DOI: 10.3724/SP.J.1011.2011.00197

东北地区农业及环境对气候变化的响应与应对措施*

谢立勇　李　艳　林　淼

(沈阳农业大学农学院　沈阳　110866)

摘　要　气候变化在东北地区对农业生产和生态环境产生了重要影响。本文总结了东北地区农业生产和生态环境对气候变化的响应，并从调整农业种植结构、采用农业节水技术措施、实施保护性耕作、采取水土保持措施、加强生态–经济型防护林体系建设等方面分析东北地区对气候变化所采取的应对措施及应对效果。在此基础上，分析了未来气候变化可能对东北地区农业生产和生态环境造成的影响，并针对这两个重点领域从调整农业结构和种植制度、选育抗逆性强的品种、调整农业生产管理措施、加强水资源管理、加强生态建设、发展生态经济、综合调控水源和完善监测机制等方面提出了未来应对气候变化的建议。

关键词　东北地区　气候变化　农业生产　生态环境　响应与适应

中图分类号: P467; S162; X171.1　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 1671-3990(2011)01-0197-05

Response and adaptation to climate change of agriculture and environment in Northeast China

XIE Li-Yong, LI Yan, LIN Miao

(College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract　Because climate change has significantly influenced agriculture and the ecosystem, the response of agriculture and ecological environment to climate change in Northeast China were discussed in this paper. The paper also summarized adaptation mechanisms of agriculture and ecological environment to climate change. Adjustment of agricultural structure, adoption of water-saving agro-technology and conservative tillage practices, conservation of water and soil and construction of eco-economic forests were among the identified adaptation mechanisms. The potential future impacts of climate change were analyzed and related agricultural and ecological adaptation modes advanced. Such future adaptation modes included adjustments of agricultural structures and cropping systems, breeding of stress-resistant varieties, optimization of agricultural management, reinforcement of water resources management and eco-construction, development of eco-economy, and improvement of monitoring systems.

Key words　Northeast China, Climate change, Agricultural production, Ecological environment, Response and adaptation

(Received Sept. 1, 2010; accepted Nov. 22, 2010)

东北地区(包括黑龙江、吉林、辽宁 3 省和内蒙古自治区呼伦贝尔盟、兴安盟、哲理木盟和赤峰市，下同)总面积约 120 万 km^2，人口 1.2 亿。全区两侧为山地，西部为大兴安岭、东部为长白山；平均海拔 1 000 m，中部东北平原海拔 200 m 左右。东北地区属寒温带大陆性季风气候，四季分明，冷期较长，年平均气温－1~10 ℃，年降水量 500~1 000 mm，约 70%集中在夏季。东北地区的人均耕地面积居全国之首，是我国重要的商品粮基地。

近 50 年来，气候变化对东北地区影响非常明显。1951~2000 年东北地区平均气温以 0.38 ℃·$10a^{-1}$ 的倾向率上升，1991~2000 年倾向率达到 0.55 ℃·$l0a^{-1}$，明显高于全国平均水平[1]；积温增加 45~200 ℃。与 20 世纪 70 年代相比，80 年代无霜期延长 4 d, 90 年代延长 7 d，北部地区较南部地区延长幅度更大[2]。降水呈现逐渐减少的趋势，且夏季较冬季减少明显，1990 年以来日渐严重，年内季节性降水量波动性较大。温度升高使蒸发量增加，土壤含水量下降。这些都加剧了东北地区水资源供给不足的矛盾。

* 国家“十一五”科技支撑计划项目(2007BAC03A06)资助
谢立勇(1969~)，男，博士，副教授，主要从事农业领域的气候变化影响与适应研究。E-mail: xly0910@yahoo.com.cn
收稿日期: 2010−09−01　接受日期: 2010−11−22

1 气候变化对东北地区农业和环境的影响

1.1 气候变化对东北地区农业生产的影响

近 30 年来，东北地区小麦种植比重下降，玉米和水稻种植比重增加，形成了以玉米、水稻和大豆为主的粮食作物种植结构。20 世纪 80 年代初全区水稻面积约为 85 万 hm^2，至 2009 年已达到 400 万 hm^2；玉米播种面积也略有增加，目前达到 700~800 万 hm^2；大豆播种面积虽然存在年际波动，但基本保持在 400~500 万 hm^2 的水平，而小麦面积 20 世纪 80 年代初大约 300 万 hm^2，目前已不足 40 万 hm^2，主要分布在黑龙江部分地区。

由于气候变暖，冬小麦种植北界可向北移至大约 42.5°N(辽宁省的中北部)[3]。当然由于水热条件和经济效益的原因，生产中并没有出现冬小麦播种面积的增加。但是这一研究结果提供了信息和启示，表明气候变化对农业布局和种植结构的现实影响。

温度的升高不但改变作物种植的范围和界线，还带来产量的变化。黑龙江省 20 世纪 90 年代水稻单产较 80 年代增产 42.7%，其中气候变暖的贡献率为 23.2%~28.8%，相当于在 20 世纪 80 年代的单产水平上增产 9.9%~12.3%[4]。东北地区的松嫩平原玉米产量以 1970~1982 年为基准时段，20 世纪 90 年代气候变暖对玉米增产的贡献率相对于 70 年代和 80 年代分别为 17.98%和 26.78%[5]。

气候变暖有利于某些病虫害的越冬、发生和流行。黑龙江省稻田以往主要是稻瘟病，目前细菌褐斑病(*Rhizoctonia solani*)和胡麻斑病(*Xanthomonas axonopodis*)已成为危害很重的常发性病害；以往只有负泥虫(*Oulema oryzae*)和潜叶蝇(*Hydrellia griseola*)等危害不重的苗期虫害，目前二化螟(*Chilo suppressalis*)已成为对水稻危害较重的长发性虫害；杂草种类也呈增加趋势，如历史上从未出现过的稻生稻(*Oryza rufipogon*)，目前也在很多地区出现并造成危害[6]。

1.2 气候变化对东北地区水资源的影响

由于温度升高、降水减少以及其他社会原因，东北地区的水资源短缺加剧。中西部主要江河都出现过连续枯水年的现象。20 世纪 90 年代以前，东北地区很少发生严重干旱灾害，而整个 20 世纪 90 年代，辽宁、吉林、黑龙江 3 省均发生 3~4 次严重旱灾，进入 2000 年以来，旱灾几乎连年发生，10 年里均发生 8 次严重旱灾。2001 年春夏连旱，松花江水位降至历史最低水位，给松嫩平原水稻生产带来严重影响；西辽河径流量不断减少，断流日数增加，2001 年以来多次断流；辽河中下游河川径流衰减十分明显，缺水形势十分严峻。2006 年，松辽流域年平均降水量为 465.8 mm，比多年平均值偏少 9.5%；地表水径流量 1 460 亿 m3，比多年平均值偏少 17.4%；地下水资源量为 610 亿 m^3，比多年平均值偏少 10.4%。大连、锦州、营口等沿海城市由于地下水采补失调，导致海水倒灌面积达 728 km^2，严重影响了地下水水质[7]。

1.3 气候变化对东北地区环境的影响

东北地区土壤湿度在 20 世纪 70 年代为显著干旱时段，此后有所恢复；90 年代以来继续走低，呈现逐渐干旱的趋势[8]。由于干旱，松嫩平原出现了沙漠化，科尔沁沙地和松嫩沙地的盐渍化、荒漠化问题严重。盐渍化和沙化土地向东有较强发展，蔓延成为东北地区西部生态环境恶化的主要表征。撂荒地显著扩大，与沙化土地面积量级接近[9]。

气候变化对湿地生态系统的物质和能量循环、湿地植物生产力、动植物分布及湿地功能均产生重大影响。松嫩平原西部的扎龙湿地，地表水位持续下降，2001 年比“平水年”下降约 1 m，湿地面积约减少一半，湿地内的许多湖泊干枯，河道断流；嫩江下游的莫莫格湿地，地表已经完全干涸，地下水水位从 3~5 m 下降到 12 m 左右，大片的芦苇、苔草湿地退化为碱蓬地甚至盐碱光板地[10]。

2 农业及环境应对气候变化的措施及效果

2.1 农业的适应措施及效果

为提高农业生产的效益、适应气候变暖的事实，东北地区主要粮食作物的种类、品种和布局等都已经采取了针对性调整。黑龙江省水稻种植比例显著增加，小麦种植比例明显减少，从以小麦和玉米为主的粮食作物种植结构变化成以玉米和水稻为主。改变后的种植结构充分利用了温度增高、热量资源增加的有利条件，大幅度提高了水稻总产和粮食商品化水平，也因此成为国家首要的粮食生产和供应基地。作为玉米高产中心的松嫩平原南部，由于生长期提前，盛夏热量充足，目前生产多选用一些中晚熟的品种[11]；并且耐旱、耐涝以及耐盐碱的品种也得到了推广和应用，玉米产量达到 15 $t \cdot hm^{-2}$。在农业育种过程中，在以往注重高产和耐低温冷害鉴定的基础上，增加了对适应较高温度或生育期较长新品种的选育工作，拓宽品种资源，保证了适应气候继续变暖对新品种的需求[6]。

针对水资源供给相对不足使农业用水以及作物生长需求的水热配置受限，各地区相继开展了各种农业节水技术研究与推广工作。输水系统节水技术、田间灌溉节水技术、田间农艺节水技术、化学节水

技术、管理节水技术、生物改良节水技术以及因地制宜地将各单项技术进行组装和优化配套而形成的农业节水技术集成配套模式，在东北地区的农业节水中得到了一定的应用效果[12−13]。此外，水稻旱作即旱稻在东北地区有了一定的种植面积，辽宁省农业科学院选育的多个旱稻品种每年在东北地区种植面积已超过 2 万 hm^2。同时，目前的农业生产方面的节水仍有一定的潜力。

2000 年以后，以“秸秆还田+少免耕”为特征的保护性耕作技术逐步在东北地区实验和推广，初步显示了减轻土壤侵蚀、提高土壤有机质含量、保护黑土地、作物抗旱节水和节本增效的效果，特别在劳动力和动力投入方面有明显的效益，但是对适应气候变化的长期效果仍然需要进一步的检验和完善。松嫩平原中部平原地区采用了由秸秆覆盖、免耕播种、机械深松和化学除草为核心的保护性技术; 辽西北地区推广了以秸秆覆盖和少耕免耕为中心的保护性耕作技术[14]。

2000 年以来，东北地区几乎连年遭遇干旱、洪涝或者低温寡照气象灾害，但是粮食总产却保持稳中有升的态势(图 1)。上述适应措施的综合运用缓解或抵消了不利条件的影响，为减少灾害损失发挥了重要作用。

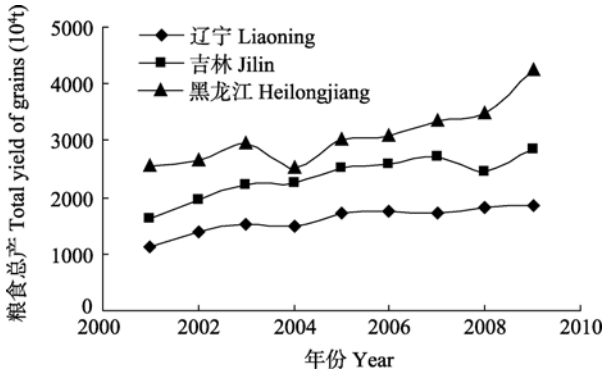

图 1　2001~2009 年东北 3 省粮食总产变化

Fig. 1　Total yield of grains in Liaoning, Jilin and Heilongjiang Provinces in Northeast China from 2001 to 2009

2.2　生态保护的适应措施及效果

针对气候变化与生态环境问题, 20 世纪 50 年代以来的水土保持研究已经形成了以改变坡面微地形为主、以增加地面覆盖为主和以增加土壤入渗为主的 3 类主要水土保持耕作措施，在各地推广应用的面积也比较大，对防治坡耕地水土流失、促进作物增产起到了良好的作用[15]。在松嫩平原盐碱化草原，在盐碱化程度分类的基础上，采用以振动深松为主，施生化土壤改良剂和农艺措施为辅的集成技术对土壤进行改良。科学调节土壤水、肥、气、热条件，增大土壤蓄水容量，改善土壤的理化指标，使土壤由重度盐碱化土变为轻度盐碱化土，草原生态环境得到显明改善。同时，加强了生态–经济型防护林体系的建设，增强了农田林网防风保水作用。在林网内风速可降低 20%~30%，生长季大气湿度增加 11%~15%，土壤湿度增加 20%~25%，粮食产量平均增加 30%以上[16]。同时增加了人工控制天气的研究与实践，开发云水资源，实施人工降雨。辽宁省结合降雨的时空分布特点，春、秋人工增雨的重点应放在辽西北和辽河平原，夏季人工增雨的重点是辽南一带[17]。2003~2007 年通过开展人工增雨共增加降水 136 亿 m^3，为缓解干旱和用水紧张起到了一定作用。

3　适应未来气候变化的建议

3.1　气候变化对农业生产的可能影响及政策建议

未来东北地区的气候变化仍以温度升高为主，降水有可能增加，但降水增量的时空分布不均匀[18]。模拟显示，未来气候变化对东北水稻、玉米、春小麦产量均产生负面影响。产量降低的主要原因是: 温度升高使作物生长发育速度加快，生育期缩短，并加大土壤蒸发和作物蒸腾; 降水的增加不足以补偿蒸发蒸腾消耗，作物缺水量也有一定增加，水热条件的匹配状况没有得到改善[2]。国家粮食安全中长期规划(2008)提出 2010 年人均粮食消费量不低于 389 kg，2020 年不低于 395 kg 的目标。吉林省规划到 2012 年粮食增产 50 亿 kg，达到 300 亿 kg; 黑龙江省到 2015 年增产 116.5 亿 kg，达到 500 亿 kg。这就需要东北地区做出更多的努力。为此，提出如下建议。

3.1.1　调整农业结构与种植制度，充分利用农业气候资源

模拟研究表明，适当调整玉米播期，且改种植中晚熟为晚熟品种，产量可以得到提高[19]。这也是近 30 年来东北粮食在气候变暖背景下单产提高的主要原因之一。因此调整播种期，改变作物品种类型，选择适合长生长季的晚熟高产品种，调整种植制度可以有效地适应未来气候变化。未来温度增高可能进一步改善热量条件不稳定、冷害频繁发生的状况，提高复种指数，使农业生产更加稳定，产量也可以得到提高。

3.1.2　选育抗逆性强的新品种，增强农作物抵御自然灾害的能力

气候变化改变了当地的作物生长环境和条件，原有品种不能充分发挥其最大生产力，所以选育适宜气候变化趋势的新品种是农业领域适应气候变化的重要环节。品种选育要坚持适当晚熟和生育期较

长、良好抗逆性、广泛适应性的基本方向，在耐高温、耐干旱、抗病虫害、耐盐碱等方面有所突破，以利于充分利用热量资源，抵御不利的气象条件，保证高产稳产。同时积极改进育种方法和手段，开展育种协作研究，发掘和利用适应气候变化的新基因型，结合引种试验，选育出适应气候变化，具有较好适应性和高产优质的新品种。

3.1.3 调整农业生产管理措施，减小气候变化的不利影响

气候变化要求作物田间管理措施也应该做出及时相应的调整。由于温度和热量条件的变化，作物生长发育进程也会发生变化，需要开展适应新条件下的作物栽培研究。包括有效利用水资源、改进田间管理、增加灌溉和施肥、防治病虫害等，提高农业生态系统的适应能力[20]。同时要研究推广以自动化、智能化为基础的精准耕作技术，实现农业的现代化管理，降低农业生产成本，提高土地利用率和产出率。

3.1.4 加强水资源管理，提高旱涝防御能力。

用水效率低、水资源恶化、过度开采地下水等严重影响了水资源的正常循环，是东北地区水资源目前面临的重要问题。加强水资源管理是适应未来气候变化、解决农业用水不足以及水热配合受限问题的必要措施，并可提高防御干旱、洪涝的能力。加强水资源的管理和分配工作、水利基础设施的建设、发展节水农业都是必要而有效的选择[21]。

3.2 气候变化对生态环境的影响及政策建议

在全球变暖的背景下，生态环境亦在恶化。东北地区的水土流失及其西部荒漠化区域在不断扩展，土地沙化、盐碱化、植被退化和土地肥力下降。东北是国家重要的商品粮生产基地，良好的生态条件是保证粮食生产的基本前提。生态安全是一个比环境保护更为深刻和高层的概念，与适应气候变化相互依存，相互促进。为此建议如下。

3.2.1 加强生态建设，提高适应能力

加强生态环境建设是缓解气候变化不利影响的积极措施。森林具有良好的涵养水源、保持水土、吸收噪音、减缓风速等功效，农田周围的防护林一定程度上起着控制环境恶化和屏障作用，防止耕地被沙土侵蚀。同样，草地、湿地在生态系统中发挥着重要的功能。防止人类活动过度干预生态系统的架构和组分是维护生态系统健康稳定的首要原则，也是提高适应气候变化能力的有效途径。这对于东北国家商品粮生产基地而言尤为重要，即在加快发展粮食生产、保证国家粮食安全的同时，对区域生态建设给予更大的关注。同时加强农田生态系统建设，通过提高农田资源利用率，发展节水农业和肥料高效利用农业，发展秸秆还田和保护性耕作技术，实现农业生态系统的良好循环和平衡。

3.2.2 合理利用资源，发展生态经济

气候变化增加了东北地区的热量资源，但是水土资源将成为制约因素。协调粮食生产与生态建设间的矛盾将成为新的重要课题。需要更好的利用农业自然资源，尤其是水资源和土地资源，确保水资源供需平衡和生态需水，保持农田与自然植被间适当的比例关系。需要进一步改善农业发展模式和经济发展模式，适当吸收生态农业和生态经济的经验。比如针对性地进行封山育林，退耕还林还草，推广各种保护性耕作模式，改善农田土壤环境和质量；控制草畜平衡，优化畜牧业生产布局，在荒漠化草原和固定沙地采取围封休牧、季节性禁牧、划区轮牧相结合的办法，缓解草原的承载压力；对半固定和流动沙地，采取围封、造林、种草、工程措施等，进行综合治理；发展保护地农业和庭院经济，促进经济发展，运用政策调控手段解决经济利益补偿问题。

3.2.3 综合调控水源，协调生态平衡

气候变化的一个重要影响是对水循环系统的影响，会引起降水量、降水变率、蒸发以及径流等的变化。干旱和强降水是近年来不断强化的区域性灾害，东北地区同样面临着严重干旱和洪灾的威胁，也是东北地区生态建设面临的重大挑战。合理调配区域内的水资源，维修水利设施、完善其功能是抵御灾害的有效手段。要合理开发利用嫩江、松花江，乃至黑龙江的水资源，实施“北水南调、东水西调”，将嫩江、松花江的水引到东北平原西部，用于生态建设与环境治理，包括农牧业发展、城市工业和生活用水，以及补给松辽平原西部地下水等[22]。开发云水资源，适当进行人工增雨，通过缓解旱情可防治荒漠化。

3.2.4 完善监测机制，进行生态修复

东北地区自然地理单元完整，生态特征连续。建立东北地区气候变化、生态与环境变化跨省区的监测网络，特别对主要旱作粮食生产区的中部平原和生态脆弱的西部半干旱区域进行重点监测，有利于及时掌握草场退化、荒漠化变化的形势和趋势，有利于采取果断措施，对生态退化区进行及时修复。气候变化对生态系统的影响是复杂而深刻的，有些影响甚至无法恢复。及早掌握气候变化对生态环境的不利影响，进行适当的生态修复，是维护生态平衡的有效手段，也是适应气候变化的无悔选择。

参考文献

[1] 高锋, 王宝书. 全球变暖与东北地区气温变化研究[J]. 海洋预报, 2008, 25(1): 25–30

[2] 居煇, 熊伟, 许吟隆. 东北春麦对气候变化的响应预测[J]. 生态环境, 2008, 17(4): 1595–1598

[3] 谢立勇, 侯立白, 高西宁, 等. 冬小麦 M808 在辽宁省的种植区划研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2002, 33(1): 6–10

[4] 方修琦, 王媛, 徐锬, 等. 近 20 年气候变暖对黑龙江省水稻增产的贡献[J]. 地理学报, 2004, 59(6): 820–828

[5] 王宗明, 宋开山, 李晓燕, 等. 近 40 年气候变化对松嫩平原玉米带单产的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(9): 112–117

[6] 矫江, 许显斌, 卞景阳, 等. 气候变暖对黑龙江省水稻生产影响及对策研究[J]. 自然资源学报, 2008, 17(3): 41–48

[7] 张郁, 邓伟, 杨建锋. 东北地区的水资源问题、供需态势及对策研究[J]. 经济地理, 2005, 25(4): 565–568, 541

[8] 郭维栋, 马柱国, 姚永红. 近 50 年中国北方土壤湿度的区域演变特征[J]. 地理学报, 2003, 58(增): 83–90

[9] 廉毅, 高枞亭, 任红玲. 20 世纪 90 年代中国东北地区荒漠化的发展与区域气候变化[J]. 气象学报, 2001, 59(6): 730–736

[10] 佟守正, 吕宪国, 苏立英, 等. 扎龙湿地生态系统变化过程及影响因子分析[J]. 湿地科学, 2008, 6(2): 179–184

[11] 云雅如, 方修琦, 王丽岩, 等. 我国作物种植界线对气候变暖的适应性响应[J]. 作物杂志, 2007(3): 20–23

[12] 戚颖, 付强, 孙楠. 黑龙江省半干旱地区水资源利用程度评价及节水灌溉模式优选[J]. 节水灌溉, 2007(4): 7–9, 12

[13] 孟维忠, 葛岩, 于国丰. 辽西半干旱地区高效节水技术集成模式[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(5): 71–74

[14] 孙传生, 黄长海, 朱大为, 等. 东北黑土区水土保持保护性耕作措施探讨[J]. 水土保持研究, 2006, 13(5): 132–133, 136

[15] 王宝桐, 张锋. 东北黑土区水土保持耕作措施防蚀机理及效果[J]. 中国水土保持, 2008(1): 9–11

[16] 朱教君, 刘足根. 森林干扰生态研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1703–1710

[17] 张云海, 杨洪斌, 李法云. 辽宁水资源与气候变化分析及对策研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(4): 6–9

[18] 赵宗慈, 罗勇. 21 世纪中国东北地区气候变化预估[J]. 气象与环境学报, 2007, 23(3): 1–4

[19] 张建平, 赵艳霞, 王春乙, 等. 气候变化情景下东北地区玉米产量变化模拟[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(6): 1448–1452

[20] 郭明顺, 谢立勇, 曹敏建, 等. 气候变化对农业生产和农村发展的影响与对策[J]. 农业经济, 2008(10): 8–10

[21] 刘作新. 试论东北地区农业节水与农业水资源可持续利用[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1737–1742

[22] 裘善文, 张柏, 王志春. 中国东北平原西部荒漠化现状、成因及其治理途径研究[J]. 第四纪研究, 2004, 25(1): 63–73