 即在水肥亏缺条件下特征叶的叶片长度;

1-2、测定温室番茄特征叶的叶长, 然后将测定日之前温室内的温度资料输入至标准叶长模型中, 标准叶长模型的输出值即为特征叶的标准叶长; 将特征叶长减去标准叶长结果大于零表明水肥供应过多, 结果小于零表明水肥供应不足, 结果等于零说明水肥供应适当;

特征叶叶位的确定

(1) 试验处理:

设计不同 EC 电导率 (electrical conductivity), (0, 1.5, 2.0, 2.5ds/cm) 的营养液浇灌温室番茄。供试番茄品种为粉红-906, 采用霍格兰营养液浇灌, 每天 2 次, 每次 200 毫升/株。

测定项目：第一真叶展开后，每 3 天进行一次定株(苗期每处理 10 株，开花后减为每处理 3 株)观测，观测项目包括株高、叶数、各叶位的叶长和各节位果实的直径，同时记录每天的日平均温度。当叶长增长量连续 3 次测量都低于 0.5cm，即认为该叶片已达最大叶长，不再进行叶长测量。

数据分析：在温室番茄结果前，采用 excel 软件对株高与叶片生长速率进行相关性分析，求得株高与叶片生长速率之间的决定系数 a ，以决定系数 a 最大的所在节位叶片为特征叶，最终确定结果前的特征叶为倒 3 叶；所述叶片生长速率为特征叶测定时段的叶长/特征叶从出现至测定时段的有效积温，即实测的特征叶的叶长/特征叶从出现至测定时段的有效积温。

在温室番茄结果后，首先建立番茄果实直径与果实鲜重的数学关系公式，利用测定的果实直径获得番茄植株每日的果实鲜重，进而得到整株番茄果实的鲜重日增长量；分析整株番茄果实的鲜重日增长量与不同节位果实直径的决定系数 b ，以决定系数 b 最大值所在节位叶片为特征叶，最终确定结果后的特征叶为倒 7 叶；经分析，决定系数 b 最大的节位不是固定的，而是随着番茄植株的生长不断变化。

所述番茄果实直径与果实鲜重的数学关系公式为：果实鲜重=0.5×果实直径立方。

步骤 2、缺多少：

2-1、计算特征叶的平均生长速率 a ：利用特征叶测定时段的叶长/特征叶从出现至测定时段的有效积温得到特征叶的平均生长速率 a ；

2-2、利用特征叶的平均生长速率 a ，计算当前浇灌营养液的电导率（EC）值；

当温室番茄叶片数小于等于 8 时： $Vm=0.03 \times EC + 0.3$ ，

当温室番茄叶片数大于 8 时： $Vm=0.58e^{0.167EC}$ ，

其中， Vm 为特征叶的平均生长速率 a （厘米每天）； EC 为当前浇灌营养液的电导率（EC）值；通过对测定的特征叶的平均生长速率反推，确定当前营养液的 EC 值。

2-3、利用当前浇灌营养液的电导率（EC）值减去无水肥亏缺条件下营养液的电导率（EC）值（无水肥亏缺条件下营养液的电导率（EC）值为 2.2dS/m），将差值乘以浇灌此营养液的天数，得到的结果为多施或者少施的营养液养分量（在此，营养液养分量采用电导率（EC）与天数的乘积表示）；

步骤 3、如何补：

根据获得的当前浇灌营养液的 EC 值和多施或者少施的营养液养分量，若营养液养分量多施，则对当前浇灌营养液的电导率（EC）值降低 10%；若营养液养分量少施，则

对当前浇灌营养液的电导率（EC）值提升 10%；然后每天测定特征叶的叶长，并与标准叶长模型输出的标准叶长进行大小比较，直至测定的特征叶叶长与模型输出的标准叶长相等，按照测定的特征叶叶长与模型输出的标准叶长相等时的营养液的电导率（EC）值进行营养液的浇灌。

上述步骤中，所涉及到的因子按照以下过程求解：

步骤 1、3 中，所述特征叶的标准叶长的确定方法为：

步骤 b1、确定第一真叶展开至任一叶展开后第 n 天的累积有效积温，满足如下公式：

$$G = \sum(T_{\text{mean}} - T_b),$$

其中，G 为第一真叶展开至任一叶展开后第 n 天的累积有效积温； T_{mean} 为一天的日平均温度； T_b 为界限温度，界限温度为公知常识；番茄各生育时期界限温度 T_b 的取值参见下表 1：

表 1 番茄各生育时期界限温度 T_b 的取值

生育期	$T_b(^{\circ}\text{C})$
苗期	10
开花期	15
结果期	15
采收期	15

步骤 b2、确定叶片展开后从第 r 天至第 j 天的累积有效积温，满足如下公式：

$$\Delta G_{rj} = G_j - G_r,$$

其中， ΔG_{rj} 为第一真叶展开至任一叶展开后从第 r 天到第 j 天的累积有效积温； G_r 为第一真叶展开至任一叶展开后第 r 天的累积有效积温； G_j 为第一真叶展开至任一叶展开后第 j 天的累积有效积温；

步骤 b3、采用累积有效积温确定叶片总数，所述总叶片数满足如下公式：

$$N = 0.038 \times G - 5.5,$$

其中，N 为叶片总数；

步骤 b4、根据叶片总数确定特征叶的叶位，满足如下公式：

$$c = \begin{cases} N - 6 & N > 8 \\ N - 3 & N \leq 8 \end{cases},$$

其中，c 为特征叶的叶位；

步骤 b5、根据特征叶的叶位计算标准叶长模型中特征叶的平均生长速率 b，所述标准叶长模型中特征叶的平均生长速率 b 满足如下公式：

$$V = \begin{cases} 1.2 \times \frac{c}{4+c} & c \leq 8 \\ 0.23 \times \frac{c}{c-9} & c > 8 \end{cases},$$

其中，V 为标准叶长模型中特征叶的平均生长速率 b，单位为厘米每天。

步骤 b6、确定特征叶的标准叶长，特征叶的标准叶长所述满足如下公式：

$$L_s = V \times \Delta G_{rj},$$

其中，L_s 为特征叶的标准叶长。

权 利 要 求 书

1.一种基于温室番茄叶片长度的营养液管理技术，其特征在于，包括如下步骤：

步骤 1、

1-1、温室番茄的特征叶叶位为：温室番茄结果前，倒 3 叶为其特征叶；由于温室番茄在第 8 或第 9 叶出现时开始结果，当温室番茄结果后，倒 7 叶为其特征叶；标准叶长为通过标准叶长模型计算出的特征叶长，即在水肥亏缺条件下特征叶的叶片长度；

1-2、测定温室番茄特征叶的叶长，然后将测定日之前温室内的温度资料输入至标准叶长模型中，标准叶长模型的输出值即为特征叶的标准叶长；将特征叶长减去标准叶长，结果大于零表明水肥供应过多，结果小于零表明水肥供应不足，结果等于零说明水肥供应适当；

步骤 2、

2-1、计算特征叶的平均生长速率 a ：利用特征叶测定时段的叶长/特征叶从出现至测定时段的有效积温得到特征叶的平均生长速率 a ；

2-2、利用特征叶的平均生长速率 a ，计算当前浇灌营养液的电导率值；

2-3、利用当前浇灌营养液的电导率值减去水肥亏缺条件下营养液的电导率值，将差值乘以浇灌此营养液的天数，得到的结果为多施或者少施的营养液养分量；

步骤 3、

根据获得的当前浇灌营养液的电导率值和多施或者少施的营养液养分量，若营养液养分量多施，则对当前浇灌营养液的电导率值降低 10%；若营养液养分量少施，则对当前浇灌营养液的电导率值提升 10%；然后每天测定特征叶的叶长，并与标准叶长模型输出的标准叶长进行大小比较，直至测定的特征叶叶长与模型输出的标准叶长相等，按照测定的特征叶叶长与模型输出的标准叶长相等时的营养液的电导率值进行营养液的浇灌。

2.根据权利要求 1 所述的一种基于温室番茄叶片长度的营养液管理技术，其特征在于，步骤 1-1 中，所述温室番茄的特征叶叶位的具体确定方法为：

步骤 a1、选取番茄品种和植株，并设计不同电导率的营养液浇灌所选取的番茄植株；

步骤 a2、番茄植株的第一真叶展开后，每 3 天进行一次定株观测，观测项目包括株高、叶数、各叶位的叶长和各节位果实的直径，同时记录每天的日平均温度；当叶长增长量连续 3 次测量都低于 0.5cm，则认为该叶片已达最大叶长，不再进行叶长测量；

步骤 a3、在温室番茄结果前，采用 excel 软件对株高与叶片生长速率进行相关性分析，求得株高与叶片生长速率之间的决定系数 a ，以决定系数 a 最大的所在节位叶片为特

征叶，最终确定结果前的特征叶为倒 3 叶；

在温室番茄结果后，首先建立番茄果实直径与果实鲜重的数学关系公式，利用测定的果实直径获得番茄植株每日的果实鲜重，进而得到整株番茄果实的鲜重日增长量；分析整株番茄果实的鲜重日增长量与不同节位果实直径的决定系数 b ，以决定系数 b 最大值所在节位叶片为特征叶，最终确定结果后的特征叶为倒 7 叶。

3. 根据权利要求 1 所述的一种基于温室番茄叶片长度的营养液管理技术，其特征在于，步骤 1、3 中，所述特征叶的标准叶长的确定方法为：

步骤 b1、确定第一真叶展开至任一叶展开后第 n 天的累积有效积温，满足如下公式：

$$G = \sum (T_{\text{mean}} - T_b),$$

其中， G 为第一真叶展开至任一叶展开后第 n 天的累积有效积温； T_{mean} 为一天的日平均温度； T_b 为界限温度，界限温度为公知常识；

步骤 b2、确定叶片展开后从第 r 天至第 j 天的累积有效积温，满足如下公式：

$$\Delta Grj = G_j - G_r,$$

其中， ΔGrj 为第一真叶展开至任一叶展开后从第 r 天到第 j 天的累积有效积温； G_r 为第一真叶展开至任一叶展开后第 r 天的累积有效积温； G_j 为第一真叶展开至任一叶展开后第 j 天的累积有效积温；

步骤 b3、采用累积有效积温确定叶片总数，所述总叶片数满足如下公式：

$$N = 0.038 \times G - 5.5,$$

其中， N 为叶片总数；

步骤 b4、根据叶片总数确定特征叶的叶位，满足如下公式：

$$C = \begin{cases} N - 6 & N > 8 \\ N - 3 & N \leq 8 \end{cases},$$

其中， C 为特征叶的叶位；

步骤 b5、根据特征叶的叶位计算标准叶长模型中特征叶的平均生长速率 b ，所述标准叶长模型中特征叶的平均生长速率 b 满足如下公式：

$$V = \begin{cases} 1.2 \times \frac{C}{4 + C} & C \leq 8 \\ 0.23 \times \frac{C}{C - 8} & C > 8 \end{cases},$$

其中，V 为标准叶长模型中特征叶的平均生长速率 b，单位为厘米每天。

步骤 b6、确定特征叶的标准叶长，特征叶的标准叶长所述满足如下公式：

$$L_s = V \times \Delta G_{rj},$$

其中，L_s 为特征叶的标准叶长。

4.根据权利要求 1 所述的一种基于温室番茄叶片长度的营养液管理技术，其特征在于，步骤 2-2 中，所述当前浇灌营养液的电导率值计算方法如下：

当温室番茄叶片数小于等于 8 时： $V_m = 0.03 \times EC + 0.3$ ，

当温室番茄叶片数大于 8 时： $V_m = 0.58e^{0.167EC}$ ，

其中，V_m 为特征叶的平均生长速率 a；EC 为当前浇灌营养液的电导率值；

通过对测定的特征叶的平均生长速率反推，确定当前营养液的电导率值。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/110901

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A01C 21/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT; WPI; EPODOC; CNKI; IEEE: 温室, 番茄, 作物, 营养液, 叶片长度, 叶长, 电导率, green w house, tomato, crop, plant, nutrient w solution, blade, length, electrical w conductivity, EC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104429264 A (SHENYANG YUANDA SCIENCE AND TECHNOLOGY PARK CO., LTD.) 25 March 2015 (25.03.2015), description, paragraphs [0027]-[0033] and [0054]-[0066], and figures 1-4	1-4
A	CN 101950321 A (AGRICULTURAL UNIVERSITY OF SHENYANG) 19 January 2011 (19.01.2011), entire document	1-4
A	US 2014324490 A1 (GURIN, MICHAEL H.) 30 October 2014 (30.10.2014), entire document	1-4
A	张芳等. 基于叶片数增长动态的营养液供给对番茄生长、产量和品质的影响. 植物营养与肥料学报. 05 April 2016 (05.04.2016), 22(5), pages 1374-1383. (ZHANG, Fang et al. Effects of Nutrient Solution Supplying Mode on Growth, Yield and Quality of Tomatoes Using Leaf Number Growth Dynamic. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer.)	1-4
A	樊怀福等. 调节营养液电导率对卡罗番茄果实品质和产量的影响. 西北农业学报. 30 April 2011 (30.04.2011), 20(4), pages 102-105. (FAN, Huaifu et al. Effect of Nutrient Solution Conductivity Regulation on Quality and Yield of Kaluo Tomato. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica.)	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 11 April 2017	Date of mailing of the international search report 26 April 2017
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer JIN, Xia Telephone No. (86-10) 62414438

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/110901

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104429264 A	25 March 2015	WO 2016074577 A1	19 May 2016
CN 101950321 A	19 January 2011	None	
US 2014324490 A1	30 October 2014	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/110901

A. 主题的分类

A01C 21/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

A01C

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT;WPI;EPDOC;CNKI;IEEE: 温室, 番茄, 作物, 营养液, 叶片长度, 叶长, 电导率, green w house, tomato, crop, plant, nutrient w solution, blade, length, electrical w conductivity, EC

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 104429264 A (沈阳远大科技园有限公司) 2015年 3月 25日 (2015 - 03 - 25) 说明书第[0027]-[0033]、[0054]-[0066]段, 图1-4	1-4
A	CN 101950321 A (沈阳农业大学) 2011年 1月 19日 (2011 - 01 - 19) 全文	1-4
A	US 2014324490 A1 (GURIN, MICHAEL H.) 2014年 10月 30日 (2014 - 10 - 30) 全文	1-4
A	张芳 等. “基于叶片数增长动态的营养液供给对番茄生长、产量和品质的影响” 植物营养与肥料学报, 第22卷, 第5期, 2016年 4月 5日 (2016 - 04 - 05), 第1374-1383页	1-4
A	樊怀福 等. “调节营养液电导率对卡罗番茄果实品质和产量的影响” 西北农业学报, 第20卷, 第4期, 2011年 4月 30日 (2011 - 04 - 30), 第102-105页	1-4

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2017年 4月 11日

国际检索报告邮寄日期

2017年 4月 26日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

金霞

电话号码 (86-10)62414438

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/110901

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104429264	A	2015年 3月 25日	WO	2016074577	A1	2016年 5月 19日
CN	101950321	A	2011年 1月 19日	无			
US	2014324490	A1	2014年 10月 30日	无			