

黄淮地区农业干旱风险综合防御技术推广应用

王友贺^{1,2,3}, 朱自玺², 刘荣花², 方文松², 师丽魁^{1,2}, 谷秀杰³

(1. 南京信息工程大学, 江苏 南京 210044; 2. 河南省气象科学研究所, 河南 郑州 450003; 3. 河南省气象台, 河南 郑州 450003)

摘要: 充足底墒、深耕、药剂拌种、秸秆翻压还田、秸秆覆盖、有限灌溉、喷施多功能防旱剂和防御小麦干热风制剂是提高作物水分利用效率和降低干旱风险的有效措施。这些措施有利于作物生长前期土壤水分的积累, 促进后期植株蒸腾作用和干物质的积累, 使土壤水分从物理过程向生理过程、从无效消耗向有效支出转化。在黄淮地区的推广试验结果表明, 综合运用上述几项措施后, 可使小麦、玉米生育期间分别减少灌溉 1~2 次和 1 次。此外, 八个推广点两年中小麦累计增产 1.71 亿 kg, 玉米累计增产 2.46 亿 kg, 累计节约水资源约 10.8 亿 m³, 取得了巨大的经济效益和社会效益。

关键词: 黄淮地区; 农业; 干旱; 风险; 综合技术

中图分类号: S423⁺.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)02-0005-05

黄淮地区是我国重要的粮食生产基地, 但该地区干旱发生频繁, 对农业生产危害很大。为把干旱损失降到最低程度, 我们将国家科技部公益项目“黄淮平原农业干旱监测预警与综合防御技术研究”的部分研究成果在黄淮地区部分县市的农业生产中进行了推广应用。结果表明: 农业干旱综合防御技术可以有效地提高作物的水分利用效率, 降低干旱风险, 不仅能够为农民朋友带来实实在在的经济效益, 而且实现了很好的社会效益。

1 综合防御技术的物理机制和生物学机制

1.1 底墒水

播种前底墒情况的好坏, 对作物生长发育和产量形成影响甚大, 尤其是秋播作物更为明显。一般情况, 深层土壤水分储存量高, 有利于根系下伸, 易于抗御干旱。试验表明, 随着底墒的增加, 作物整个根分布层(0~200 cm)的水分利用率增加, 并有利于深层土壤水分的利用。底墒差, 则只能使浅层(0~50 cm)土壤水分利用率增加, 深层水分利用率则较差。因此, 底墒的好坏严重地影响着作物的产量和产量性状。一般来说, 穗数、穗粒数、籽粒重和产量均随着底墒的增加而增加。根据试验, 最佳底墒量约占田间持水量的 88%^[1]。

1.2 深耕

深耕可以打破犁底层, 有利于作物根系下伸, 可以更多地利用深层土壤水分; 同时可以改变土壤结

构, 切断土壤毛细管, 有利于保墒。深翻常应用于秋播作物, 深度在 30 cm 以上。

1.3 药剂拌种

安全性试验表明, 药剂拌种对小麦种传、土传病害防效显著。各药剂处理对纹枯病防效一般在 50.2%~79.5%; 对散黑穗病防效达 90% 以上。同时对小麦生长有一定调节作用, 能使根系发达, 增加分蘖, 促进苗壮, 提高抗逆力, 亩穗数、穗粒数和千粒重增加^[2]。

1.4 覆盖(秸秆翻压)

试验表明, 农田实行秸秆覆盖, 可以改变地表热学性质, 使近地层乱流交换系数和显热通量增加, 潜热通量减少^[3]。从而减少土壤蒸发, 起到保墒的作用。这种保墒作用在植株叶面积未完全覆盖地面以前效果特别明显, 以后逐渐减弱。因此, 前期覆盖地段的土壤水分比未覆盖地段明显增加, 从而促进作物生长。通过蒸腾和蒸发的分离, 可以看出覆盖地段作物后期蒸腾作用明显增强, 干物质积累增多, 产量增加。因此, 覆盖可以改变作物耗水模式, 减少前期土壤蒸发, 增大后期植株蒸腾, 促进干物质积累, 从而使水分消耗从物理过程向生物学过程转化, 从无效消耗向有效消耗转化, 这对提高水分利用效率是十分有益的。覆盖时间, 对冬小麦来说, 以越冬开始时为好, 在黄淮平原地区一般在 12 月下旬。夏玉米应在播种后出苗前覆盖。覆盖量应掌握在 4 500~6 000 kg/hm² 之间。

收稿日期: 2008-09-22

基金项目: 2005 年科技部农业科技成果转化项目(05EFN217400415)

作者简介: 王友贺(1978-), 男, 河南滑县人, 工程师, 在职研究生, 主要从事农田水分研究及决策服务工作。

1.5 有限灌溉

试验表明,作物在特定的发育阶段,有限度的水分胁迫具有一定的增产作用。从生理上来讲,作物在有限水分胁迫解除后,各种生理功能,如光合强度、蒸腾速率、干物质积累速度,均有一定的“反冲”现象,超过未经受过水分胁迫的对照地段。根据试验,冬小麦在返青期和拔节期,分别使土壤相对湿度最低保持在 50% 和 55%,并能使持续时间保持在 10 d 以上,有利于抗旱、节水和增产^[4]。这期间发生的水分胁迫,虽然会使穗密度有所减少,但穗粒数和千粒重明显增加。这意味着冬小麦在足墒播种的条件下,黄淮地区可以不浇返青水或少浇拔节水,从而减少灌溉次数,使灌溉量减少 5%~10%,从而提高水分利用效率和经济效益。

1.6 多功能防旱剂

“九五”期间,河南省气象科学研究所在前人研究的基础上,把抗旱剂与植物生长促进剂结合起来,研制了一种具有双重功能的多功能防旱剂^[5]。除具有防旱功能外,还含有生理活性物质、磷、钾、镁等 20 多种微量元素及活化剂、络合物、有机酸等,具有抗病、促生的功能。经喷施后可以增大叶片气孔阻力、降低蒸腾强度、提高光合速率。从而使绿叶面积增加、持续时间延长,穗粒数和千粒重增加,最终提高产量和水分利用效率。经初步推广应用,具有明显的经济效益和社会效益。

1.7 抗干热风制剂

试验表明,在小麦起身、拔节期喷洒草木灰水、磷酸二氢钾等,可以增强叶片细胞的吸水力,提高抗干热风的能力;在小麦扬花、灌浆期喷洒石油助剂,能提高千粒重,有明显增产效果^[6]。

2 试验设计和研究方法

本推广试验于 2005 年 10 月至 2007 年 9 月分别在河南省西华县黄泛区农场、获嘉县农场、夏邑县农场、清丰县城关镇、杞县城关镇、山东省泰安市邱家店、安徽省蒙城县西农场、江苏省丰县共八个推广示范点进行。

按照实施方案要求,八个推广示范点在本推广区域内因地制宜地把灌底墒水、深耕、秸秆翻压、药剂拌种、秸秆覆盖、有限灌溉、喷施防旱剂和防御小麦干热风制剂等措施综合应用(以小麦为例,相关信息见表 1),并对示范地段和对照地块的肥力、田间持水量、土壤湿度、作物发育期、生长发育状况、地下水位和气象要素等项目进行测定。在收获时进行测产、考种和实际产量的测定工作。

3 结果分析

3.1 经济效益分析

3.1.1 增产增收 图 1 是各推广点示范与对照地块实际产量差值图,从图中可以看出:各地在因地制宜地采取了灌底墒水、深耕、秸秆翻压、药剂拌种、秸秆覆盖、有限灌溉、喷施防旱剂和防御小麦干热风制剂等技术措施后,示范地块产量均比对照地块产量有明显增加。根据各推广点上传数据(见表 2),经计算后得知:八个推广点两年中小麦累计增产 1.71 亿 kg,玉米累计增产 2.46 亿 kg,这说明干旱综合防御技术措施对作物的增产作用比较显著。小麦按照 2006 年国家下发的最低收购价,即 1.44 元/kg,玉米按照 1.5 元/kg 计算,可为农民朋友增收 6.15 亿元。

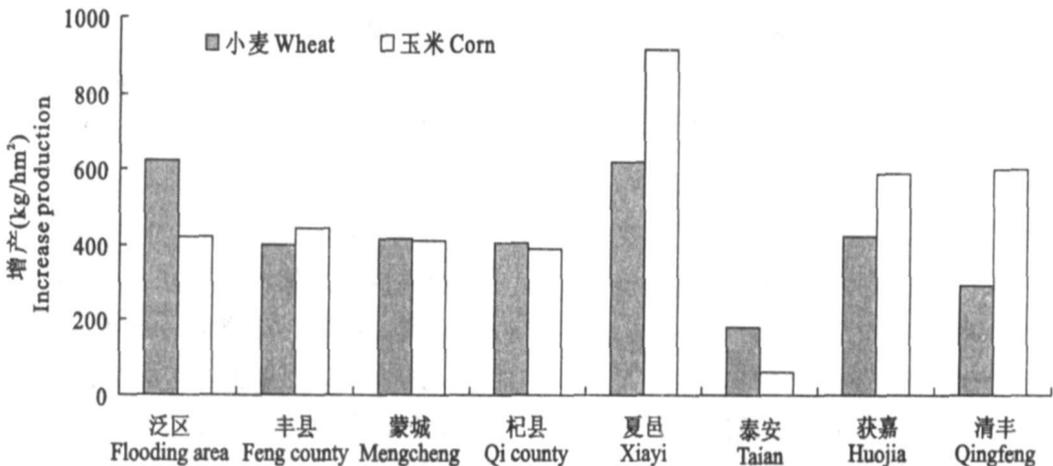


图 1 各推广点示范与对照地块作物实际产量差值

Fig. 1 The actual production contrast of crop between the demonstration and contrast fields of each popularization spots (kg/hm²).

表 1 各推广点基本情况介绍(以冬小麦为例)

Table 1 The basic situation of each popularization spot (taking winter wheat as an example)

推广点 Spots	试验地点 Location of test	土壤状况 Soil status	试验品种 Tested cultivar	采取的主要技术措施 Major technique and measures	推广面积 Popularization area (hm ²)
黄泛区 River flooding area	农场一分场 1st Sub-farm	砂质壤土, 中性、肥力较高 Sandy loam, with high fertility.	国审泛麦 5 号 (神麦 2 号) Fanmai No. 5	深耕、秸秆覆盖、有限灌溉、喷施干热风制剂及防旱剂 Deep ploughing, straw mulching, limited irrigation and spraying drought- and dry-hot wind-preventing agents.	3333
丰县 Feng county	三里井村 Sanlijing village	两合土, 肥力中等偏上 Two mixed soil, with over middle fertility.	徐麦 856 Xumai 856	秸秆覆盖 Straw mulching.	2867
蒙城 Mengcheng	西农场 West farm	砂姜黑土, 肥力中等偏上 Sandy black soil, with over middle fertility.	冀麦 20 Jimmai 20	秸秆覆盖、喷施防旱剂 Straw mulching and spraying drought-preventing agent.	2733
杞县 Qi county	县气象局东南方 约 5 公里处 About 5 km south- east of county weather bureau	粘土, 肥力中等 Clay, with middle fertility.	豫麦 34 Yumai 34	秸秆覆盖、喷施干热风制剂及防旱剂 Straw mulching and spraying drought- and dry-hot wind-preventing agents.	667
夏邑 Xiayi	韩镇农场 Hanzhen farm	两合土, 肥力中等 Two mixed soil, with middle fertility.	郑麦 9023 Zhengmai 9023	深耕、秸秆翻压、拌种、秸秆覆盖、有限灌溉、喷施干热风制剂及防旱剂 Deep ploughing, turning straw into soil, seed coating, straw mulching, limited irrigation and spraying drought- and dry-hot wind-preventing agents.	6067
泰安 Taian	邱家店 Qiujiadian	砂壤土, 土壤肥力上等 Sandy loam, with high fertility.	山农 4455 Shannong 4455	秸秆覆盖、有限灌溉、喷施防旱剂 Straw mulching, limited irrigation and spraying drought-preventing agent.	4000
获嘉 Huojia	县农场 County farm	壤土和粘土, 肥力中等 Loam and clay, with middle fertility.	高优 503 Gaoyou 503	灌足地墒水、深耕、秸秆覆盖、有限灌溉、喷施防旱剂 Sufficient irrigation before sowing, deep ploughing, straw mulching, limited irrigation and spraying drought-preventing agent.	16000
清丰 Qingfeng	城关镇 Chengguan	沙壤土, 肥力中等 Sandy loam, with middle fertility.	濮麦 9 号 Pumai No. 9	秸秆翻压还田、秸秆覆盖、有限灌溉、喷施干热风制剂及防旱剂 Turning straw into soil, straw mulching, limited irrigation and spraying drought- and dry-hot wind-preventing agents	5000

3.1.2 节肥节水节支

1) 节肥节支。试验证明, 秸秆还田能够显著提高土壤中的有机质含量和质量, 同时氮磷钾等养分含量也都有增加, 尤以钾素的增加最为明显。统计全国 60 份试验结果, 秸秆还田后全氮提高范围在 0.001%~0.1%, 平均提高 0.0014%; 速效磷增加幅度在 0.2~30 mg/kg, 速效钾增加 3.3~80 mg/kg, 平均增加 31.2 mg/kg^[7]。

表 3 反映了夏邑推广示范点四季作物覆盖及覆盖物肥力情况。从表中可以看出, 在实施了秸秆覆盖措施后, 在一定程度上改善了示范推广地段的土壤肥力状况, 从而使农民朋友可以少施肥。尿素价格按 1.20 元/kg, 过磷酸钙价格按 0.48 元/kg, 硫酸钾价格按 1.76 元/kg 计算, 四季作物可分别节约开支 927.5、575.6、966.9、1491.9 元/hm², 节肥效益十分显著。

表 2 各推广点冬小麦、夏玉米增产情况

Table 2 The yield increase of wheat and corn in each popularization spot

推广点 Popularization spot	冬小麦增产 Yield increase of winter wheat (kg/hm ²)	冬小麦推广面积 Popularization area of winter wheat (hm ²)	夏玉米增产 Yield increase of summer corn (kg/hm ²)	夏玉米推广面积 Popularization area of summer corn (hm ²)
泛区 Flooding area	621.8	3333	418.1	5333
丰县 Feng county	399.8	2867	442.5	4133
蒙城 Mengcheng	414.8	2733	408.8	2933
杞县 Qi county	405.0	667	390.0	1333
夏邑 Xiayi	619.5	6067	910.5	7600
泰安 Taian	180.0	4000	60.0	20000
获嘉 Huojia	423.0	16000	582.0	13333
清丰 Qingfeng	287.3	5000	596.3	4853

表 3 夏邑推广示范点四季作物覆盖及覆盖物肥力情况

Table 3 The mulching and fertility situation of Xiayi

年度 Year	作物 Crop	秸秆覆盖量 Straw mulching quantity (kg)	折合含量为 46% 的尿素 CO(NH ₂) ₂ The content of nitrogen is 46%. (kg)	折合含量为 12%~18% 的过磷酸钙 Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O The content of phosphor is 12%~18%. (kg)	折合含量为 5% 硫酸钾 K ₂ SO ₄ The content of kalium is 5%. (kg)
2005~2006	小麦 Wheat	1035	23.65	7.07	17.08
2006	玉米 Corn	655	11.54	2.60	13.22
2006~2007	小麦 Wheat	1078	24.74	7.40	17.74
2007	玉米 Corn	790	13.91	3.13	15.96

2) 节水节支。由于采取的干旱综合防御技术措施减少了水分的无效消耗,因而使作物耗水量减少。根据各示范点的统计,冬小麦全生育期可以减少灌溉次数 1~2 次(平均 1.5 次),玉米全生育期可以减少灌溉次数 1 次。按农业常规计算,一次灌水折合约 900 m³/hm²,两年中小麦、玉米推广面积分别为 4.03 万 hm² 和 5.95 万 hm²,累计节约水资源

约 10.8 亿 m³(各推广点节水数据见表 4),这对于缓解我国的水资源紧张状况、促进农业可持续发展有着十分重要的意义。

灌溉次数的减少在节省了水资源的同时,也省却了灌溉时所花费的人力物力及水电费用,细算起来也是一笔不小的费用。

表 4 各推广点节水数据

Table 4 The water saving data of each popularization spots

推广点 Popularization spots	泛区 Flooding area	丰县 Feng county	蒙城 Mengcheng	杞县 Qi county	夏邑 Xiayi	泰安 Taian	获嘉 Huojia	清丰 Qingfeng
节水 Water saving (10 ⁴ m ³)	682	630	510	108	1230	2160	1100	1402

3.1.3 保墒效应分析 由于各种干旱防御措施的特殊功能,它们从不同侧面抑制了土壤水分的丢失,提高了水分利用效率。例如,覆盖可改变土壤地表热学性质,使潜热通量减少,从而减少土壤蒸发,起到保墒的作用;深翻可以打破犁底层,有利于作物根系下伸,更好地利用深层土壤水分,增加作物的抗旱性;多功能防旱剂可以增大叶片气孔阻力、降低蒸腾

强度等。因此示范地段的土壤墒情比对照地段的要好。图 2 是杞县推广示范点 2006 年 10 月中旬~2007 年 4 月中旬示范与对照地段的土壤湿度测定对比,从图中可以明显地看出示范地段 0~50 cm 的土壤湿度比对照地段的要高,经计算平均要高 8.0%。

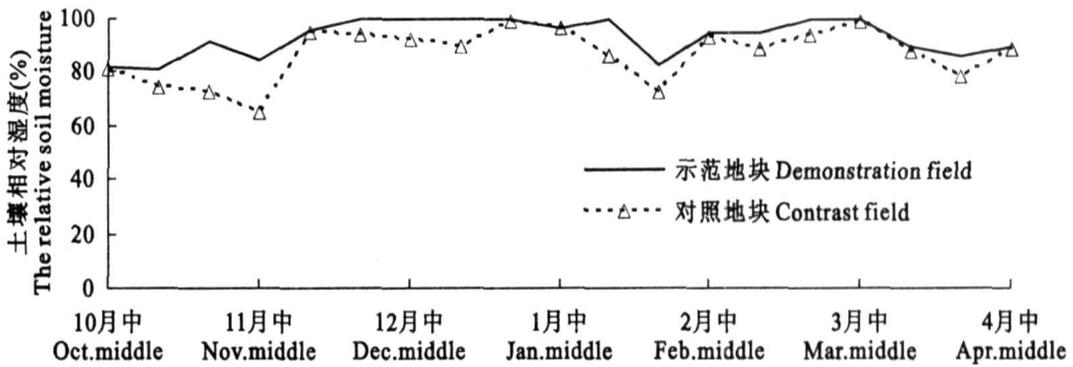


图2 杞县推广点示范地块与对照地块 0~50 cm 土壤湿度对比

Fig.2 The relative soil moisture contrast of 0~50 cm soil layer between the demonstration and contrast fields of Qixian

3.2 社会效益分析

以秸秆还田一项技术措施为例。我国年产约 50 亿 t 秸秆,是一项宝贵的有机肥资源。但目前我国的秸秆焚烧现象仍然十分严重,不仅浪费了资源,而且污染空气,有时还会引起火灾。随处堆放秸秆不但占用场地,而且会堵塞道路,妨碍交通,污染水源。实施秸秆还田对改造中低产农田,缓解我国氮磷钾比例失调,弥补磷钾化肥不足具有十分重要的意义^[7]。各推广示范点通过对干旱综合防御技术的大力宣传,不仅普及了农作物防旱知识,提高了广大农民的节水灌溉意识,而且增强了他们的秸秆还田意识,扩大了秸秆还田面积,秸秆焚烧现象明显减少。以濮阳推广示范点为例,卫星遥感火点监测结果显示,与 2005 年相比,2006 年濮阳市的小麦秸秆焚烧火点减少了 55%。另据该市农业部门统计,2006 年该市农作物秸秆还田面积比 2005 年增加了 3.33 万 hm^2 ,2007 年该市农作物秸秆还田面积又比 2006 年增加了 2 万 hm^2 。

此外,在课题进行推广过程中,我们初步建立了“黄淮平原主要农作物干旱综合防御决策服务系统”。该系统可根据作物发育期、当前土壤墒情和未来天气状况,给出干旱防御决策结果,提出应该施行何种防旱措施,何时施行及如何施行等建议。

各推广示范点在熟练运用该系统后,能够根据本地的实际情况,将当前和未来墒情信息和需要采取的抗旱技术措施,及时通报当地相关政府职能部门及通过电视天气预报、“12121”农业气象信息、农业实用技术讲座、报纸和其它传媒手段向社会发布,及时服务于广大农民朋友,取得了很好的社会效益。

4 结语

试验表明,干旱综合防御技术可以有效地提高水分利用效率,降低干旱风险。深耕、秸秆翻压还

田、充足底墒水、秸秆覆盖可以增加作物生长前期的土壤水分积累,促进植株后期蒸腾作用加强和干物质积累。从水分消耗这个角度而言,这是一个由物理过程向生理过程、由无效消耗向有效支出转化的过程。此外,覆盖还可以培肥地力,改善土壤结构。

喷施多功能防旱剂具有明显的促生抗旱作用。可以增大气孔阻力,减少蒸腾,从而使耗水量减少,并能够延缓功能也衰老,提高光合作用强度,增加叶片同化物的积累,使穗粒数和穗粒重明显高于对照。喷施防干热风制剂可以增强小麦叶片细胞的吸水力,从而提高抗干热风的能力。有限灌溉在满足小麦关键期用水的同时,通过有限水分胁迫,增强作物光合作用的反冲作用,不但可以节约用水,而且可以提高产量。在黄淮地区的推广试验结果表明,在上述几项技术措施综合运用后,可使小麦、玉米生育期间分别减少灌溉 1~2 次和 1 次。此外,八个推广点两年中小麦累计增产 1.71 亿 kg,玉米累计增产 2.46 亿 kg,另外累计节约水资源约 10.8 亿 m^3 ,实现了巨大的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 安顺清,王馥堂,徐祥德,等.农业干旱综合应变防御技术研究[J].应用气象学报,2000,11(增刊):103-110.
- [2] 李金锁,李玉瑞.新药剂拌种对小麦种传土传病害防效及安全性试验[J].河南农业,2007,(15):10-11.
- [3] 朱自玺,赵国强,邓天宏,等.覆盖麦田的小气候特征[J].应用气象学报,2000,11(增刊):112-118.
- [4] 吴乃元,梁丰香,张衍华,等.有限水分胁迫对小麦生长状况的影响及合理灌溉的土壤相对湿度指标[J].应用气象学报,2000,11(增刊):170-177.
- [5] 赵国强,朱自玺,方文松,等.多功能防旱剂的应用研究[J].应用气象学报,2000,11(增刊):186-191.
- [6] 李东升.干热风天气对小麦的危害及防御对策[J].河南农业,2007,(6):16-17.
- [7] 曾木祥,张玉洁.秸秆还田对农田生态环境的影响[J].农业环境与发展,1997,(1):1-7.

(英文摘要下转第 16 页)

Study on methodology for risk assessment and division of winter wheat drought hazard in Hebei Province

ZHANG Wen-zong^{1,2}, ZHAO Chun-lei^{1,2}, KANG Xi-yan^{1,2},
WANG Xin^{1,2}, LIU Jing-miao^{1,3}, ZHANG Chao⁴

(1. Hebei Laboratory for Meteorology and Eco-Environment, Shijiazhuang 050021, China;

2. Meteorological Science Institute of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China;

3. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China;

4. College of Resource & Environment, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China)

Abstract: Different levels of dry years was defined respectively by the ± 0.5 times and ± 1.5 times standard deviational sample variance of the mean values of annual precipitation, and then winter wheat dry disaster year was confirmed by whether the meteorological equivalent yield reduction rate was greater than 3%. In addition, analysis was made of the average winter wheat yield reduction rate in dry years and its spatial distribution in various areas of Hebei Province, and study was also made on the frequency distribution law of the winter wheat drought hazard with different intensities. From point of view on risk analysis of disasters, it presented a methodology for risk assessment and division of winter wheat drought hazard in Hebei Province, including the concept, calculation method and regional distribution of the disaster risk index. The average decreasing rate, drought hazard risk indexes and annual precipitation were selected as factors dominating insurance of drought hazard, based on which, the winter wheat growing zone might be divided into three grades, such as light, moderate and severe under the support of GIS. The average decreasing rate, the disaster prevention and mitigation measures of dry year with different intensities and loses were also discussed in different kind of risk areas.

Key words: Hebei Province; winter wheat; drought; risk division

(上接第 9 页)

The popularization and application of comprehensive techniques for reducing drought risk in agriculture in Huang-Huai Region

WANG You-he^{1,2,3}, ZHU Zi-xi², LIU Rong-hua², FANG Wen-song², SHI Li-kui^{1,2}, GU Xiu-jie³

(1. Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China;

2. Henan Institute of Meteorology, Zhengzhou 450003, China;

3. Henan Provincial Meteorological Observatory, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Through experiments, it was found that enough pre-sowing water, deep-ploughing, treating seeds with chemicals, returning straw into soil, straw mulching, limited irrigation, spraying drought-preventing and dry-hot wind agents are effective measures to increase water use efficiency (WUE) and reduce drought risk. Practicing comprehensive measures is favorable for soil water accumulation in early growing period and promoting transpiration & dry matter accumulation in later growing period. Thus soil water consumption turns from physical process into physiological process and from inefficient consumption to efficient consumption. Applying these measures in Huang-Huai Region, irrigations can be reduced 1~2 times and 1 time in winter wheat and summer corn fields, respectively. Wheat and corn yield of eight popularization spots in two years were increased by 1.71×10^8 kg and 2.46×10^8 kg, respectively. Besides it, water resources consumption was retrenched by 1.08×10^9 m³. It realized tremendous economic and social benefits.

Key words: Huang-Huai Region; agriculture; drought; risk; comprehensive techniques