

# 豫北地区水分生态环境要素演变及其意义\*

徐富安 赵炳梓 唐万龙  
(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

**摘要** 四十多年来, 豫北地区与作物蒸散耗水密切相关的某些环境要素有了明显变化。例如: 水面蒸发量下降、近地面大气相对湿度上升、日照减少、风速下降等。它与黄河断流、地下水位急剧下降等本地区重大环境问题相似, 是反映该地区水分生态环境演变的另一个侧面。这种变化与本地区灌溉面积迅速扩大、大面积改造低产地等人类生产活动有关。这些生态环境要素改变将对当地作物水分生产效率、生物种群消长规律、农业产量, 以至于农业发展的可持续性的影响应予重视和研究。

**关键词** 水分, 生态环境要素, 演变, 意义  
**中图分类号** S152.7

由于技术进步和生产规模扩大, 本世纪以来, 人类活动对各种环境过程的影响愈显强烈。采伐森林、过度放牧、土地不合理利用、大气污染、大型工程、温室效应等等人类活动的强化, 对有可能造成具有负反馈特性的环境问题在我国也日益受到人们的重视<sup>[1~7]</sup>。我们必须深入考察和研究人类生产活动与周围环境的相互作用, 以评价未来重要的发展项目对环境的潜在影响, 以避免或减轻可能出现的生态环境问题。

几十年来, 黄淮海地区通过大规模的低产地(盐碱土、风沙土)改良、发展灌溉、增施化肥、推广良种等技术进展, 农业生产取得重大进展, 是我国农业生产水平改变最为显著的地区之一。当地粮食年产量由 50 年代的  $0.8 \text{ t hm}^{-2}$  上升到  $9 \text{ t hm}^{-2}$  上下。在农业获得显著进步的同时, 也产生了一些严重的生态问题。例如, 由于水资源过分开采而发生的黄河断流, 地下水位漏斗区迅速发展, 地面沉降, 海水入侵等问题。对农业与社会可持续发展产生不良影响。本文将就本地区(以豫北新乡地区为例)农艺技术进展等人类生产活动对当地水分生态环境要素的影响及其对当前农业的反馈进行探讨, 以揭示人与环境相互作用, 相互影响, 并探讨我们应当采取的正确方针。

## 1 水分生态环境要素的演变

水面蒸发量是大气蒸散能力的指标。新乡市所属八个县的气象资料表明, 60 年代以来, 水面蒸发量呈下降趋势(图 1)。水面蒸发量从 60 年代的平均  $2166 \text{ mm}$  下降到九十年代的  $1528 \text{ mm}$ , 下降幅度达  $29.5\%$ 。对 1965~1997 年水面蒸发量观测资料, 采用 7 年滑动平均和趋势倾向系数方法计算表明, 三十多年来, 当地水面蒸发量逐渐下降, 平均每年下降  $19.6 \text{ mm}$  ( $R^2 = 0.9193$ , 达极显著水平)。众所周知, 水面蒸发量与作物需水量关系密切。据 Briggs 和 Shantz 研究, 作物需水量与水面蒸发量的相关系数为  $0.93$ 。西北农业大学水利系的研究表明, 水稻需水量与水面蒸发量的相关系数达  $0.881^{[8]}$ 。水面蒸发量的显著下降, 它会导致土面蒸发和作物蒸腾耗水的下降<sup>[9]</sup>。水面蒸发量是综合性的农田小气候指标之一, 它是农田耗水潜力的侧面反映。它的显著变化, 预示农田生态环境发生了显著变化。

Perman H L 指出, 蒸发量的大小主要与风速, 相对湿度(水气压饱和状况)、日照时数(太阳辐射)、气温等因素有关<sup>[8, 10]</sup>。资料表明(图 2~4), 三十多年来新乡市的全年日照时数、风速有下降的趋势, 而大气相对湿度有上升趋势。对上述气象资料采用 7 年滑动平均和趋势倾向系数方法分析表明, 年日照时数和年均风速每 7 年分别下降  $112 \text{ hrs}$  和  $0.40 \text{ m s}^{-1}$ 、相对湿度则上升  $0.93$  个百分点。(  $R^2$  分别为

\* 国家重大基金(49890330)、中国科学院九五重大项目(No. KZ95F-AF-301)和院特别支持项目(KZ95F-04-01)资助  
收稿日期: 2000-11-30; 收到修改稿日期: 2002-06-17

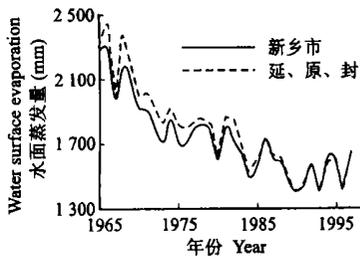


图1 新乡地区(延、原、封指延津、原阳、封丘三县,下同)水面蒸发量变化曲线

Fig. 1 The fluctuation of water surface evaporation in Xinxiang region

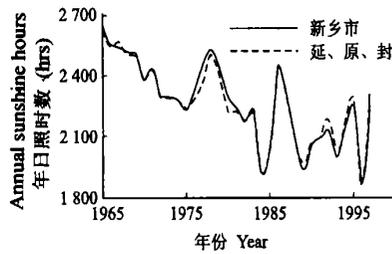


图2 新乡地区历年日照时数变化

Fig. 2 The annual sunshine hours in Xinxiang region

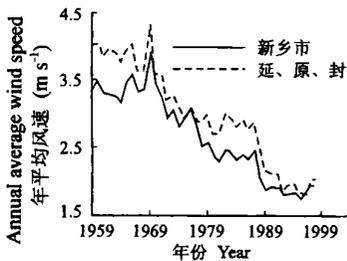


图3 新乡地区历年年平均风速变化

Fig. 3 The mean annual wind speed in Xinxiang region

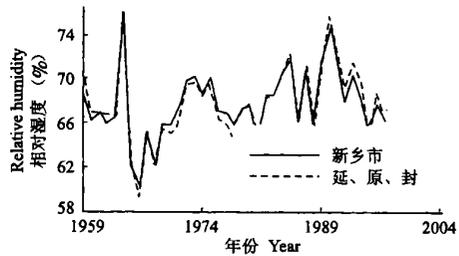


图4 新乡地区大气相对湿度历年变化

Fig. 4 The relative humidity in Xinxiang region

0.9102, 0.9615 和 0.6369, 均达到极显著水平)。

新乡市所属 8 个县中, 原阳、延津、封丘三县是五、六十年代盐碱、风沙危害较为严重的地区, 盐碱风沙地面积达 50% 以上。经三十多年发展, 生态环境变化较大。因此, 在资料统计上将 8 个县与 3 个县平均数分别表述(见图 1~4)。相关分析表明, 本地区水面蒸发量的下降与太阳辐射、风速、相对湿度变化有密切关系(表 1)。结果显示风速、日照时数与水面蒸发量呈正相关, 相对湿度与水面蒸发量呈反相关。

表 1 新乡市水面蒸发量与日照等气象参数的相关分析

Table 1 The correlation between water surface evaporation and some other parameters such as sunshine hours in Xinxiang region

项目	日照时数	风速	相对湿度	年均气温
Item	Sunshine hours	Wind speed	Relative humidity	Temperature
R	0.8706	0.85251	-0.7961	0.23734
显著性检验	0.0001	0.0001	0.0001	0.1835
样本数	33	33	33	33

根据气象资料<sup>[11]</sup>, 沿我国东经 113~115 一线, 自北向南某些气候要素呈现规律性变化。例如, 水面蒸发量与年日照时数由北向南减少, 而相对湿度则相反。与以往的气象资料相比, 新乡地区目前水面蒸发量值, 日照时数及相对湿度状况分别已相当于 70 年代以前河南南部, 湖北麻城和河南驻马店地区。也就是说, 从某些气象要素来衡量, 豫北新乡地区已南移了 200~600 km。近年来平均日照时数

(2 103 hrs) 甚至已接近长江中游的武汉地区的日照状况了。这种纬度相对南移的现象, 对生态环境及农业生产均会发生明显影响。

## 2 农田水环境要素演变的原因讨论

水面蒸发量、相对湿度、风速、日照时数等这些与农田蒸散密切相关的环境要素的变化并非偶然。笔者认为, 这些环境生态因子改变与灌溉面积迅速扩大、大面积低产田改良、农田林网发展、作物复种指数增加和产量倍增及七十年以来工业化进程加速等诸多因素有关。解放初, 新乡地区仅有百泉等个别灌区, 经四十余年努力, 目前, 全市有效灌溉面积已发展到  $32.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 占耕地总面积 86.5%。全市除每年采用地表和地下水资源  $1.425 \times 10^9 \text{ m}^3$  外, 引黄灌溉水量达  $(1.6 \sim 1.7) \times 10^9 \text{ m}^3$ , 干旱年份达  $2 \times 10^9 \text{ m}^3$  以上。资料表明<sup>[12]</sup>, 与 50 年代相比, 农田总耗水量增加了 30% 以上。由于灌溉技术落后, 目前全市尚有  $21.73 \times 10^4 \text{ hm}^2$  (占总灌溉农田 67%) 农田采用土渠输水, 大水漫灌的传统灌溉方式, 造成水分大量无效蒸发而湿润了近地面空气。80 年代以来, 沿黄地区推广种稻改良盐土, 新乡地区水稻面积发展到  $2.87 \times 10^4 \text{ hm}^2$  以上。河南、山东沿黄地区水稻种植面积超过  $33.33 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 这对增加空气湿度也有一定影响。图 5 资料表示, 封丘县的水面蒸发量随着有效灌溉面积的增加而减少, 其相关系数  $R$  为 0.828。对 1965 年以来封丘县逐月的相对湿度变化分析表明, 三十多年来, 4、5 二个月的相对湿度较其它月份有明显的上升趋势(图 6), 这正是一年中主要的灌溉季节, 也是小麦耗水的旺季。表明农田小气候的相应变化与水浇地扩大关系密切。

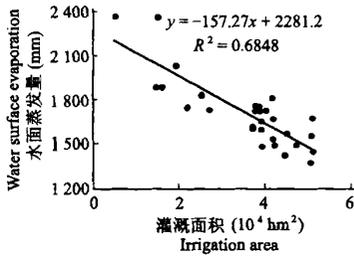


图5 灌溉面积发展与水面蒸发量间的关系

Fig. 5 Correlation between the irrigation area and water surface evaporation

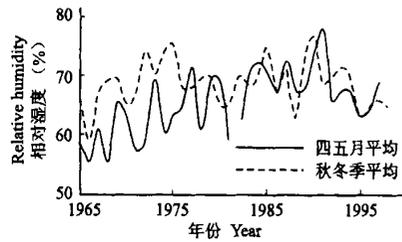


图6 封丘县不同季节相对湿度变化状况

Fig. 6 Changes of relative humidity in different seasons over the years in Fengqiu county

几十年来, 大批盐碱地、风沙地、旱薄地得到改良和良好的管理。新乡地区, 尤其是封丘、长垣、延津、原阳等县, 盐碱地面积曾发展到总耕地面积的 40% ~ 50%<sup>[13,14]</sup>, 70 年代以来, 70% 以上盐碱地、风沙地得到改良或被种植利用, 特别是 80 年代以来, 化肥用量迅速增加, 作物生长茂盛<sup>[12]</sup>。目前, 复种指数已达到 170%。结果导致区域性生物总量倍增, 蒸散量迅速上升, 地面的披复度、粗糙度增加, 是造成地面风速减弱、湿润度提高、水面蒸发量下降的重要原因。图 7 显示, 该地区随着粮食总产量增加, 水面蒸发量呈下降趋势。这是上述多种因素综合作用的结果。

上世纪 70 年代以来, 随着平原林网化的推行, 泡桐、意大利杨等速生树种的推广, 对减低平原风速起了作用。以封丘为例, 90 年代林业产值比五、六十年代提高 42.2 倍(以 1990 年不变价计算), 从侧面反应了平原造林业的发展。过去黄淮海地区春季常刮大风, 随着林网的增加和地面作物披复度的增加, 平均风速有了明显下降。

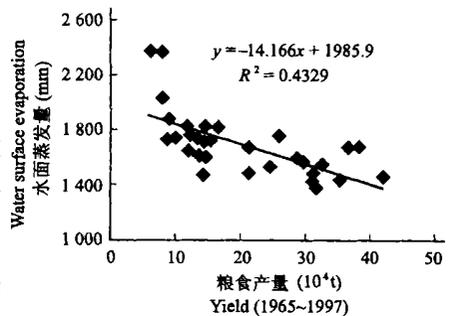


图7 封丘县粮食总产量与水面蒸发量关系

Fig. 7 Correlation between yield and water surface evaporation in Fengqiu county

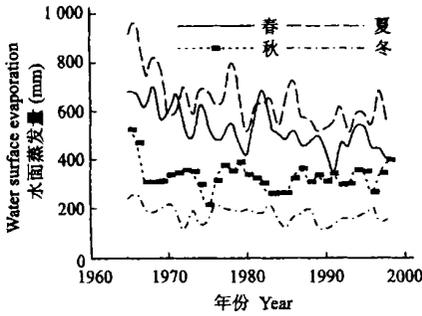


图8 封丘县不同季节历年水面蒸发量变化状况

Fig.8 Changes in water surface evaporation of different seasons over the years in Fengqiu county

引起日照时数下降的原因比较复杂。但总体上与人类生产活动有关,是人对自然环境影响的结果。70年代以来,随着工业化进程加速,大气中二氧化硫、氧化氮等物质形成的气溶胶明显增加。近期研究表明,气溶胶作为云的凝结对云的生成起关键作用<sup>[15,16]</sup>。水泥等工矿企业排放的工业粉尘增加,太阳辐射也受到明显影响。研究表明,大气水分与相对日照存在显著的负相关关系<sup>[17]</sup>,地面灌溉激增造成近地面水汽增加,是低云量增加的重要原因。其结果导致日照减少和水面蒸发量的下降。

对封丘县三十多年来气象资料逐月分析表明,大气相对湿度春季较其它季节上升明显,日照时间的减少也以春夏季为甚,特别值得指出的是5月份历年气温下降趋势明显。随着区域性的灌溉面积不断扩大,在水汽、日照、温度等因素相互作用下,夏季水面蒸发量下降趋势较秋冬季更为显著(图8)。

为显著(图8)。

### 3 水分生态要素变化对农业可持续发展的反馈

自然环境的任何变化,甚至个别要素的变化,它必然引起生态环境变化的连锁反应。新乡及其相邻地区蒸发、日照、相对湿度、风速等水分生态环境要素的变化又将通过影响作物的蒸散耗水、光合作用以及病虫害的消长等反馈影响当前农业的收成和水利用效率。

#### 3.1 作物蒸散耗水的影响

日照时数、相对湿度等影响蒸发、蒸腾因素的显著变化,对作物耗水状况将有明显影响。Perman H L指出,对充分供水的农田,其最大可能蒸散量( $E$ )与水面蒸发量( $E_0$ )之间的关系可以表达为: $E = E_0$ 。值对不同作物、不同季节有一定差异。据左大康等人研究<sup>[18]</sup>,华北地区小麦、棉花、夏玉米的 $E/E_0$ 值约为0.75~0.78,0.72~0.82和0.78。然而,通常气象台站观察的水面蒸发量值 $E_0$ 偏高(由放置于地面之上,20 cm铜钵观察所得)。 $E_0$ 应以较大水面(如置于地下的E-601型蒸发器,甚至20 m<sup>2</sup>水池)所得观察蒸发量资料为准<sup>[19]</sup>。据洪嘉琦研究,由20 cm蒸发器获得水面蒸发量资料换算成接近实际情况的水面蒸发量值,可乘以系数0.61<sup>[20]</sup>。根据新乡市多年气象资料及上述转换系数,我们可以估算出60年代农田全年的蒸散量(以麦、玉米二熟计算)为: $2166 \times 0.61 \times (0.765 + 0.78) \times 2 = 1021$  (mm)。而90年代则为: $1628 \times 0.61 \times (0.765 + 0.78) \times 2 = 720$  (mm)。二者相差301 mm。这表明,在充分供水的农田,由于水面蒸发量变化,目前农田耗水量比五、六十年代已下降了29.5%。当然,实际差距可能要小些,因为五、六十年代由于化肥用量很少,作物生长不旺,蒸腾量相对少一些。上述计算表明,如果目前水面蒸发量仍与五、六十年代相似,那么要获取目前产量将要消耗更多的水量。这可以从不同水文年份的Lysimeter试验观测资料上得到佐证。

表2是在有遮雨棚设施下Lysimeter玉米耗水试验观测的资料。1997年夏季十分干旱玉米生长的主要时期6、7、8三个月降水仅为113.8 mm,仅为多年平均降水量的33.8%。相反,1998年是湿润的夏季,同期降水量达432.2 mm。两年同期的蒸发量、相对湿度、日照均有明显差异(表2)。资料表明,在施肥量相同,基本满足玉米蒸散耗水需求的用水量(为水面蒸发量的0.7倍)条件下,干旱年玉米比湿润年多消耗水分143.1 mm,这个试验佐证了在相似产量条件下,水分生态环境的变化对作物耗水量有明显的影响。资料显示,在相对湿润条件下,玉米的水分利用率较高。

#### 3.2 对光合作用的影响

三十多年来,日照时数不断下降,太阳辐射有所减少,但本地区农业产量显著上升<sup>[12]</sup>,这与本地区影响作物产量的关键因素,如盐碱、干旱、缺乏氮素、磷素等获得较大的改善有关。也反映日照时数并未下降到临界水平。对中国科学院封丘农业生态实验站长期肥料试验的N、P、K小区小麦产量与4月份日照时数相关统计表明,日照对小麦产量有一定的正效应(图9)。但是,从多数相关的研究表明,日照

表 2 不同气候年型玉米耗水量与水分利用效率<sup>1)</sup>

Table 2 Water consumption and water-use efficiency of maize in different climatic years

蒸发量 <sup>2)</sup> Evaporation (mm)	相对湿度 <sup>2)</sup> Relative humidity (%)	日照时数 <sup>2)</sup> Sunshine hours (h)	蒸散量 Evapotranspiration (mm)	产量 Yield		水分利用率 Water use efficiency	
				籽粒 Seed (g m <sup>-2</sup> )	生物量 Biomass (g m <sup>-2</sup> )	籽粒 Seed (g kg <sup>-1</sup> )	生物量 Biomass (g kg <sup>-1</sup> )
692.3	69.2	769.6	383.6	983	168.9	1.24	2.14
543.8	79.3	616.3	240.5	924	189.4	1.87	3.82

1) 施用 N 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 肥分别为 225 和 112.5 kg hm<sup>-2</sup>; 2) 6~8 月水面蒸发与日照时数总量、平均相对湿度

时数变化对作物产量的影响是个不确定的因素。它与作物生育的季节、土壤环境和其它气象条件有关。例如, 谢庄在北京郊区研究结果表明<sup>[21]</sup>, 冬季日照对小麦产量为负效应。而二月下旬到五月下旬, 日照对产量为正效应。因为冬前日照充足易引发麦苗过旺或干旱, 不利麦苗安全越冬。春季日照充足有利于光合作用。而且由于日照多, 昼夜温差较大, 有利于同化物质的积累。习耀国对陕西延安地区日照与小麦生长关系研究中, 获得了类似结果<sup>[22]</sup>。但对于汉中湿地上生长的冬小麦, 冬季日照有利于小麦生长。因为那儿冬季阴雨天较多, 麦苗往往生长较弱。增加日照, 对小麦冬前生长有利。张清研究表明<sup>[23]</sup>, 灌浆成熟期的日照时数与河北、山东一带小麦的产量成负相关, 但与江苏北部的小麦产量成正相关。因为, 此时北方多晴朗天气, 是干热风危害的多发时期。

表 3 封丘县不同季节日照变化状况

Table 3 Changes in sunshine hours in different seasons (h)

年 份 Year	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter
	3~5月	6~8月	9~11月	12~2月
1965~1970	657	745	581	490
1971~1980	597	636	541	436
1981~1990	606	588	461	404
1991~1998	582	600	508	418

日照时数的减少, 不仅影响光合作用, 而且影响气温。对三十多年来封丘县气象资料分析表明, 夏季的日照时数下降较为明显, (表 3) 日照时数由 60 年代的 745 hrs 下降到 80 年代的 558 hrs, 90 年代略有回升。这可能是夏季气温下降(表 4)的一个原因。90 年代以来由于夏秋季阴天增多, 当地棉花僵桃烂铃现象增加, 影响棉花产量和品质。

表 4 封丘县不同季节平均气温变化状况

Table 4 Changes in average temperature in different seasons ( )

年 份 Year	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter
	3~5月	6~8月	9~11月	12~2月
1965~1970	14.5	27.0	14.3	2.1
1971~1980	14.3	25.9	14.4	2.8
1981~1990	14.2	25.8	14.4	2.7
1991~1998	14.3	26.2	14.7	3.8

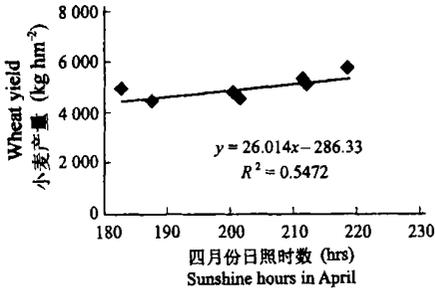


图9 4月份日照时数与小麦产量关系  
(中国科学院封丘实验站长期肥力试验)

Fig. 9 Correlation between sunshine hours in April and wheat yield

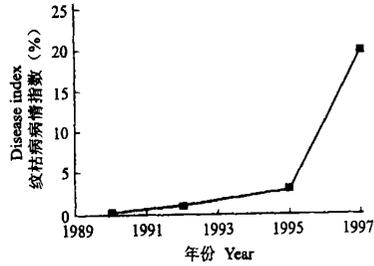


图10 新乡地区冬前小麦纹枯病病情数  
(11月份调查)

Fig. 10 Changes in disease index of wheat heat sharp eyespot before winter in Xinxiang region (data recorded in November)

### 3.3 环境要素变化与作物病虫害消长

生物体对农田小气候,土壤等环境要素的变化是十分敏感的。许多研究者指出,日照时数、相对湿度、风速、气温等农田生态环境条件的变化,对作物病虫害消长有明显影响<sup>[24-26]</sup>。齐俊生指出,7月下旬日照时数和8月上旬相对湿度是影响棉花黄萎病病情指数的重要因素之一,当相对湿度超过82%时可导致该病的严重发生<sup>[25]</sup>。三十多年来,新乡地区冬季温度明显上升,1965~1974、1975~1984、1985~1994年期间,一月份平均气温低于零度的年份分别为9、7和5年,天气有变暖趋势(表4)。这有利于病原菌及害虫越冬<sup>[26]</sup>。

60年代以来由于积极发展引黄和机井灌溉,当地农田总耗水量已增加了34.3%。近二十年来,施用化肥量增加了10多倍。其中氮(N)肥施用量由1976年的27.6 kg hm<sup>-2</sup>上升到目前的379.4 kg hm<sup>-2</sup><sup>[12]</sup>。湿润高氮的田间条件降低了作物抗病能力<sup>[26]</sup>。

资料表明,近二十年来,主要作物病虫害有发展的趋势<sup>[25]</sup>。例如,小麦纹枯病、白粉病,棉花黄萎病、棉铃虫等造成了严重灾害。其中有相当一部分病虫害的消长与农田生态环境变化及肥、水条件剧变有关。小麦白粉病过去在西南各省、山东沿海地区危害较重。在全国范围来看,它是次要病害。自70年代后期以来,豫、鄂、苏、皖、冀、鲁普遍发生。1981年全国性流行受灾农田面积3.30 × 10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>以上,一般麦田减产5%~10%,严重的达20%<sup>[27]</sup>。当年河南省发病农田为3.33 × 10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>,1990年发展到3.0 × 10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup><sup>[28]</sup>。同样,该病害在河北省也迅速发展。白粉病的发生与田间相对湿度、水肥条件有密切关系。当相对湿度超过70%时,发展较快。较高的湿度有利于分生孢子的萌发和病原菌的入侵。白粉病的分生孢子对直射阳光敏感。春季日照少,阴天多时易于流行<sup>[27]</sup>。

小麦纹枯病过去在黄淮海平原发生较少,是次要病害。1985年,由华南农业大学和河北农业大学联合主编的《植物病理学》里,小麦纹枯病甚至没有列上一个章节<sup>[29]</sup>。90年代初以来该病在黄淮海地区迅速流行开来。据新乡市植保站小麦纹枯病越冬基数调查资料表明(图10),1990年时,冬前病株率仅0.1%~0.3%,而到1997年已达20%。河南省1992年小麦纹枯病发病面积2.08 × 10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>,1993~1996年平均在1.33 × 10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>左右,1997年达2.7 × 10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>。1998年发展到3.46 × 10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>,占全省小麦播种面积的69%,当年损失小麦4.7 × 10<sup>8</sup> kg。目前已成为小麦第一大病害<sup>[30]</sup>。小麦纹枯病的北移扩散也与农田小气候变化及水肥管理失当有关。水肥(氮肥)用量愈高发病愈重。近三年,一些高产田块病株率几乎达100%。发病严重田块,白穗率达20%以上<sup>[27]</sup>。稻茬麦田由于田间湿度大,发病也较重。春季多雨、高湿、少日照利于病菌的发展蔓延<sup>[30]</sup>。

同样,原在西南和长江流域流行的赤霉病在黄淮海地区发生危害也严重起来。1985年仅在河南发生面积达3.73 × 10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>,损失小麦9 × 10<sup>8</sup> kg。氮素水平上升,水浇田面积扩大,复种指数提高等因素是促使病害北进的重要原因<sup>[27]</sup>。当气温在25℃以上,相对湿度在80%以上时,该病原菌的子囊壳形成最

快<sup>[29]</sup>。当相对湿度低于 80% 时, 子囊孢子难以放射, 传播将受阻碍<sup>[27]</sup>。

据新乡、封丘病虫害测报站资料, 由于农田环境趋湿润, 以往在干燥环境中对棉花、果树危害严重的红蜘蛛目前发生趋轻。

一些原在我国南方流行的植物病虫害北移, 无疑与本地区某些生态环境要素变化密切相关。几十年来区域农业规模和经营模式等人类活动影响已使沿黄地区农田小气候若干特征接近江淮地区。

致 谢 本文图 9 资料由中国科学院南京土壤研究所钦绳武研究员提供。

## 参考文献

- 1 徐琪. 三峡工程对生态与环境的影响研究进展. 中国科学院院刊, 1995, (2): 158~ 162
- 2 蔡述明, 马毅杰, 等. 三峡工程与沿江湿地及河口盐渍化土地. 北京: 科学出版社, 1997
- 3 余国营, 王国平, 何池全. 湿地的水文调节功能与防治减灾对策. 见: 许厚泽, 赵其国主编. 长江流域洪涝灾害与科技对策. 北京: 科学出版社, 1999. 289~ 293
- 4 黄进展. 洞庭湖湿地的面积变化与防治能力分析. 见: 许厚泽, 赵其国主编. 长江流域洪涝灾害与科技对策. 北京: 科学出版社, 1999. 289~ 293
- 5 濮培民, 蔡述明, 朱海虹, 等. 三峡工程与长江中游湖泊洼地环境. 北京: 科学出版社, 1994
- 6 祝寿泉, 等. 大型水利工程对土壤盐渍化影响. 见: 龚子同主编. 土壤环境变化. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 232~ 235
- 7 格里高利 K J, 沃而利 D E. 人与环境关系的研究展望. 见: 自然资源开发与生态环境保护译文集. 北京: 中国环境科学出版社, 1988. 1~ 18
- 8 陈玉民等编著. 中国主要作物需水量与灌溉. 北京: 水利电力出版社, 1995. 47~ 65
- 9 泰勒 S A 著. 物理的土壤学. 华孟等译. 北京: 农业出版社, 1983
- 10 Penman H L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc. (London), 1948. 193, A, 120~ 145
- 11 中央气象台. 中国地面气候资料. 北京: 气象出版社(内部发行), 1984
- 12 徐富安, 赵炳梓. 封丘地区粮食生产水分利用效率历史变迁及其潜力分析. 见: 徐富安, 周凌云主编. 豫北平原农业生态系统研究. 北京: 气象出版社, 1999. 137~ 144
- 13 付积平, 王遵亲主编. 豫北平原旱涝盐碱综合治理. 北京: 科学出版社, 1993. 27~ 105
- 14 祝寿泉. 坚持综合防治盐碱, 促进农业持续发展. 见: 唐登银主编. 黄淮海平原农业可持续发展研究. 北京: 气象出版社, 1999. 40~ 45
- 15 任阵海. 中国地区气溶胶的特征. 见: 丁一汇, 石广生主编. 中国的气候变化与气候影响的研究. 北京: 气象出版社, 1997
- 16 丁一汇. IPCC 第二次气候变化科学评估报告的主要科学成果和问题. 见: 丁一汇, 石广生主编. 中国的气候变化与气候影响的研究. 北京: 气象出版社, 1997
- 17 孙卫国, 陈万隆, 陈志鹏. 近 30 年中国地面太阳辐射特征. 见: 丁一汇, 石广生主编. 中国的气候变化与气候影响的研究. 北京: 气象出版社, 1997
- 18 高素华. 中国农业气候资源及主要作物产量变化图集. 北京: 气象出版社, 1995. 9~ 14
- 19 丘宝剑. 黄淮海平原农业气候资源评价. 北京: 科学出版社, 1987. 42
- 20 洪嘉珪. 水面蒸发实验研究. 见: 左大康, 谢贤群主编. 农田蒸发研究. 北京: 气象出版社, 1992. 150~ 163
- 21 谢庄, 等. 气候条件对冬小麦产量影响评价. 见: 黄荣辉主编. 灾害性气候与农业和水资源. 北京: 气象出版社, 1996. 25~ 28
- 22 习耀国, 等. 陕西省气候波动对冬小麦产量的影响. 见: 黄荣辉主编. 灾害性气候与农业和水资源. 北京: 气象出版社, 1996. 47~ 51
- 23 张清. 气候变化对我国北方冬小麦的影响及小麦评价模式研究. 见: 丁一汇, 石广生主编. 中国的气候变化与气候影响的研究. 北京: 气象出版社, 1997
- 24 盛宝钦, 单耀南. 我国小麦白粉病发生分布规律及防治对策. 中国植物保护研究进展, 1996, (3): 182~ 187
- 25 齐俊生, 等. 冀中棉区棉花黄萎病发生与气象因子关系分析. 见: 刘仪主编. 植物病害研究与防治. 北京: 中国农业

科技出版社, 1998. 584~ 587

- 26 王守正, 李洪连, 等. 今后作物发生病害趋势浅析. 见: 刘仪主编. 植物病害研究与防治. 北京: 中国农业科技出版社, 1998. 333~ 335
- 27 中国农科院植物保护研究所编. 中国农作物病虫害. 北京: 中国农业出版社, 1995
- 28 王守正. 河南省经济作物病害志. 北京: 农业出版社, 1994. 4~ 6
- 29 华南农业大学, 河北农业大学编. 植物病理学. 北京: 农业出版社, 1985. 1~ 2
- 30 潘森. 河南省 1998 年小麦纹枯病的流行原因分析及防治对策. 豫农植保, 1999, (1): 9~ 10

## CHANGE OF SOME ENVIRONMENTAL FACTORS AND ITS ECOLOGICAL SIGNIFICANCE IN NORTH HENAN PROVINCE, CHINA

Xu F<sub>u</sub> an Zhao Bing-zi Tang Wan-long

(*Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*)

### Summary

In the past forty years, some environmental factors closely related with evapotranspiration in North Henan Province have greatly changed. For example, evaporation from water surface decreased, relative humidity near to the ground surface increased, sunshine hours reduced and wind speed decreased. Similar to the problems of seasonal running dry of Yellow River and ever-lowering ground water table in the region, the change of these environmental factors might partly reflect the change of environmental quality ecologically. Our results showed that the change was mainly caused by humane activities, such as marked increase of irrigation areas and improvement of low-yield farmland in large area. Great attention should be paid to the problems resulted from the change of these environmental factors.

**Key words** Change, Environment factors, Significance