

浅析主要气象因素对水稻生长发育的影响

赵 姝¹, 赵黎明², 萧长亮²

(1. 黑龙江农业职业技术学院 农学系, 黑龙江 佳木斯 154007; 2. 黑龙江省农垦科学院 水稻研究所, 黑龙江 佳木斯 154025)

摘要:从气象角度出发,阐述了降水、温度、光照、二氧化碳浓度、相对湿度和风速等主要气象条件对水稻生长发育的影响,为水稻在生长发育过程中进行全程化监控和预报提供了科学依据。

关键词:气象因素;水稻;生长发育

中图分类号:S511

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2010)08-0036-03

在影响水稻产量的环境因素中,气象条件的影响最大,且难以人为改变。气象条件主要包括降水、温度、光照、二氧化碳浓度、相对湿度和风速等,它们通过直接影响水稻的生长、发育和籽粒形成,或间接影响害虫和疾病的发生来影响产量。近年来,许多学者对影响水稻产量的气象因子做了大量研究,但不同的研究目的和方法,得出的结论也不尽相同。因此,针对影响水稻产量的气象因子进行了整理和分析,为大面积水稻产量监测和预报提供了科学依据。

1 光对水稻生长发育的影响

水稻一般受光长、光照强度、光质等光因子的影响。Akita等^[1]研究表明,在生长早期阶段,光通常不是生长限制因子,随着作物生育年龄的推进逐渐变得重要,这主要是由于相互遮荫的增加。Murty和Sahu^[2]认为,需要太阳能的关键时期是从穗分化开始到成熟前10 d。由于水稻是短日照作物,长期寡照会缩短营养生长期,生育期缩短,产量降低。且不同时期的寡照对水稻生长发育的影响也不同。苗期、分蘖期如果光照不足,秧苗易徒长,分蘖迟发、减少;幼穗分化期、颖花分化期、减数分裂期如果光照减弱,水稻生殖细胞不能形成或延迟形成,颖花数减少,颖花退化、不孕花增多。此外,光照不足,水稻本身同化作用降低,碳水化合物合成减少,可溶性氮化物增加,硅质化细胞数减少,稻株组织柔嫩,有利于病菌的侵入和病斑的扩展。反之,日照充足光照强度大,病菌受到抑制。

2 温度对水稻生长发育的影响

温度因素主要包括日平均气温、极端气温和昼夜温差,这些因素对水稻生育进程快慢、光合作

用强度、有机物质积累都会产生一定影响。温度的影响主要表现在水稻生长发育期间环境温度的变化上,其中日均气温高低是影响水稻生长发育速度快慢以及是否形成灾害的重要气象因素。

水稻的最适生长温度是25~31℃,35℃以上的温度可引起水稻不同类型的热伤害^[3]。有关研究表明,持续高温对水稻的千粒重有负面影响^[4-5]。开花期对高温最为敏感,几个小时的高温就可以对颖花败育产生决定性影响^[3],这也是水稻空壳率大幅升高的主要原因^[6-7]。水稻在灌浆时期如果遇到35℃以上的温度,会引起秕粒早衰,缩短灌浆持续期^[8-11]。

另外,温带以及热带和亚热带山区的水稻生产主要受低温的影响。当日平均温度下降到20℃以下时,水稻所处的生长阶段不同,受伤程度也不同^[12],其中减数分裂后小孢子期对低温最敏感。低温最常见的影响是种子不能萌发、延迟出苗、幼苗失色、营养生长延缓、推迟抽穗并出现穗不齐、颖花退化和高颖花不育率、不正常成熟和形成畸形籽粒^[13]。在光反应迟钝品种中,从萌发到开花和成熟持续的时间主要由大气温度决定。当营养器官的生长尖在水下时,水温对其生长发育影响很大^[12,14]。然而,气温在生殖生长阶段更重要。温带国家比热带国家水稻产量高,主要是籽粒灌浆期低温延长了成熟期^[15]。在高温下,籽粒灌浆加快但灌浆期缩短。高日温,伴随着高的太阳辐射及低的夜温,有利于产生更多的穗,且每穗颖花数并不明显减少。

3 降水对水稻生长发育的影响

水分是农作物生长、发育与产量形成不可缺少的要素,对农业生产具有十分重要的意义。在某一时段内,农作物进行光合作用合成有机物质必须不断供给水分,少水时发生干旱,光合作用停滞,植株萎蔫;水分过多则发生涝害造成植物生理干旱,因此干旱和涝灾也是造成粮食大幅度减产的一个重要原因^[16]。

收稿日期:2010-04-10

第一作者简介:赵姝(1982-),女,黑龙江省克东县人,硕士,助教,从事植物营养与土壤肥料、作物栽培研究。E-mail: zhaoshu1982@163.com。

Yambao 等^[17]研究表明,在干旱频繁发生地区,作物的生长和产量会受到严重的限制。干旱对水稻生长发育的影响主要取决于逆境发生的时间、严重程度和持续时间。营养生长阶段发生水分胁迫,植株高度下降、分蘖数和叶面积减少。但在开花开始前一旦供给充足的水分,植株能恢复,恢复后生长速率与那些非胁迫植株相似。虽然营养阶段延长、生殖生长阶段延迟,但由于恢复使得冠层衰老延迟,籽粒产量并未显著减少。

在开花前 10 d 到开花结束这段时间,水稻植株对水分亏缺逆境最敏感^[3]。这段时间的水分胁迫抑制穗的伸出和颖花灌浆并引起高度败育,导致籽粒产量下降^[18]。败育是不可逆的,在后期供水对作物是非常重要的。

淹水会导致植物死亡、分蘖和干物质减少,作物群体生长和籽粒产量不良^[19]。由于排水不畅,淹水发生在大量降水时期的积水处和沿海地区,导致作物部分到完全淹水。淹水的负效应是由于机械损伤、叶片淤泥、光照减少、植物组织溶质的溢出、对虫害和病害的敏感性增加、气体扩散受限^[20]。

4 CO₂ 浓度对水稻生长发育的影响

有研究认为,CO₂ 倍增(700 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$) 环境下可使作物生育期提前 3~7 d,还可以使叶片气孔部分关闭,蒸腾速率降低及水分利用效率提高。在正常的光照、温度和充足矿质营养的条件下,干物质生产和产量随 CO₂ 浓度增加而增加,直到 2 400 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ^[21-23]。然而,周围气温上升 4℃ 以上消除了 CO₂ 富集对产量的有利效应,主要是由于减少了充实籽粒的百分率。温度和 CO₂ 浓度的增加加速了植株的发育,但籽粒产量没有变化,品质却下降^[24]。此外,CO₂ 浓度、温度以及水分三者之间还存在着协同响应。对水稻而言,高温使无效分蘖增加,超过 35℃ 可能引起花粉不育,但 CO₂ 浓度增加可使水稻最高生理耐受温度提高,并对高温引起的不育有所缓解。研究发现 CO₂ 浓度和温度对水稻叶片光合作用有一定的协同促进作用,单叶光合受到的促进作用大于群体光合,对群体光合作用的促进则随时间推移而减弱;叶面积指数只在营养生长期受到促进。亦有研究表明,温度超过 26℃ 时,每升高 1℃ 则水稻产量下降 10%,尤其开花期出现极端高温(36.5℃ 以上)时,CO₂ 浓度升高对水稻产量影响甚至可能是负效应。不过,温度增加使物候期发生改变,播种期提前,可能使籽粒灌浆期前移,由此也可部分避开高温的不利影响。

CO₂ 浓度增加可提高气孔阻抗,但气孔阻抗在高 CO₂ 浓度下会随着温度上升而有所减少。当温度 26℃ 且 CO₂ 浓度升高时会减少大田水稻季

节总蒸散量 15%,但温度上升至 29.5℃,季节总蒸散量则增加 20%。水分胁迫下的 C₃ 和 C₄ 作物对 CO₂ 浓度升高后的主要响应是由于水分利用效率增加并使生产力提高。低水分条件下作物光合速率、株高、叶面积指数和水分利用效率增加效应都明显大于高水分处理,说明 CO₂ 浓度增加对光合速率和生长的正效应及其对蒸发蒸腾抑制作用削弱了水分胁迫对作物光合和生长产生的不利影响。全球气候变化(气温和降水等变化)及大气中 CO₂ 升高都有可能影响土壤水分变化。

5 相对湿度和风速对水稻生长发育的影响

Yoshida 和 Parao^[25] 研究认为,相对湿度对水稻的作用与温度和光照的作用交混在一起。在水稻栽培中平均相对湿度通常与太阳辐射呈负相关。而较长的露水时期与高的湿度和低的夜间温度有关,这适合疾病的发生和爆发^[26]。Tsuno 和 Sato^[27] 研究表明,水稻叶片的光合作用在相对湿度为 50%~60% 时最大,超过这个范围,随着湿度增加逐渐下降。然而,光合作用的最适湿度可能是变化的,这主要依赖于水分吸收和蒸腾的相互关系。

适当的微风有利于改善水稻田间群体受光、气体交换及花粉传播,这可能是由于微风吹走了植物周围含低浓度 CO₂ 的空气,补充了新鲜空气,进而引起作物冠层中气体流动并增加光合作用^[26]。然而,Venkataraman^[14] 研究表明,大风可使植株发生机械损伤、落粒、茎秆折断及叶片擦伤,引起严重倒伏,削弱营养物质向各部分的运输,导致植株汁液上升缓慢、叶片干枯、光合作用迟缓、延迟成熟;同时也间接地加速细菌性叶片病菌侵入和蔓延,如白叶枯病和稻瘟病的病菌就很容易从茎叶伤口侵入,加重病害的发生。此外,风害程度与风力大小、持续时间、水稻品种的抗风能力及生育时期都有着密切的关系。在大风危害时,高秆品种比矮秆品种受害重;抽穗开花期、灌浆成熟期比幼苗期、分蘖期受害重。

总之,各种气象因素的作用都是不可忽视的,应该掌握其对水稻生长发育的作用规律,从而使之更好地服务于农业生产。

参考文献:

- [1] Akita S, Parao F T, Coronel V P. Physiological response of rice to light and nitrogen[M]//Weather and rice. Manila, Philippines; IRRI, 1987: 81-89.
- [2] Murty K S, Sahu G. Impact of low-light stress on growth and yield of rice[M]//Weather and rice. Manila, Philippines; IRRI, 1987: 93-101.
- [3] Yoshida S, Satake T, Mackill D S. High temperature stress in rice[M]. Manila, Philippines; IRRI, 1981.
- [4] The Phytotron of Shanghai Institute of Plant Physiology. The influence of high temperatures on flowering and fruiting of early rice. II High temperature sensitivity of flower-

- ing and fruiting of early rice[J]. Acta Botanica Sinica, 1976, 18(4): 323-329(in Chinese).
- [5] The Phytotron of Shanghai Institute of Plant Physiology. The influence of high temperatures on flowering and fruiting of early rice Ⅲ High temperature sensitivity of flowering and fruiting of early rice[J]. Acta Botanica Sinica, 1977, 19(2): 126-131(in Chinese).
- [6] Liu Y K, Xia S P, Luo X F, et al. Effect of high temperature on seed setting rate and yield and its defense technique in single-cropping late rice[J]. Chinese Agriculture Bulletin, 2005, 21(3): 155-158(in Chinese).
- [7] Zhang Y Z, Zhang G H, Zhu G Q, et al. Effects of overcast and raining on flowering, fertilizing and seed setting of early rice[J]. Chinese Journal of Rice Science, 1995, 9(3): 173-178(in Chinese).
- [8] Tai H J, Yao K M, Liu W Z, et al. Introduction of China Agr-meteorology Information[M]. Beijing: China Meteorology Press, 1994: 146(in Chinese).
- [9] Kim H Y, Horie T, Nakagawa H, et al. Effects of elevated CO₂ concentration and high temperature on growth and yield of rice. I. The effect on development, dry matter production and some growth characteristics[J]. Japanese Journal of Crop Science, 1996, 65: 634-643.
- [10] Matsui T, Omasa K, Horie T. High temperature-induced spikelet sterility of Japonica rice at flowering in relation to air temperature, humidity and wind velocity conditions[J]. Japanese Journal of Crop Science, 1997, 66: 449-455.
- [11] Imai K, Okamoto-Sato M. Effect of temperature on CO₂ dependence of gas exchanges in C₃ and C₄ crop plants[J]. Japanese Journal of Crop Science, 1991, 60: 139-145.
- [12] Yoshida S. Rice[M]//Smith W H. Symposium on Potential productivity of field crops under different environments. Manila, Philippines: IRRI, 1983: 103-127.
- [13] Kaneda C, Beachell H M. Response of indica-japonica rice hybrids to low temperatures[J]. SABRAO J, 1974, 6: 17-32.
- [14] Venkataraman S. Agrometeorological aspects of growth, yield and water relations with special reference to rice[M]//IRRI. Weather and rice. Manila, Philippines: IRRI, 1987: 47-54.
- [15] Williams R L. Physiological comparison of amaro and YRL 39[M]. Beecher H G, Dunn B W. New South Wales, Australia: Annu Rep, Yanco Agric Inst, 1992.
- [16] 姜丽霞, 阎平, 王萍, 等. 黑龙江省影响水稻安全生产的气象要素[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(3): 46-51.
- [17] Yambao E B, Ingram K T. Drought stress index for rice[J]. Philipp J Crop Sci., 1988, 13: 105-111.
- [18] Ekanayake I J, de Datta S K, Steponkus P L. Spikelet sterility and flowering response of rice to water stress at anthesis[J]. Ann Bot, 1989, 63: 257-264.
- [19] Sharma A M, Reddy M D. Technology for rice production in flood-prone and waterlogged areas of eastern India[J]. Rice indian, 1992, 2(7): 13-17.
- [20] Setter T L, Ingram K T, Tuong T P. Environmental characterization requirements for strategic research in rice grown under adverse conditions of drought, flooding or salinity[M]// Ingram KT. Rain-fed lowland rice-agricultural research for high-risk environments. Manila, Philippines: IRRI, 1995: 3-18.
- [21] Yoshida S. Carbon dioxide and yield of rice[M]//IRRI. Proc Symp Climate and rice. Manila, Philippines: IRRI, 1976: 211-221.
- [22] Imai K, Coleman D F, Yanagisawa T. Increase in partial pressure of carbon dioxide and growth and yield of rice(*Oryza sativa* L.)[J]. Jpn J Crop Sci., 1985, 54: 413-418.
- [23] Baker J T, Allen L H, Booe K J, et al. Rice photosynthesis and evapotranspiration in subambient, ambient and super-ambient carbon dioxide concentrations[J]. Agron J, 1990, 82: 834-840.
- [24] Zisaka L H, Namuco O, Moya T, et al. Growth and yield response of field grown tropical rice to increasing carbon dioxide and air temperature[J]. Agron J, 1997, 89: 45-53.
- [25] Yoshida S, Parao F T. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics[M]//IRRI. Proc Symp Climate and rice. Manila, Philippines: IRRI, 1976: 471-491.
- [26] De Datta S K. Principles of rice production[M]. New York: Wiley, 1981.
- [27] Tsuno K, Sato K. Relation between leaf water content and photosynthetic capacity[J]. Proc Crop Sci Soc Jpn, 1971, 40: 41-42.

Primarily Analysis on Effects of Main Meteorological Factors on Growth and Development of Rice

ZHAO Shu¹, ZHAO Li-ming², XIAO Chang-liang²

(1. Agronomy Department of Heilongjiang Agricultural Vocational and Technical College, Jiamusi, Heilongjiang 154007; 2. Rice Research Institute of Land Reclamation Academy of Heilongjiang Province, Jiamusi, Heilongjiang 154025)

Abstract: From the meteorological angle, the precipitation, temperature, light, carbon dioxide concentration, relative humidity, wind speed and other meteorological condition on rice growth and development were explained. It provided a scientific basis for the rice in the course of a full course of growth and development of monitoring and forecasting.

Key words: meteorological factors; rice; growth and development