

山东禹城地区夏玉米生长与环境因子关系的初步分析*

田育红 刘鸿雁

(北京大学环境学院生态学系,北京 100871)

陆佩玲

(北京林业大学资源与环境学院,北京 100083)

20 世纪 80 年代中期以后,水分利用效率成为旱地农业和节水农业中的研究热点之一,但已有研究多侧重气候、土壤、品种因素对水分利用效率的影响,以及农艺措施对水分利用效率的改善,且多将水分利用效率作为衡量农业生产合理性的指标,对水分利用效率的机理缺乏深入研究,特别在土壤-植物系统水分动力学、蒸腾-光合优化调控关系、根-冠关系以及水分利用效率生理学等与改善水分利用效率有关的基础研究方面工作薄弱,理论上尚无较大突破。

对农作物的生理因子与环境因子之间关系,大部分研究工作立足于建立环境因子与作物生理因子之间的定量关系模型^[1-5]。从作物整个生长发育过程综合考虑多个环境因子的影响,并且利用多元统计方法定量分析环境因子对作物生理活动影响的研究工作在国内尚不多见。

本文依据中国科学院禹城综合试验站的观测结果,建立了夏玉米各个生育时期光合速率、蒸腾速率、气孔导度和水分利用效率与环境因子空气温度、空气湿度、光合有效辐射的关系,得出各个生育时期光合速率、蒸腾速率、气孔导度、水分利用效率与空气温度、空气湿度、光合有效辐射之间的偏相关系数,分析了各个生育时期对光合速率、蒸腾速率、气孔导度影响最大的因子和对水分利用效率有较大影响的因子,旨在更好地为改进生产措施、提高作物产量服务。

1 研究区域和研究方法

1.1 实验区的自然地理条件

实验在中国科学院禹城综合试验站进行。该站位于山东省禹城市石屯乡,地貌类型为黄河冲积平原,属温带半湿润季风气候区,四季分明,春秋旱多风,蒸发强烈,夏季湿润多雨,集中了年降水量的 70% 以上,多年平均降水量为 600 mm。该地区光热资源充足,水分则较为缺乏,干旱等自然灾害频繁,但生产潜力很大,在黄淮平原具有典型性和代表性。

* 本研究由中国科学院禹城综合试验站开放课题资助。

2002-05-20 收到,2003-03-15 收到修改稿。

1.2 实验所用的材料与方 法

在夏玉米的六个生育时期(七叶期、拔节期、孕穗期、抽穗期、开花期、乳熟期)内(1998年6月初~8月底),选择晴天天气测定田间叶片的光合速率(P)、蒸腾速率(E)、气孔导度(C)等生理要素和相应的环境要素,包括光合有效辐射(R)、空气温度(T)、空气相对湿度(f)。每个生育期测定20~30天,每天从上午8:00开始至下午18:00结束,大约每2小时观测一次,同一植株上随机选取2~5个叶片的上表面测定,使用的仪器为美国CID公司生产的CID-301 PS型CO₂气体分析仪。最后测得的有效样本数七叶期为85个,拔节期为88个,孕穗期为147个,抽穗期为75个,开花期为72个,乳熟期为65个。

由于所研究的因子之间的关系都不是简单的线性关系,因此在分析因子之间两两关系时采用了偏相关分析的手段。根据观测数据,应用SPSS for Windows软件对夏玉米生理因素与环境因子的关系进行统计分析,得出各个环境因子对三个生理因子及水分利用效率的影响程度。

2 结 果

2.1 各个生育时期生理因子与环境因子的相关关系

将三个生理因子和三个环境因子中的两个环境因子作为控制因素,求得另一个环境因子与生理因子之间的偏相关系数(表1)。

表1 不同生育时期生理因子与环境因子之间的偏相关系数

		T	R	f
七叶期	P	0.3088 ^{**}	0.2982 ^{**}	0.4394 ^{**}
	E	0.5383 ^{**}	0.2942 ^{**}	0.2177 [*]
	C	0.3207 ^{**}	-0.1420 [#]	0.5170 ^{**}
拔节期	P	0.5930 ^{**}	0.3253 ^{**}	0.5809 ^{**}
	E	0.8059 ^{**}	-0.0494 [#]	0.8263 ^{**}
	C	0.8027 ^{**}	-0.4296 ^{**}	0.8923 ^{**}
孕穗期	P	0.5183 ^{**}	0.5743 ^{**}	0.5137 ^{**}
	E	0.4926 ^{**}	0.5664 ^{**}	0.1526 [#]
	C	0.4853 ^{**}	0.2295 ^{**}	0.4246 ^{**}
抽穗期	P	-0.1003 [#]	0.7490 ^{**}	-0.0653 [#]
	E	0.5983 ^{**}	0.7280 ^{**}	0.0866 [#]
	C	-0.1868 [#]	0.4824 ^{**}	0.2713 [*]
开花期	P	-0.1688 [#]	0.6452 ^{**}	-0.3611 ^{**}
	E	0.4322 ^{**}	-0.0168 [#]	-0.0133 [#]
	C	0.2887 [*]	-0.2003 [#]	0.0338 [#]
乳熟期	P	0.3742 ^{**}	0.7557 ^{**}	0.1904 [#]
	E	0.4664 ^{**}	0.4867 ^{**}	-0.3620 ^{**}
	C	0.3400 ^{**}	-0.1244 [#]	0.2889 [*]

表示显著水平低于95%,不相关;* 表示显著水平在95%~99%之间,较显著相关;

** 表示显著水平高于99%,明显显著相关。

从表1可以看出, T 对 P 除了在抽穗期和开花期作用很弱外,其他时期作用明显; T 对 E 在整个生长发育过程中都是显著相关的; T 对 C 的作用除了抽穗期和开花期影响不

显著外,其他时期都非常显著。 R 在整个生长发育过程中对 P 均起到非常显著的作用,除了七叶期和拔节期,其他阶段 R 对 P 的作用都是最大; R 对 E 的作用也较为强烈,除了拔节期,其他时期均有显著的作用并在大部分时期是影响最大的因子; R 对 C 的作用则相对来说弱得多,并且作用不稳定,有时候是促进作用,有时候则是抑制作用(如拔节期)。 f 的作用总体上比较弱。尤其是在后期几乎不产生什么显著影响,其中对 P 的影响在前三个时期都是非常显著的促进作用,在开花期则出现显著的抑制作用; f 对 E 的作用除了拔节期和乳熟期分别呈现显著的正相关关系和负相关关系外,其他时期均几乎没有显著作用,在前三个时期 f 对 C 有非常显著的促进作用,在前两个时期其作用还大于其它两个环境因子。

按照各个生理因子与环境因子相关性的顺序,对 P 、 E 、 C 的影响最大的因子在七叶期分别是 f 、 T 、 f ,在拔节期分别是 T 、 f 、 f ,在孕穗期分别是 R 、 R 、 T ,在抽穗期分别是 R 、 R 、 R ,在开花期分别是 R 、 T 、 T ,在乳熟期分别是 R 、 R 、 T 。

2.2 不同生育时期水分利用效率(WUE)的影响因子分析

根据观测结果推断单叶水分利用效率的变化。水分利用效率为每蒸腾一定量的水所同化的 CO_2 的量,亦即光合速率和蒸腾速率的比值^[6]。

图1是各个生育时期WUE均值的变化。从图1可以看出,在整个生育期,WUE的值是逐渐增加的,说明夏玉米对水分的利用效率越来越高。

WUE与不同时期环境因子之间的偏相关分析表明,在整个生育期,温度与WUE有较为强烈的负相关关系,光强在整个生育期都是对植物的水分利用率有促进作用,但除了抽穗期和开花期作用很强外,其他时期的作用都可忽略不计;空气湿度在七叶期对WUE有较强的促进作用,在拔节期有很强的抑制作用,其他时期的作用可忽略不计。

为了弄清楚各个生育期气孔导度 C 对水分利用效率的影响大小以及 P 和 E 的贡献率,对夏玉米各个生育期做出WUE与 P 、 E 、 C 的偏相关系数(表2)。结果表明孕穗期蒸

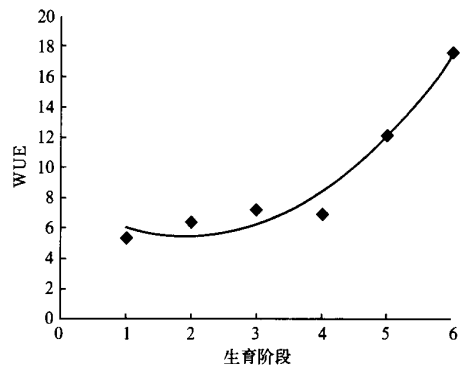


图1 各个生育时期WUE均值的变化
(图中1~6代表从七叶期到孕穗期的六个阶段,具体见文中说明)

表2 WUE与 C 、 P 、 E 的偏相关系数

偏相关系数		C	P	E
七叶期	WUE	0.0027 [#]	0.6640 ^{**}	-0.7683 ^{**}
拔节期	WUE	0.1725 [#]	0.5798 ^{**}	-0.5865 ^{**}
孕穗期	WUE	-0.3046 ^{**}	0.4218 ^{**}	-0.1208 [#]
抽穗期	WUE	-0.0002 [#]	0.7834 ^{**}	-0.7574 ^{**}
开花期	WUE	-0.2699 ^{**}	0.6408 ^{**}	-0.3924 ^{**}
乳熟期	WUE	-0.2393 ^{**}	0.4584 ^{**}	-0.3770 ^{**}

表示显著水平低于95%,不相关; * 表示显著水平在95%~99%之间,较显著相关;

** 表示显著水平高于99%,明显显著相关。

腾作用 E 对 WUE 的贡献率很低,可以忽略不计,而气孔导度 C 所起的抑制作用却很高,另外在开花期和乳熟期气孔导度 C 对 WUE 也有很强的抑制作用。

3 结 论

(1) 环境因子在各个时期对生理因子的影响各不相同,温度 T 在整个生育期对生理因子的作用都非常强烈,除了抽穗期对 P 和 C 以及开花期对 P 的影响可以忽略外;光合有效辐射 R 和空气相对湿度 f 在整个生育期对生理因子的作用相对较弱,其中七叶期 R 对 C ,拔节期 R 对 E ,孕穗期 f 对 E ,抽穗期 f 对 P 、 E ,开花期 R 和 f 对 E 、 C 以及乳熟期 R 对 C 和 f 对 P 的作用都较弱,可以忽略不计。

(2) 夏玉米对水分的利用效率随着生育期的增长而逐渐提高。

(3) 环境因子整体上对 WUE 的影响较弱,孕穗期和乳熟期基本上没有具体明显作用的因子,除此之外其他时期温度总是起着或弱(七叶期和开花期)或强(拔节期和抽穗期)的抑制作用,空气相对湿度也只在拔节期出现强烈的抑制作用,在七叶期、开花期和乳熟期都是对 WUE 起到显著的促进作用。

(4) 生理因子中蒸腾作用在孕穗期对水分利用率几乎不起作用,而气孔导度在孕穗期、开花期和乳熟期对水分利用率都表现出强烈的负相关关系。

参 考 文 献

- 1 陆佩玲,罗毅,刘建栋,等. 华北地区冬小麦光合有效辐射的光响应曲线的特征因子. 应用气象学报,2000,11(2): 236 ~ 241.
- 2 Yu Qiang, Wang Tianduo. Simulation of the physiological responses of C_3 plant leaves to environmental factors by a model which combines stomatal conductance, photosynthesis and transpiration. *Acta Botanica Sinica*, 1998, 40(8): 740 ~ 754.
- 3 王玉辉,周广胜. 羊草叶片气孔导度对环境因子的响应模拟. 植物生态学报,2000,24(6): 739 ~ 743.
- 4 Zhang Guihua, Yao Fengmei. Simulating leaf net CO_2 assimilation rate of C_3 & C_4 plants and its response to environmental factors. *Journal of Forestry Research*, 2001, 12(1): 9 ~ 12.
- 5 孙玉亭,孙孟梅,姜丽霞. 温度对玉米生长和发育综合影响的评价模型. 资源科学,1999,21(1): 63 ~ 70.
- 6 阎秀峰. 大豆叶片的光合速率和水分利用效率. 大豆科学,1990, 9(3): 221 ~ 227.

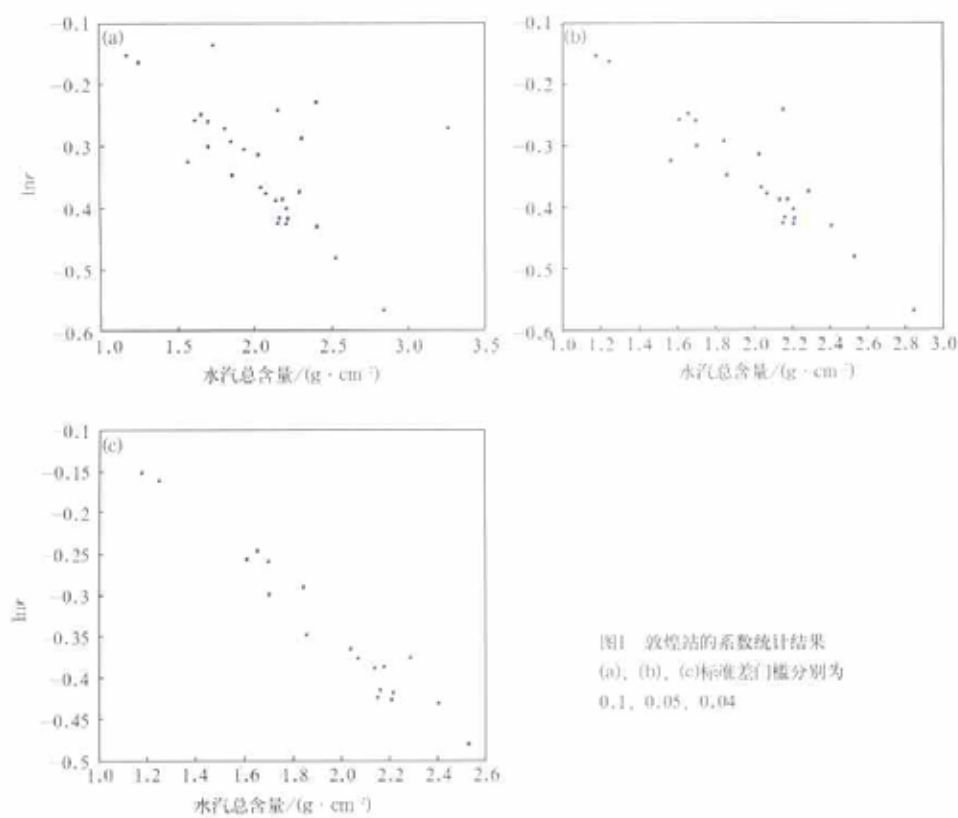


图1 敦煌站的系数统计结果
(a)、(b)、(c)标准差门槛分别为
0.1、0.05、0.04

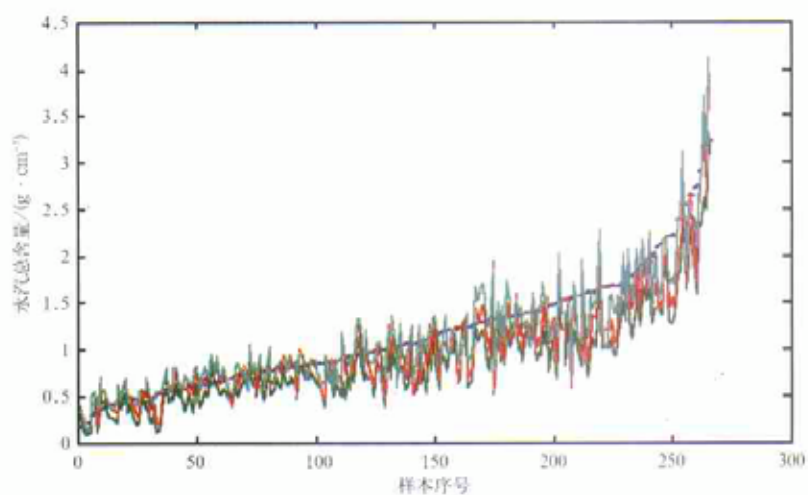


图2 独立样本真实性检验所得反演结果偏差

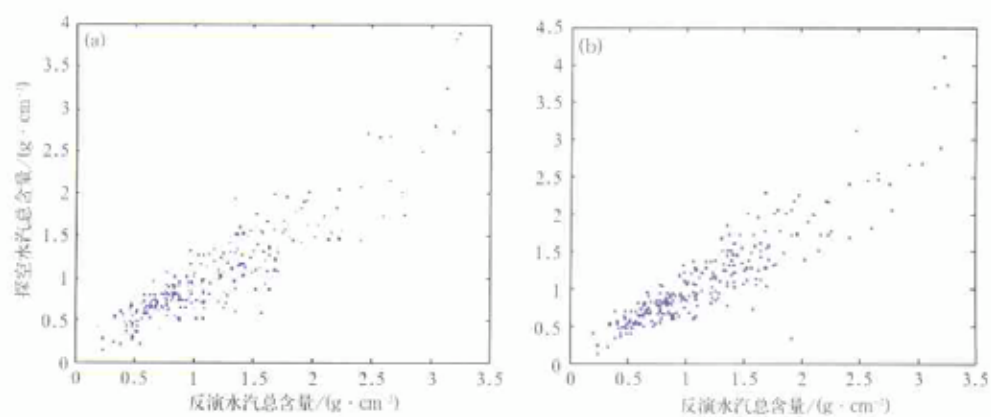


图3 独立样本真实性检验所得反演结果与实况之间的相关系数
(a)、(b)分别为分区系数和单站系数计算结果

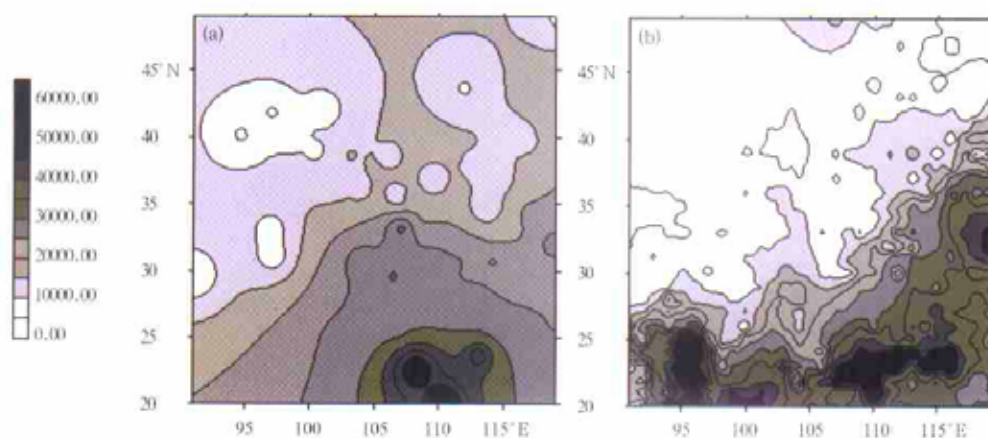


图4 用2001-05-13的探空资料算出的水汽总含量(a)
和用FY-1C资料反演出的水汽总含量(b)

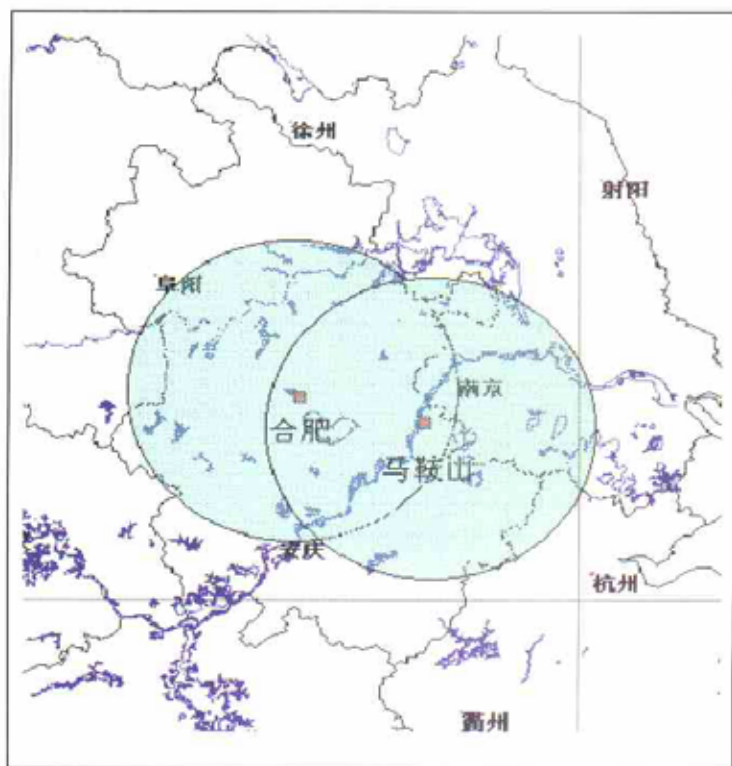


图1 合肥-马鞍山双多普勒雷达示意图

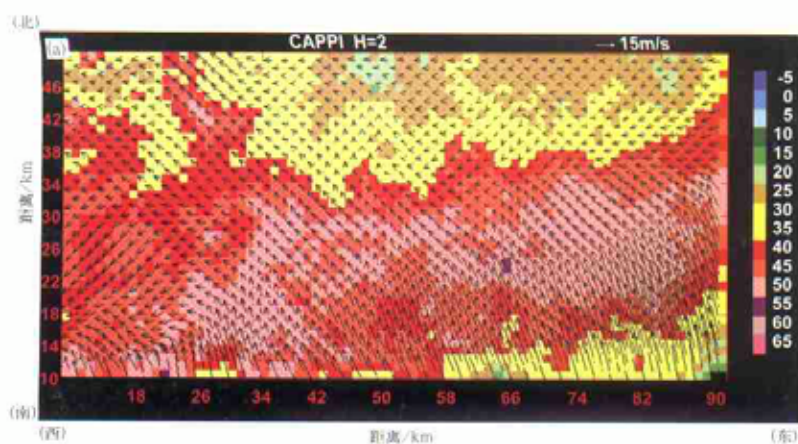
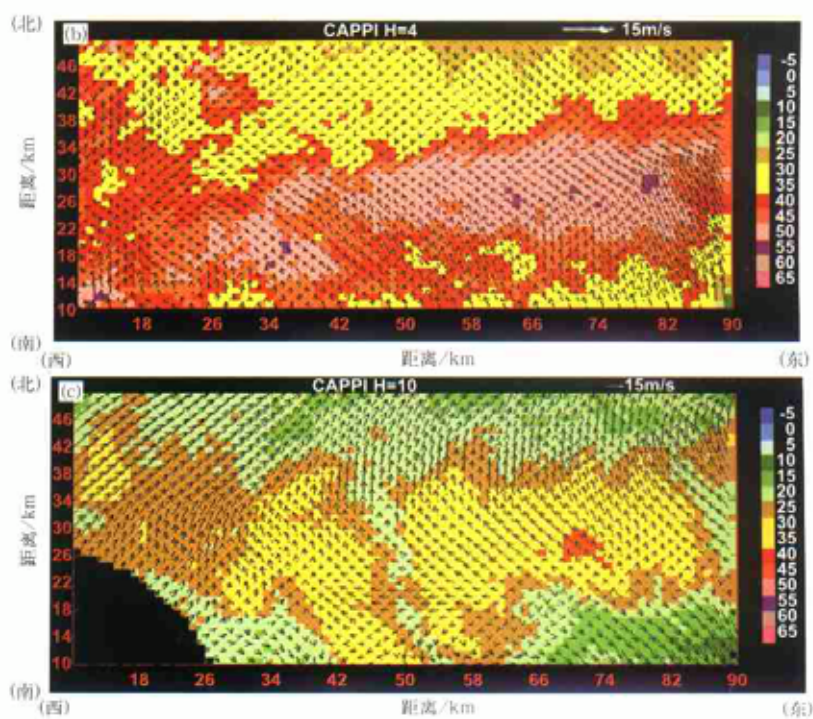


图2 13日20:11不同高度的水平风场结构
(a) $H=2$ km, (b) $H=4$ km, (c) $H=10$ km



续图 2

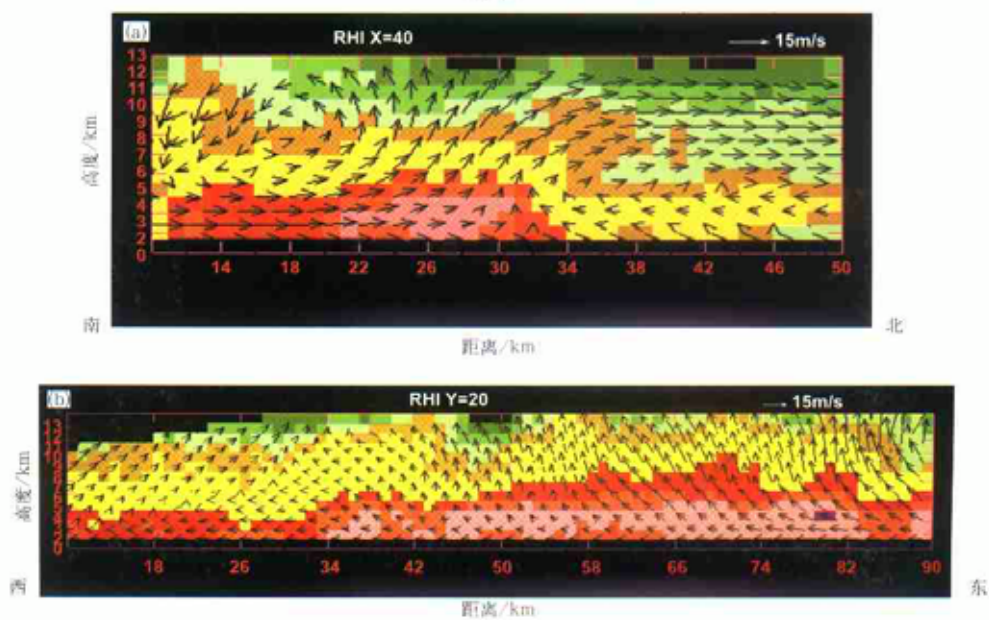


图3 风场的垂直结构 (a) 为南北方向垂直剖面 $X=50$, (b) 为东西方向的垂直剖面 $Y=30$