

再生稻再生芽萌发期降水量和作物需水量的年际变化特征分析

谢源泉¹, 杜康¹, 林赵淼¹, 刘正辉^{1,2}, 王绍华¹, 丁艳锋^{1,2}

(1. 南京农业大学农学院, 江苏 南京 210095; 2. 江苏省现代作物生产协同创新中心, 江苏 南京 210095)

摘 要: 基于遂宁、内江、泸州、宜宾、纳溪和叙永等 6 个气象站 1951—2007 年的逐日气象资料, 采用 FAO 推荐的 Penman - Monteith 公式计算再生稻作物需水量, 并结合同期降水量, 以自然降水量/作物需水量 (R/ET_c) 为指标, 探讨了川东南地区中稻再生芽萌发期(即 7 月下旬—8 月中旬)的降水量和作物需水量的地区差异特征和年际变化特征。结果表明, 遂宁、内江、泸州、纳溪、宜宾和叙永再生芽萌发期多年平均降水量分别为 156.7、175.4、168.5、66.7、227.5 mm 和 153.4 mm。需水量多年平均分别为 141.5、138.6、144.5、146.0、128.5 mm 和 142.7 mm。除了纳溪外, 其余各地区再生芽萌发期的降水量均高于其作物需水量。从自然降水量和作物需水量之间的关系上看, 宜宾、内江、泸州及叙永均较适合再生稻发展, 而纳溪则存在较大的风险。进一步分析内江、泸州再生芽萌发期作物需水量和自然降水量的年际变化特征, 发现从 1951—2007 年, 内江降水量与需水量的比值 > 1 的年份占了 63%, 比值在 0.85 ~ 1 之间的概率为 3%, 比值在 0.5 ~ 0.7 之间的概率为 11%, 降水量与需水量的比值 < 0.5 为 12%。从 1951—2002 年, 泸州降水量与需水量的比值 > 1 的年份占了 52%, 比值在 0.85 ~ 1 之间的概率为 13%, 比值在 0.5 ~ 0.7 之间的概率为 21%, 降水量与需水量的比值 < 0.5 的概率为 4%。相对而言, 内江中稻再生芽萌发期仍然存在较大的受旱风险。根据以上结果, 探讨了川东南再生稻发展适宜区及高产栽培策略, 纳溪受旱风险较大不宜晒田, 遂宁、宜宾、内江、泸州、叙永均能进行中期晒田。

关键词: 再生稻; 再生芽萌发期; 降水量; 作物需水量; 年际变化

中图分类号: S511.4⁺2; S161.6 **文献标志码:** A

Annual variation of rainfall and crop water requirements of ratoon rice during the sprouting of axillary bud period

XIE Yuan-quan¹, DU Kang¹, LIN Zhao-miao¹, LIU Zheng-hui^{1,2}, WANG Shao-hua¹, DING Yan-feng^{1,2}

(1. Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China;

2. Jiangsu Collaborative Innovation Center for Modern Crop Production, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

Abstract: Based on the daily data at six meteorological stations including Suining, Neijiang, Luzhou, Yibin, Naxi and Xuyong during 1951—2007, the FAO Penman - Monteith formula and the method of crop coefficient calculation were used to estimate the water requirements for ratoon rice during the period of sprouting of axillary bud (from late July to mid-August) and the regional disparity and temporal distribution characteristics of precipitation and crop water requirement during this period were also explored. The results showed that the mean annual precipitation during sprouting of axillary bud were 156.7, 175.4, 168.5, 66.7, 227.5 mm and 153.4 mm, and annual crop water requirement were 141.5, 138.6, 144.5, 146.0, 128.5 mm and 142.7 mm for Suining, Neijiang, Luzhou, Yibin, Naxi and Xuyong, respectively. In consideration the relationship between rainfall and the crop water requirement, Yibin, Neijiang, Luzhou and Xuyong are suitable for ratoon rice, while Naxi is not. Temporal distribution of precipitation and crop water requirement during the period of sprouting of axillary bud was evaluated by calculating the ratio of rainfall (R) to ET_c . For Neijiang, 63% of the years from 1951 to 2007 had a R/ET_c ratio above 1.0, and 12% were below 0.5. For Luzhou, 52%

收稿日期: 2015-05-25
基金项目: 国家自然科学基金(31171485, 31470086); 国家 863 计划(2014AA10A605); 国家科技支撑计划(2012BAD04B08, 2013BAD07B09)
作者简介: 谢源泉(1988—), 男, 福建泉州人, 硕士研究生, 主要从事水稻生理生态方面的研究。E-mail: 2012101040@njau.edu.cn。
通信作者: 刘正辉(1975—), 男, 辽宁辽阳人, 博士, 教授, 主要从事水稻产量、品质形成生理与环境调控机制研究。E-mail: liuzh@njau.edu.cn。

of the years were above 1.0, whereas 4% were below 0.5. In conclusion, Neijiang is vulnerable to drought stress during the sprouting of axillary period. The ecological regionalization of ratoon rice in southeast Sichuan is interpreted as a result. Yibin, Neijiang, Luzhou and Xuyong can dry paddy field at full heading stage, while Naxi cannot.

Keywords: ratoon rice; sprouting of axillary bud; precipitation; crop water requirement; annual variation

再生稻是利用头季稻收割后稻桩上的腋芽萌发成苗,经过科学管理,使其抽穗结实再收获一季的一种稻作制度^[1]。近年来,由于人口增加和耕地减少的矛盾日益突出,人们对粮食的需求不断增加,再生稻生产具有时间短、投资省、产量稳、效益高、潜力大等突出特点再次受到人们关注。四川省是我国再生稻主产区,目前再生稻蓄留面积多达 32.9 万 hm², 占全国的 45% 左右^[2]。川东南地区是再生稻的适宜种植区域,该区热量资源丰富,再生稻在大多数年份能安全抽穗开花,产量稳定,是四川盆地再生稻发展的重点区域。但由于受地理位置及地形(以丘陵为主)的限制,水资源调控不足,水利配套条件不完善,而自然降水的充分利用在满足再生稻的水分需求进而实现科学灌溉中作用凸显。水稻再生芽的萌发成苗是影响再生稻产量的重要因素^[3-4]。杂交中稻再生稻头季生育后期至收后再生芽萌发成苗期,正值 7 月下旬到 8 月中旬的高温伏旱季节,该时期的降水量对川东南再生稻生产的影响甚大。有研究指出,若在头季稻收获之前出现干旱,会使稻株绿叶数减少,早熟,株高及活芽率明显降低,芽穗分化发育延迟;在收割之后出现干旱,则再生稻发苗成穗率降低,穗粒数减少,抽穗期延迟^[5]。因此,再生芽萌发期的降水成为再生稻能否获得高产的关键气象因子。本研究以川东南稻区 6 个气象站气象数据为基础,采用 FAO 推荐的 Penman - Monteith 公式计算再生稻再生芽萌发期(7 月下旬至 8 月上旬)作物需水量,并结合同期降水量,基于需水量与降水量之间的匹配程度,分析了川东南地区再生稻再生芽萌发期降水适宜程度的时空变异,以期对再生稻适宜生态区划及栽培管理措施提供参考。

1 材料与方法

1.1 资料来源

川东南再生稻大面积种植生产主要集中在遂宁、内江、泸州、纳溪、宜宾和叙永等 6 个地区,因此本研究选取这 6 个地区气象站 1951—2007 年逐日气象数据(表 1),包括大气压(hPa)、平均温度(℃)、最高气温(℃)、最低气温(℃)、水汽压(hPa)、日照时数(h)、风速(m·s⁻¹)、大气相对湿度(%)、水面蒸发量(ram·d⁻¹)等。

表 1 气象台站基本信息			
Table 1 Description of the six meteorological stations			
台站名 Site	经度/(°) Longitude	纬度/(°) Latitude	海拔高度/m Elevation
遂宁 Suining	105.6°E	30.5°N	355.0
内江 Neijiang	105.1°E	29.6°N	347.1
泸州 Luzhou	105.4°E	28.9°N	334.8
纳溪 Naxi	105.4°E	28.8°N	368.8
宜宾 Yibin	104.6°E	28.8°N	340.8
叙永 Xuyong	105.4°E	28.3°N	377.5

1.2 作物需水量计算方法

1.2.1 参考作物蒸散量 ET₀ 的计算

ET₀ 采用 FAO(1998)推荐的 Penman - Monteith 公式^[6-8]计算,具体计算方法如下:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

(1)

式中,ET₀ 为参考作物需水量(mm·d⁻¹);R_n 为达到作物冠层表面的净辐射量(MJ·m⁻²·d⁻¹),由下式计算:

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

(2)

其中,R_{ns} 为太阳净短波辐射量(mm·d⁻¹)。

$$R_{ns} = 0.77 \times \left(0.25 + 0.50 \frac{n}{N} \right) R_a$$

(3)

式中,n 为日照时数(h);N 为最大可能日照时数(h);R_a 为大气顶部的理论太阳辐射。R_{nl} 为大地的长波辐射(mm·d⁻¹),计算式为:

$$R_{nl} = k \cdot \left(0.9 \frac{n}{N} + 0.1 \right) (0.34 - 0.14 \sqrt{e_a}) \cdot \Delta T_k$$

(4)

式中,k = 2.45 × 10⁻⁹;ΔT_k = (T_{kx}⁴ - T_{kn}⁴);T_{kx} 为日最高气温(℃);T_{kn} 为日最低气温(℃)。

G 为土壤热通量密度(MJ·m⁻²·d⁻¹),计算如下:

$$G = 0.14 \times (T_{mouth_n} - T_{mouth_{n-1}})$$

(5)

由于超过 10 d 左右的土壤热通量幅度相对较小,正常情况下可以忽略即 G = 0。

u₂ 为地面以上 2 m 高的风速(m·s⁻¹),其它任意高度 H(m) 的风速 u,由下式折算成 2 m 高度风

速:

$$u_2 = \frac{4.87u}{2.3023\log(67.8H - 5.42)} \tag{6}$$

e_s 为空气饱和水汽压(kPa), 计算式如下:

$$e_s = 0.611\exp\left(\frac{17.27T}{T + 237.3}\right) \tag{7}$$

式中, T 为空气平均温度($^{\circ}\text{C}$); e_a 为空气实际水汽压(kPa):

$$e_a = e_s \cdot RH/100 \tag{8}$$

式中, RH 为空气相对湿度。

Δ 为饱和水汽压与空气温度关系曲线的斜率($\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$):

$$\Delta = \frac{4098 \cdot e_a}{(T + 237.3)^2} \tag{9}$$

γ 为湿度计常数($\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$), 与气温有关, 采用下式确定:

$$\gamma = 0.6455 + 0.00064 \cdot T \tag{10}$$

1.2.2 作物需水量 ET_c 的计算 采用 FAO 推荐的“参考作物蒸散量乘以作物系数法”计算:

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

式中, K_c 为作物系数, 本研究采用的 K_c 值是 FAO 推荐的标准作物系数^[8]; ET_0 为参考作物蒸散量。川东南再生稻生长季节为 3 月上旬 ~ 10 月中旬, 3 月上旬播种, 4 月上旬移栽, 头季于 8 月上旬成熟收割, 再生季于 10 月中旬收获。本研究中 ET_0 、 ET_c 的计算均以旬(10 d)为单位进行计算。

1.3 降水满足度分析

参考赖纯佳等^[9] 的方法, 结合川东南再生稻生长的实际情况, 计算其降水满足情况。公式如下:

$$K(R) = R/ET_c$$

式中, $K(R)$ 为自然降水对作物需水的满足程度; R 为水稻生育期旬累积降水量(mm); ET_c 为水稻在某个生育期的需水量(mm)。

降水适宜评价标准: $K(R) > 1$ 为适宜, $1 > K(R) > 0.85$ 为较适宜, $0.85 > K(R) > 0.7$ 为一般, $0.7 > K(R) > 0.5$ 为较差, $K(R) < 0.50$ 为不适宜。

2 结果分析

2.1 川东南水稻再生芽萌发期自然降水量和作物需水量的空间变异

川东南水稻再生芽萌发期(7 月下旬—8 月中旬)作物需水量和降水量存在明显的地区之间的差别(图 1)。遂宁、内江、泸州、纳溪、宜宾和叙永再生芽萌发期多年自然降水量平均值分别为 156.7、

175.4、168.5、66.7、227.5 mm 和 153.4 mm, 作物需水量分别为 141.5、138.6、144.5、146.0、128.5 mm 和 142.7 mm。其中, 宜宾作物需水量仅 128.5 mm, 明显低于其它各地区。自然降水量和作物需水量之间的匹配程度分析结果表明, 遂宁、内江、泸州、纳溪、宜宾和叙永再生芽萌发期降水量与需水量的比值分别为 1.10、1.27、1.17、0.45、1.77 和 1.08。除了纳溪外, 其余各地区再生芽萌发期的降水量均高于其作物需水量, 能满足该时期的水分需求。因此, 宜宾、内江、泸州及叙永均较适合再生稻发展, 而纳溪则存在较大的风险。降水量空间分布特征为种植区偏西部地区最多, 由此向东递减。需水量的空间分布特征为种植区西部地区作物需水量最少, 由此向东先增后减。

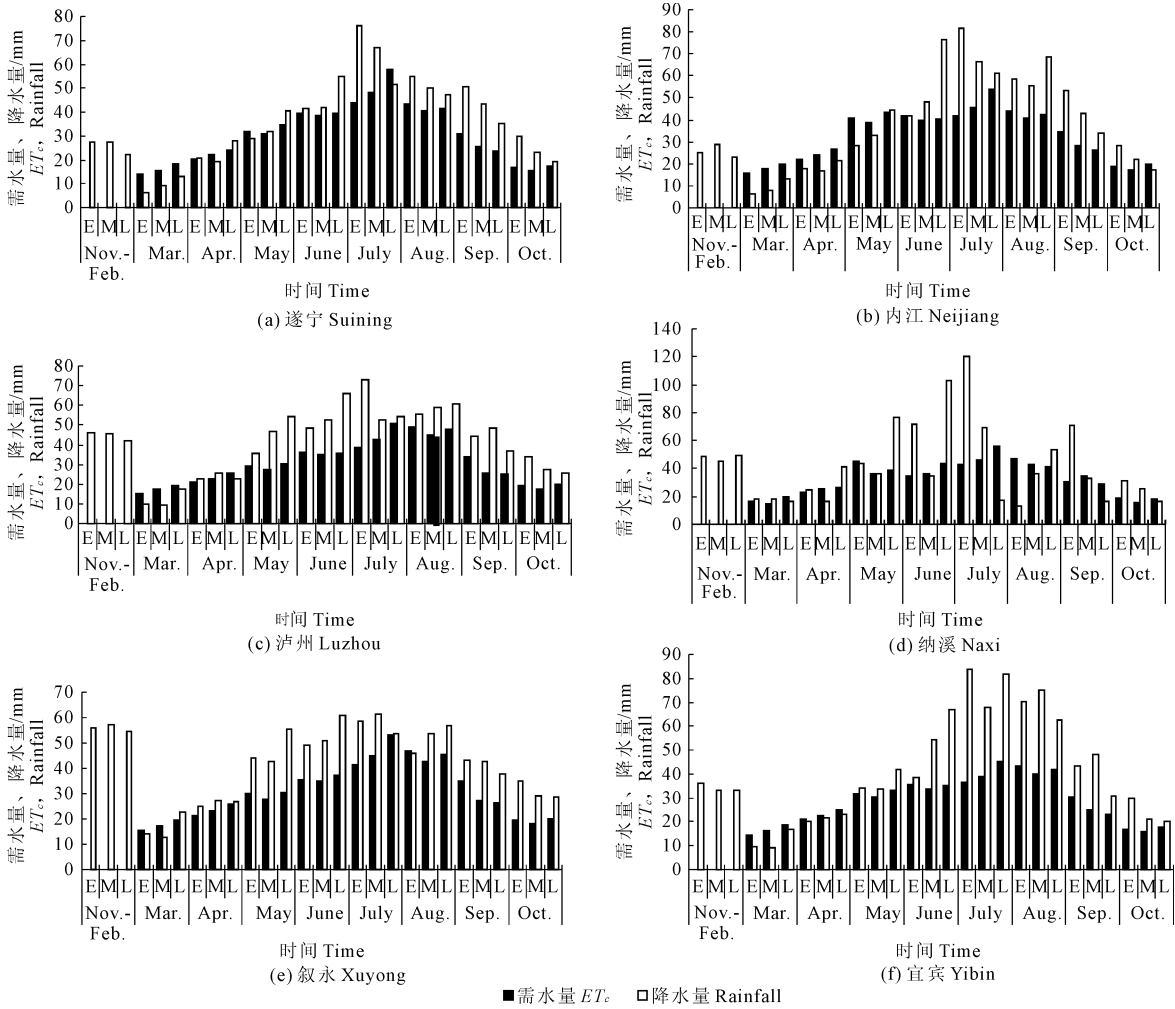
2.2 内江及泸州水稻再生芽萌发期自然降水量和作物需水量的年际变化

内江和泸州是川东南再生稻进行高产研究最具代表性的示范地区, 内江和泸州水稻再生芽萌发期作物需水量和降水量均存在显著的年际变化(图 2, 图 3)。对内江而言, 从 1951—2007 年, 再生芽萌发期的降水量在 28.8 ~ 339.3 mm 之间, 多年平均为 138.6 mm。内江再生芽萌发期需水量变化在 78.9 ~ 174.5 mm 之间, 多年平均为 138.6 mm。年际变化较为显著。从需水量和降水量之间的关系上看(图 4), 从 1951 至 2007 年, 内江水稻再生芽萌发期的降水量与需水量的比值 $K(R) > 1$ 的年份占了 63%, $K(R)$ 在 1 ~ 0.85 之间的概率为 3%, $K(R)$ 在 0.7 ~ 0.85 之间的概率为 11%, $K(R)$ 在 0.5 ~ 0.7 之间的年份占了 11%, 而 $K(R) < 0.5$ 的频率为 12%。因而, 内江再生芽萌发期存在一定的受旱风险。例如, 2006 年自然降水量为 28.2 mm, 是多年平均的 1/5, $K(R)$ 仅为 0.17, 降水量远不能满足再生稻此阶段的水分需求, 对休眠芽萌发不利, 导致有效穗不足, 再生稻大面积减产乃至绝收。内江市隆昌县当年的再生稻平均产量仅为 $71.5 \text{ kg} \cdot 667\text{m}^{-2}$, 总产比往年减少了 39.9%。

而泸州从 1951—2002 年, 其降水量变化在 56.3 ~ 434.1 mm, 多年均值为 168.5 mm。其中, 再生芽萌发期降水量在 20 世纪 50 年代末至 60 年代末是低值期, 70 年代的降水波动较为明显。从 1951—2002 年间, 再生芽萌发期的降水量最大值为 434.1 mm(1980 年), 同年需水量为 126.1 mm; 最小值为 64.2 mm(1963 年)。泸州再生芽萌发期需水量变化在 78.3 ~ 190.4 mm 之间, 多年平均为 144.5 mm。从需水量和降水量之间的关系上看(图 4), 泸州水稻

再生芽萌发期 $K(R) > 1$ 的年份占了 52%, $K(R)$ 在 $1 \sim 0.85$ 之间的概率为 13%, $K(R)$ 在 $0.7 \sim 0.85$ 之间的概率为 10%, $K(R)$ 在 $0.5 \sim 0.7$ 之间的年份占

了 21%。泸州和内江再生芽萌发期的自然降水量较为接近,但 $K(R) < 0.5$ 出现的概率仅为 4%,再生芽萌发期受旱风险较低,较适于再生稻发展。



注:“Nov - Feb”表示上一年的 11、12 月份和本年的 1 月、2 月份的降水量,“E”表示月上旬,“M”表示月中旬,“L”表示月下旬。
Note:“Nov - Feb” indicates the rainfall of November and December last year and January and February this year. “E” - early in a month, “M” - the middle ten day of a month, “L” - the last ten day of a month.

图 1 川东南再生稻作物需水量与自然降水量时空分布 (mm)

Fig.1 Temporal and spatial distributions of ET_c of ratoon rice and rainfall in Southeast Sichuan

3 讨论

3.1 再生稻适宜生态区划

明确再生稻种植的适宜区是再生稻持续、稳定发展的必备前提。李实贵等^[10]、熊志强等^[11]均是以热量条件为依据,提出了四川盆地再生稻适宜栽培区及相应的热量指标。方文等^[12]研究了品种、头季稻收后 30 d 积温、温湿度、光照及海拔高度对再生芽萌发、再生稻齐穗及产量的影响,提出了再生稻的生态值并据此生态值确定了其适应区域。王贵学等^[13]从影响再生稻生长发育的 21 个气象指标中筛选出 7—9 月平均气温、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温、年均日照时

数和降水量作为分区指标,将湖北省再生稻区域分为 3 个气候生态区。高阳华等^[14]选用年平均气温、8 月中旬到 10 月中旬的积温和日照时数、8 月上中旬平均气温、平均相对湿度等因子将四川盆地再生稻主要栽培区分为 6 个不同的气候生态区域。其中,内江、泸州、宜宾、纳溪和叙永属于盆地中南部再生稻适宜栽培区,而遂宁属于盆地东北部再生稻较适栽培区。然而,已有研究均以日均温、积温、日照时数等光温作为划分指标,研究结果也为再生稻种植的规划、合理布局品种和科学确定播种期奠定了良好的基础,但较少以降雨量为依据对再生稻生态适宜区进行划分。在光温条件充分满足川东南再生

稻生长需求的基础上,降雨量成了限制再生稻高产的主要生态因子。本课题组前期基于作物需水量和自然降水量的时空分布特点,分析了不同稻区再生稻水分满足程度,发现四川部分地区的降雨量大于或等于该地区的作物需水量^[15]。本研究在此基础

上重点解析了再生芽萌发期的降水适宜情况。宜宾、内江、泸州及叙永均较适合再生稻发展,但纳溪则存在较大的风险。以上研究结果丰富了再生稻区划研究内容,为再生稻生产提供了理论指导。

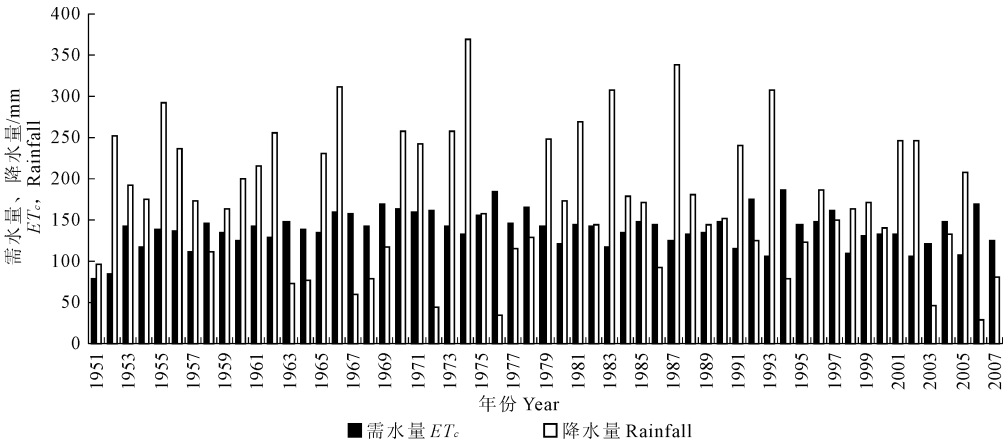


图 2 内江水稻再生芽萌发期作物需水量和降水量的年际变化

Fig.2 Annual variations of ET_c of ratoon rice and rainfall during the sprouting of axillary bud period in Neijiang

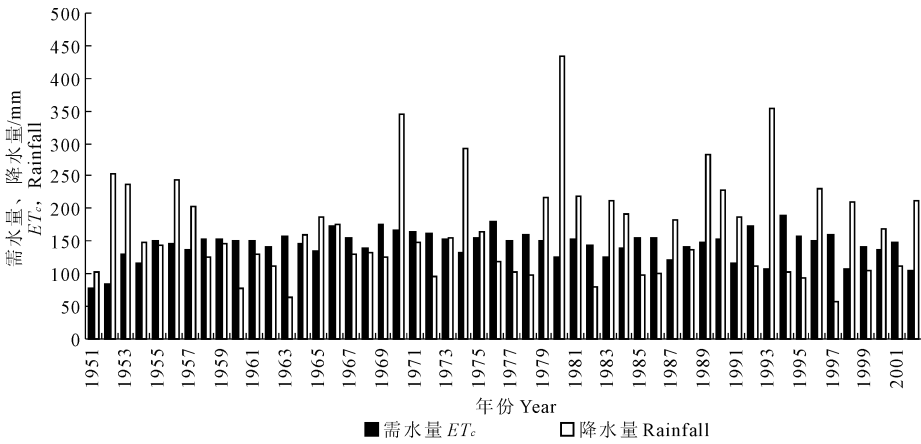


图 3 泸州水稻再生芽萌发期作物需水量与降水量的年际变化

Fig.3 Annual variations of ET_c of ratoon rice and rainfall during the sprouting of axillary bud period in Luzhou

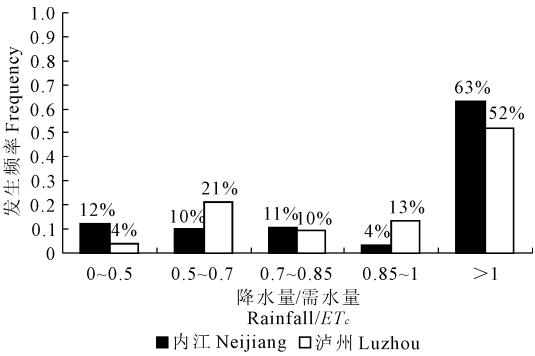


图 4 内江和泸州水稻再生芽萌发期降雨量与需水量比值频率分布

3.2 再生芽萌发期的水分管理

水分管理是再生稻高产的一个主要措施。头季稻收获前后,是再生芽幼穗分化和萌发时期,对水分特别敏感,若缺水会造成茎秆失水、再生芽分化生长受阻。江世华等^[16]研究表明在头季稻收前 15 d 至收后 13 d,土壤含水量低于 21%时,对再生芽的萌发生长极为不利,产量的损失也大。因此,再生芽萌发期的水分管理对再生稻产量形成的作用尤为关键。川东南地区地形多以丘陵为主,而受地形影响冬水田在丘陵山地稻区具有重要作用,其蓄水保栽水稻的面积平均每年占水稻总面积的 45%左右^[17]。冬水田在水分管理上比较粗放,再生稻生长期长期处于淹水状态。田间水影响稻桩的含水量,稻桩含

Fig.4 Frequency distributions of rainfall/ ET_c ratio during the sprouting of axillary bud period in Neijiang and Luzhou

水量愈多,干物重积累愈少,分解加快,营养不足,导致再生芽萌发数明显减少^[16]。而水稻高产栽培在水分管理上的要求是在水稻生长中后期实行干湿交替、保持土壤湿润,这能够增强根系活力,提高群体中后期光合生产积累能力及氮肥利用率,提高结实率及粒重,增强植株抗倒伏能力^[18]。因此,晒田是水稻获得高产的栽培措施之一,再生稻晒田一般在头季分蘖高峰期(5月中旬)和头季齐穗期(7月中旬)进行,但晒田后会造成大田土壤中的水分含量的减少,此后若降水不足或复水不及时会影响再生芽的萌发。由于川东南地区灌溉条件受限,水源得不到保证,因此必须充分考虑后期出现降水不足的可能,不能盲目晒田,避免水稻后期缺水造成减产及品质的下降。刘正辉等^[15]根据不同地区的降水量分布及作物需水量认为四川再生稻区可以采用水稻生长前期适当露田、中期烤田和后期干湿交替的高产水分管理措施。本研究以旬为单位计算了各旬再生稻需水量,并结合降水量分析了其在再生芽萌发期间的时空分布,结果表明:遂宁、内江、泸州、纳溪、宜宾和叙永再生芽萌发期降水量与需水量的比值 >1 的年份分别占了47%、63%、52%、20%、84%和48%。而降水量与需水量的比值 <0.5 的概率分别为26%、12%、4%、60%、5%和10%。其中,纳溪受旱风险较大,不宜晒田,遂宁、宜宾、内江、泸州、叙永均能进行中期晒田。基于再生芽萌发关键期作物需水量和自然降水量的匹配程度,本研究进一步明确了川东南不同地区再生稻中期晒田的可行性,为再生稻高产栽培技术研究提供参考。本研究的结果是在现有一定年份的气象资料的基础上分析获得的,纳溪地区情况的出现也有可能是由于缺少部分年份气象资料造成的。

4 结 论

1) 川东南水稻再生芽萌发期的自然降水量、作物需水量存在明显的地区变异。遂宁、内江、泸州、宜宾和叙永自然降水量较为丰富,常年平均都在150 mm以上,且与作物需水量之间的匹配程度较好,适宜发展再生稻。但纳溪再生芽萌发期的自然降水量较低,仅为66.7 mm,难以满足再生稻生长需求。

2) 内江和泸州两地再生芽萌发期的自然降水

量、作物需水量存在显著的年际变化。从1951—2007年,内江水稻再生芽萌发期的降水量与需水量的比值 >0.5 的概率为87.7%,该地区常年降水能较好满足再生稻需水要求。但比值 <0.5 的频率仍较高,为12.3%,再生芽萌发期存在一定的受旱风险。相对而言,泸州降水量与需水量的比值 <0.5 出现的概率仅为4%,再生芽萌发期受旱风险较低,较适于再生稻发展。

参 考 文 献:

- [1] 施能浦,焦世纯.中国再生稻栽培[M].北京:中国农业出版社,1999.
- [2] 姚雄,唐永群,文明,等.西南生态区再生稻研究进展及发展建议[J].广西农业科学,2013,44(6):1059-1064.
- [3] 熊洪,方文.再生稻腋芽萌发与产量形成的生态研究[J].生态学报,1994,14(2):161-167.
- [4] 任昌福,刘保国.再生稻培植技术[M].北京:农业出版社,1993.
- [5] 刘仕琳,黄友钦,张洪松.高温伏早期土壤干旱对再生稻的影响初探[J].四川气象,10(1):23-27.
- [6] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements[M]. Rome: FAO Irrigation and Drainage Paper 56, 1998:7-9.
- [7] 刘晓英,林而达.气候变化对华北地区主要作物需水量的影响[J].水利学报,2004,(2):77-87.
- [8] 张丹,张广涛,王丽学,等.彭曼—蒙特斯公式在参考作物需水量中的应用研究[J].安徽农业科学,2006,34(18):4513-4514.
- [9] 赖纯佳,王怀遂,段海来,等.淮河流域双季稻气候适宜度及其变化趋势[J].生态学杂志,2009,28(11):2339-2346.
- [10] 李实贵,杨明均,崔明新.四川省再生稻种植区划初探[J].西南农业学报,1989,2(2):1-5.
- [11] 熊志强,杨秀蓉,王凌.四川秋冬季气候资源优势的农业开发与利用[J].四川气象,1995,15(1):43-46.
- [12] 方文,罗文质,张景国,等.四川省再生稻的生态条件及区域适应性研究[J].西南农业学报,1994,7(3):15-22.
- [13] 王贵学,黄友钦,陈国惠,等.湖北省再生稻气候生态区划研究[J].西南农业大学学报(自然科学版),1995,17(3):202-206.
- [14] 高阳华,易新民.四川盆地再生稻气候生态类型区划[J].资源开发与保护,1991,7(4):264-265,274.
- [15] 刘正辉,毕俊国,江德权,等.南方季节性干旱区再生稻降水资源高效利用研究[J].干旱地区农业研究,2011,29(6):25-30.
- [16] 江世华,熊洪,方文,等.四川省再生稻高产综合栽培技术研究[J].西南大学学报(自然科学版),1995,17(3):189-192.
- [17] 刘代银,朱旭霞.四川冬水田管理和利用中存在的问题及对策[J].四川农业科技,2007,(12):5-6.
- [18] 凌启鸿,张洪程,丁艳锋,等.水稻高产精确定量栽培[J].北方水稻,2007,(2):1-9.