

覆盖免耕夏玉米耗水特性的研究

张海林¹, 陈 阜¹, 秦耀东², 朱文珊¹

(11 中国农业大学作物学院; 21 中国农业大学资源与环境学院)

摘 要: 以无覆盖翻耕、无覆盖铁茬等常规耕作作为对照,对覆盖免耕夏玉米的耗水特性进行了研究。结果表明耕作并没有大幅度增加或者减少夏玉米的耗水量,不同耕法夏玉米耗水量差异不大;同翻耕、铁茬等相比,覆盖免耕夏玉米耗水在时间和空间分配上有所改变,即覆盖免耕夏玉米前期耗水少,后期耗水量增加,蒸散量加大,而且覆盖免耕有效地减少土壤棵间蒸发,却增加了作物的蒸腾量,变非生产性耗水为有效耗水,有利于夏玉米产量和水分利用效率的提高。

关键词: 免耕; 覆盖; 夏玉米; 耗水特性

中图分类号: S513; S606⁺ 1 文献标识码: A 文章编号: 100226819(2002)0220036205

覆盖免耕能够减少土壤侵蚀,提高土壤有机质,增强土壤生物活动,提高土壤水分入渗率,改善土壤结构,为作物取得高产、稳产奠定基础^[1~5]。国外很多研究认为,免耕法之所以能够提高作物产量是由于土壤剖面土壤水分的提高^[6~8]。国内外对免耕法水分的研究取得了很大的进展,但由于条件、手段不同,所得结论并不一致,部分机理尚未搞清。耕作改变了土壤存在的界面特征,导致水分收支不同,引起作物耗水特性的不同。据美国内布拉斯加州的统计资料,常规耕作下作物苗期的蒸发失水占同期作物耗水量的 88%,而免耕条件下只占 57%;Bergh 等(1995)研究发现免耕法有效地减少了土壤蒸发,加上免耕法作物长势差,所以其耗水量较翻耕等常规耕法耗水量低;但也有不少研究认为免耕法作物长势好,所以耗水量增加^[9,10]。对于常规耕作夏玉米耗水特性的研究国内外都作了很多工作,而覆盖免耕条件下夏玉米耗水特性的研究还不多见,搞清免耕夏玉米耗水特性,有效地进行水分调控,发挥其节水潜力,对于节水农业具有重要意义。

1 材料与方法

本试验在中国科学院禹城试验站进行,禹城地区地处黄淮海平原的中部(东经 114°36',北纬 36°56'),属暖温带半湿润季风气候,多年平均降雨量为 525.15 mm,蒸发量为 927 mm,夏季湿润多雨,集中了年降雨量的 70% 以上,年际降水变率较大,降雨季节分配不均。供试土壤为粉砂土,肥力较高,表 1

列举了试验地土壤的养分特性。

表 1 试验地土壤养分特性
Table 1 Soil nutrition condition of field plots
mg · kg⁻¹

层次 Öcm	全氮	碱解氮	速效钾	速效磷	有机质 Ö%
0~ 10	01074	37195	115	6219	0188
10~ 20	01064	30158	90	39162	0194
20~ 30	01045	27199	65	23132	0169

试验设覆盖免耕(简称覆免,下同),无覆盖铁茬(简称铁茬,下同)和无覆盖翻耕(简称翻耕,下同)处理,小区面积为 100 m²,3 次重复。

1) 覆免,前茬作物收获后,不翻耕土地,直接开沟播种玉米,喷洒除草剂,尔后将切碎的秸秆均匀盖于地表,施秸秆 6 000 kg Öhm⁻²。

2) 铁茬,前茬作物收获后,不翻耕土地,直接播种玉米,秸秆不还田。

3) 翻耕,前茬作物收获后,将与覆免田等量的秸秆翻于 10~ 20 cm 的土层内,整平后进行播种。以上各处理的其它田间管理措施均相同(见表 2)。

测试项目包括土壤水分特征曲线,饱和导水率,土壤容重、土壤水分、110 cm 和 90 cm 处土壤水势、土壤棵间蒸发等。

土壤水分特征曲线高吸力采用压力薄膜法测定,低吸力采用悬挂水柱法测定,饱和导水率采用定水头虹吸法测定^[11]。

土壤容重:不同生育期(苗期-拔节、拔节-抽雄、抽雄-灌浆)分别测定不同耕法的耕层土壤(0~10,10~ 20,20~ 30 cm)容重,取样后,105 °C 烘干至恒重。

收稿日期: 2001210208 修订日期: 2002202225
基金项目: 中国科学院禹城试验站开放课题
作者简介: 张海林(1973-),男,博士,从事土壤质量与可持续管理研究; 圆明园西路 2 号,中国农业大学作物学院,100094

表 2 水肥管理措施

Table 2 Managements of applying water and fertilizer

年份	品种	灌水量mm				施肥(尿素)ökkg·hm ⁻²	
		底墒水	拔节水	抽雄水	灌浆水	拔节肥	孕穗肥
1997	农大 1236	50	50	100	-	150	225
1998	0438	-	-	-	50	150	225
1999	9221	50	-	-	-	150	225
2000	9221	-	-	-	-	150	225

土壤含水率: 使用中子仪配合土钻法测定, 30 ~ 100 cm 每 10 cm 测定使用土钻取土, 105 烘干 8 h, 1% 电子天平称量计算。100~ 200 cm 使用中子仪每 20 cm 测定, 每 5 d 测定一次, 降雨、灌溉前后进行加测。

土壤蒸发用自制的小型蒸渗仪(Micro2 Lysimeter)(高 15 cm, 直径 10 cm 的 PVC 管制成, 体积 1 17715 cm³), 早 5 00 田间取原状土(减少太阳辐射蒸发损失)塑料袋封底, 用感量为 1 g 的电子天平称质量, 然后置于田间, 次日称量总土壤质量, 其质量损失即为当天的棵间蒸发量, 每隔 2~ 3 d 换土, 视天气情况而定(该型号的Micro2lysineter 每损失 1 g 水分, 蒸发量为 01013 mm)^[12, 13]。

蒸散量的计算采用土壤水分平衡法计算, 因夏玉米的根系主要分布在 1 m 以内, 所以本文土壤水分变化主要计算 1 m 土体内的水分变化。

$$SW = P + I \pm U - ET$$

式中 \$W\$ ——土壤水分的变化, 通过土壤水分测定获得; \$P\$ ——降雨量; \$I\$ ——灌溉量; \$U\$ ——为土壤水分上行或下行量, 采用定位通量法计算; \$ET\$ ——蒸散量(耗水量)。土壤水分特征曲线、土壤饱和和导水率采用 Van Genuchten 模型(1980)进行拟合^[14]

$$H = \begin{cases} 01127\ 2 + \frac{01421\ 2}{[1 + (01118\ 1BhB)^{11520\ 45}]^{01342\ 3}} \\ (0 \sim 20\ \text{cm}) \quad R^2 = 01973\ 23 \\ 01135\ 3 + \frac{01421\ 8}{[1 + (01009\ 51BhB)^{11399\ 34}]^{01285\ 4}} \\ (20 \sim 80\ \text{cm}) \quad R^2 = 01927\ 83 \\ 01123\ 9 + \frac{01460\ 2}{[1 + (01007\ 67BhB)^{11387\ 84}]^{01279\ 2}} \\ (> 80\ \text{cm}) \quad R^2 = 01907\ 82 \end{cases}$$

$$K_s = \begin{cases} 681985\ 8\ \text{cm Öd} & (0 \sim 20\ \text{cm}) \\ 941728\ 5\ \text{cm Öd} & (20 \sim 80\ \text{cm}) \\ 51028\ 51\ \text{cm Öd} & (> 80\ \text{cm}) \end{cases}$$

$$K(h) = \begin{cases} \frac{[1 - (01118\ 1h)^{01520\ 45}][1 + (01118\ 1h)^{11520\ 45}]^{01342\ 3}}{[1 + (01118\ 1BhB)^{11520\ 45}]^{01342\ 362}} K_s \\ (0 \sim 20\ \text{cm}) \quad R^2 = 01961\ 32 \\ \frac{[1 - (01095\ 1h)^{01399\ 34}][1 + (01095\ 1h)^{11399\ 34}]^{01285\ 4}}{[1 + (01009\ 51BhB)^{11399\ 34}]^{01285\ 462}} K_s \\ (20 \sim 80\ \text{cm}) \quad R^2 = 01920\ 81 \\ \frac{[1 - (01007\ 67h)^{01387\ 84}][1 + (01007\ 67h)^{11387\ 84}]^{01279\ 2}}{[1 + (01007\ 67BhB)^{11387\ 84}]^{01279\ 262}} K_s \\ (> 80\ \text{cm}) \quad R^2 = 01906\ 82 \end{cases}$$

式中 \$H\$ ——土壤体积含水率; \$h\$ ——土水势, cm; \$K_s\$ ——土壤饱和和导水率, cm öd; \$K(h)\$ ——土壤非饱和和导水率; \$R\$ ——回归系数。

2 结果与分析

211 不同耕法夏玉米耗水量(ET)

从总耗水量看, 耕作方式并没有大幅度增加或减少作物的耗水总量, 不同耕法间的夏玉米耗水量相近(见表 3)。总体上, 覆免耗水量最低, 铁茬其次, 翻耕最高。一般干旱年份, 覆免节水效果明显, 如 1999 年覆免比翻耕少耗水近 30 mm, 经统计分析不同耕法间 5% 水平差异显著; 而丰雨年(2000 年)或干旱补充灌溉的情况下(1997 年)等水分供应比较正常情况下, 不同处理间耗水量相近, 无明显差异。4 年平均翻耕比覆免多耗水 18 mm, 比铁茬多耗水 14 mm。按照节水的百分比计算, 1998 年与 1999 年覆免比翻耕少耗水 8%, 4 年平均少耗水 4%。从夏玉米阶段耗水看(见图 1), 不同耕法不同生育时期耗水有所不同, 差异主要在夏玉米的生长前期, 覆免前期耗水量较少, 特别是玉米未封垄(大喇叭口)前, 而后期耗水量与其他两耕法类似, 甚至有时超过其他两处理的耗水量。引起夏玉米耗水差异主要是由于农田蒸散在作物生长前期以土壤棵间蒸发为主, 此时覆免田有秸秆覆盖, 有效地减少了土壤蒸发, 而铁茬、翻耕地表裸露, 土壤蒸发强烈; 当夏玉米封垄后, 农田蒸散主要以夏玉米的蒸腾为主, 覆免作物长势好, 耗水量大, 所以后期有超过其他两处理的趋势。因而, 单纯从总的耗水量上讨论不同耕法的耗水差异还不能反映耕作对夏玉米耗水规律的影响。

表 3 不同耕法夏玉米总耗水量(ET)

Table 3 Total water consumption of summer corn under different tillage methods mm

	铁茬	翻耕	覆免
1997	439115	434129	441115
1998	360104	374181	345126
1999	339125	364104	336153
2000	311112	318119	312177
平均	362139	376158	358193

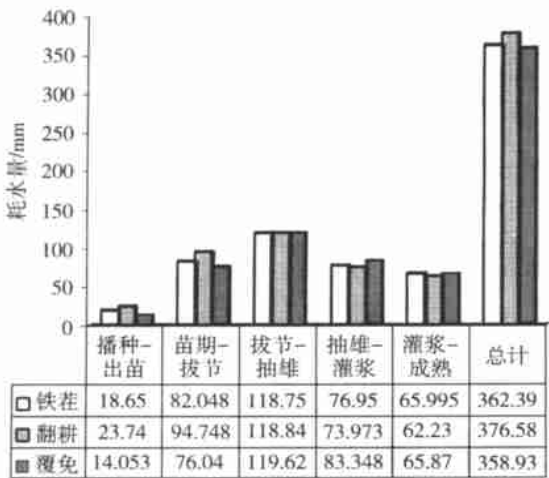


图 1 不同耕法夏玉米阶段耗水量(1997~ 2000 年平均)
Fig 1 Water consumption of summer corn for different phrases under different tillage methods (average of 1997~ 2000)

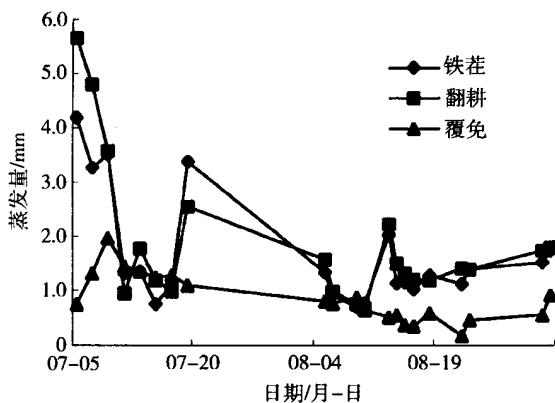


图 2 不同耕法夏玉米生育期内土壤蒸发(1997)
Fig 2 Soil evaporation dynamics in summer corn phrases under different tillage methods (1997)

2 2 不同耕法土壤蒸发变化

对 1997 年不同耕法土壤裸间蒸发日蒸发量(见图 2)进行分析, 总体上覆免由于秸秆的覆盖裸间日

蒸发量低于其他两耕法。在夏玉米生长的前期(作物封垄以前)覆免能有效地抑制土壤蒸发, 日蒸发量明显小于其它两耕法。覆免日蒸发量在 2mm 以下, 而翻耕、铁茬均超过了 3 mm, 翻耕最高时接近 6 mm; 随夏玉米的生长发育, 不同耕法间土壤蒸发差异逐渐变小, 7 月 12 日~ 19 日, 8 月初等阶段不同耕法间的蒸发量基本相同, 有时会出现覆免蒸发量甚至超过其它耕法, 最终表现出 3 种耕法蒸发差异不大。另外, 从裸间蒸发日变化看, 覆免变化比较稳定, 一般在 1 mm 左右, 而没有覆盖的翻耕与铁茬变化比较剧烈, 特别是降雨或灌溉后(7 月 18 日), 蒸发量迅速增大, 而覆免一直比较稳定。

不同耕法蒸发日变化的差异可以用土壤蒸发的阶段理论解释。稳定蒸发阶段, 受大气蒸发力控制, 中耕或覆盖是减少水分损失的重要措施, 所以降雨和灌溉后, 覆免由于秸秆的作用, 日蒸发量变化稳定且较低; 蒸发率降低阶段受土壤导水率控制, 理论上该阶段降低蒸发难度较大, 不同耕法由于改变了土壤的孔隙状况和土壤的导水率, 尽管该阶段降低蒸发较为困难, 但耕作措施造成了不同土壤物理性状, 土壤蒸发状况不一样, 覆免仍表现较低的土壤蒸发率; 蒸发率最低阶段主要是过于干旱后土壤形成干土层减少蒸发量, 翻耕与铁茬土壤含水率降低到一定程度形成了干土层, 土壤蒸发在某种程度受到抑制, 日蒸发量会接近覆免, 甚至低于覆免。

2 3 不同耕法夏玉米耗水组成

图 3 是不同耕法夏玉米不同时期裸间蒸发和蒸腾量, 其中 1998 年和 2000 年为 Micro 2 lysimeter 实测结果, 1997 年与 1999 年的结果因数据不全, 是按照 1998 年和 2000 年不同时期不同处理占该阶段比例进行的估算。比较 1998 与 2000 年两年的实测结果, 总体差异不大, 变化趋势一致, 覆免减少了裸间蒸发的比例, 增加了作物的蒸腾耗水, 1998 年蒸散组成铁茬蒸发约为 47%, 蒸腾为 53%; 翻耕蒸发为 51%, 蒸腾为 49%; 覆免蒸发为 39%, 蒸腾为 61%; 2000 年蒸散组成铁茬蒸发约为 4616%, 蒸腾为 5314%; 翻耕蒸发为 5319%, 蒸腾为 4611%; 覆免蒸发为 3118%, 蒸腾为 6812%。从蒸发、蒸腾占总耗水量的比例来看, 总体趋势是各耕法夏玉米生育前期(抽雄吐丝前)蒸发的比例较大, 后期减小; 而蒸腾的比例前期较小, 中后期增大, 到夏玉米抽雄吐丝期达到高峰, 此时覆免的蒸腾量占夏玉米总蒸散的 20% 多, 铁茬也达到 18% 左右, 随后减少。

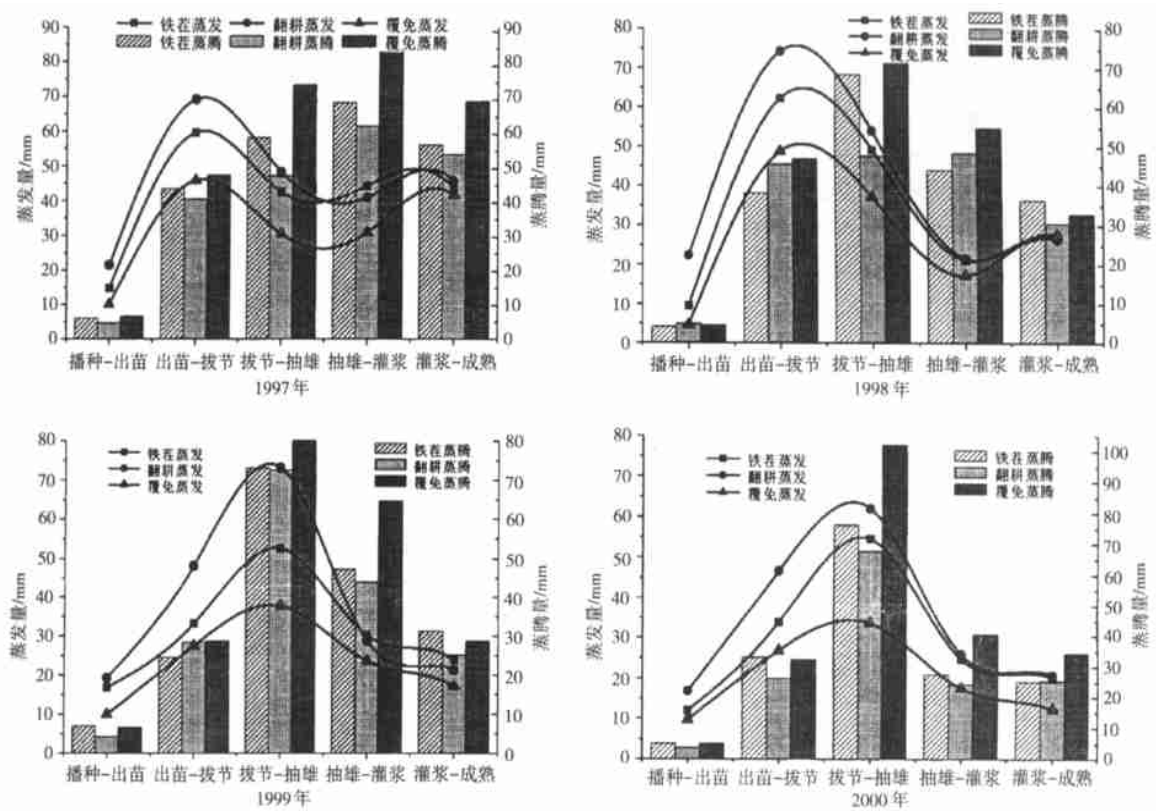


图 3 不同耕法夏玉米耗水组成

Fig 3 Composition of summer corn water consumption under different tillage methods

3 结论与讨论

1)从总的耗水量上看,不同耕法夏玉米耗水量多年平均差异不大,个别干旱年份差异较大,而正常平水年和丰雨年耗水量基本没有什么差异。

2)与常规耕作相比,覆盖免耕夏玉米耗水在时间和空间分配上有所改变。时间上,覆盖免耕夏玉米前期耗水少,后期耗水量较大,蒸散量加大;空间上,覆盖免耕有效地减少土壤棵间蒸发,而增加了作物的蒸腾量,变非生产性耗水为有效耗水,有利于夏玉米产量的提高。

3)本研究仍处于定量化描述阶段,缺乏模型模拟及验证,该工作是下一步研究的重点,对于指导覆盖免耕夏玉米水分生产具有十分重要的意义。另外如何根据覆盖免耕夏玉米的耗水特性,对覆盖免耕夏玉米水分利用进行调控,充分发挥其节水潜力,还有待进一步研究。

[参 考 文 献]

[1] 朱文珊 地表覆盖种植与节水增产[J] 水土保持研究, 1996, 3: 141~ 145

[2] Cannel R Q, Hawes J D. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special

reference to temperate climate [J] Soil and Tillage Res, 1994, 30: 245~ 282

[3] Papendick R I, Parr J F. The way of the future for a sustainable dryland agriculture [J] Annals of Arid Zone, 1997, 36: 193~ 208

[4] Reeves D W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems [J] Soil and Tillage Res, 1997, 43: 131~ 167.

[5] West L T. Cropping system and consolidation effects on rill erosion in the Georgia Piedmont [J] Soil Sci Soc Am J, 1992, 56(4): 1238~ 1243

[6] Blevins R L, et al Influence of no-tillage on soil moisture [J] Agron J, 1971, 41: 796~ 807.

[7] Witmus H, A Yazar Moisture storage Water use and corn yield for seven tillage systems under water stress [A] Proceedings of Crop Production with Conservation Tillage in the 80 s [C] St Joseph M I, 1980, ASA E

[8] Jones O R, Hanser V L. No-tillage effects on infiltration, runoff and water conservation on dryland [J] American Society of Agriculture Engineers, 1994, 37(2): 473~ 479

[9] 车建明, 刘洪禄 耕作制度对土壤水及其利用的影响 [J] 北京水利, 2000, 6: 20~ 22

- [10] Bergh R G, García F O, Ferrari J L, et al Fate of nitrogen under no-tillage and conventional tillage systems in the southern "Pampas" of Argentina[C]. 1995, Agronomy Abstracts ASA CSSA SSSA. Annual Meetings Madison WI USA.
- [11] 华 孟, 王 坚 土壤物理学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993
- [12] 王会肖, 刘昌明, 袁小良 小麦棵间蒸发 Micro-Lysimeter 测定分析[A]. 土壤2作物2大气系统水分运动试验研究[C]. 北京: 气象出版社, 1997.
- [13] 孙焱鑫 应用 Micro-Lysimeter 研究冬小麦根系吸水特性[D]. 中国农业大学, 1997.
- [14] Van Genuchten M TH. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils[J]. Soil Sci Soc Am J, 1980, 44: 892~ 898

Water Consumption Characteristics for Summer Corn Under Under No-Tillage With Mulch

Zhang Hailin¹, Chen Fu¹, Qin Yaodong², Zhu Wenshan¹

(1College of Crop Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Taking conventional tillage and direct drilling without mulch as CK, this paper discussed water consumption characteristics of summer corn under no-tillage with mulch. Results show that water consumption with less differences among the treatments. Tillage did not increase or reduce water consumption of summer corn too much. Compared with conventional tillage and direct drilling, water use of summer corn under no-tillage with mulch varied in time and space scale, i.e., no-tillage with mulch reduced water use in summer corn and increased water consumption in late phase; and decreased soil evaporation and increased corn's transpiration, which increase summer corn yield and water use efficiency.

Key words: no-tillage with mulch; summer corn; water consumption characteristics

《农业工程学报》2002 年第 5 期英文论文征稿启事

《农业工程学报》是由中国科学技术协会主管, 由中国农业工程学会主办的国家一级学术期刊。双月刊, 每逢单月 25 日出版, 由各地邮局征订发行。中文核心期刊, 已被国内外 15 家著名文献检索数据库收录, 如美国的 EI 英国的 CAB International Agriculture Publication Online (出版在线)、中科院引文数据库、清华大学编辑的中国学术期刊光盘版数据库等。为促进国内外学术交流, 扩大学报知名度, 为争取进入更多的知名数据库, 本刊编委会决定, 继 2001 年第 1 期之后, 2002 年《农业工程学报》第 5 期仍拟将以英文正文附中文摘要形式集中向国内外介绍中国农业工程科技和教育的发展情况和最新研究成果。

英文辑刊登内容与学报报道的范围一致, 主要包括: 农业水土工程, 农业机械与农业机械化工程, 农村能源与生物环境工程, 农产品加工与贮运

工程, 农业自动化与农业信息技术及相关领域的技术基础理论、土地整理工程等方面, 特别征集能反映我国农业工程某一领域发展情况的综述文章和具有原创性成果的论文。

来稿要求:

1. 请欲投稿的作者务于 2002 年 7 月 15 日以前将已经英文表达审查修改定稿的英语论文寄到本刊编辑部。

2. 来稿要求文字精练, 语句通顺, 论点明确, 数据可靠。每篇论文字数在 8000 词以内(约大 16 开 6 页内), 来稿须按标题名、作者姓名(汉语拼音)、单位、摘要、关键词、论文正文、参考文献及详细中文摘要(包括研究的目的、方法、结果和结论)的顺序书写, 获得各种基金资助的论文请注明基金名称及资助编号。

(下转第 48 页)