应用DSSAT模型预测宁夏春小麦产量演变趋势

杨 勤[1],许吟隆[2],林而达[2],熊 伟[2],陈晓光[3]
(1.宁夏气象台,宁夏 银川 750002;2.中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所,北京 100081;
3.青海省气象局,青海 西宁 810001)

摘 要:对DSSAT作物模型中的CERES-Wheat小麦模型,在排除虫害和病害影响条件下,以宁夏永宁站永良4号春小麦为样本进行品种参数调试及模拟验证,确定品种参数。宁夏平罗站同一品种15年生育期特征及潜在产量模拟验证结果表明,产量值、开花天数预测结果较好,生理成熟天数模拟误差较大。宁夏黄河灌区25 km×25 km共计39个格点1961~1990年Baseline气候情景(无考虑温室气体效应)及构建的2011~2100年A2(CO_2约1%的中高排放)、B2(CO_2约0.5%的中低排放)气候情景潜在产量模拟对比结果表明,Baseline气候情景下39个格点的平均潜在产量6 428 kg/hm^2,A2情景下的2011~2040、2041~2070、2071~2100平均产量分别为6 235、5 869、5 211 kg/hm^2,与Baseline年相比均为减产趋势,分别减产为3%、8%、19%。B2情景下的2011~2040、2041~2070、2071~2100平均产量分别为6 219、5 977、5721 kg/hm^2,与Baseline年相比均为减产趋势,分别减产3%、7%、11%。高排放的减产率比低排放要大。

关键词:DSSAT作物模型;Baseline气候情景;A2、B2气候情景;品种参数;潜在产量
中图分类号:S162.5 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-7601(2009)02-0041-08

DSSAT3.5是国际农业技术推广网(IBSNAT)开发研制的模拟模型软件系统,用来模拟和分析各种环境因子相互作用下某种作物的生长发育过程和最终产量结果[1,2]。对不同的地区,针对作物不同的生长状况,模型在应用过程中,对作物模型模块的品种参数、土壤参数等必须进行检验修正,以实现模型本地化应用,更好地为农业生产提供决策。本文应用DSSAT3.5作物模型,在宁夏区域通过本地化调试后,进行了县站的时间序列的检验、验证,并对宁夏黄河灌区构建的未来100年的baseline、A2、B2气候情景下的潜在产量进行25 km×25 km 39个格点模拟,得到了一些尝试性的结果,希望这项研究对促进宁夏作物的数字化科学预测与决策具有一定的指导意义。

1 天气文件、试验文件、土壤文件的建立

DSSAT作物模型中的CERES-wheat模型应用中所需基本输入变量包括天气文件(太阳日辐射,最高,最低气温,降水),土壤文件、试验文件、病虫害,经济投入等。病虫害影响及经济投入在现阶段的模拟应用中还未考虑。模拟中所需的实验、土壤、天气文件的建立来自于各自的实验、测定、气候模式的模拟结果。

1.1 情景及天气文件

Baseline(1961~1990)情景,是不考虑温室气体效应和硫化物气溶胶辐射效应的情景假定。A2(CO_2中高排放)和B2(CO_2中低排放)情景,主要来自于IPCC 2000年发布的《排放情景特别报告》(SRES)[3]中构建的情景。

对于各种情景下未来2011~2100年的天气文件的建立,是气候模式的模拟结果。应用的气候模式是对宁夏基准时段气候模拟效果相对较好的ECHAM4和HadCM3模式的模拟结果[4]。通过IPCC 2000年发布的《排放情景特别报告》(SRES)中构建的A2(中高排放)、B2(中低排放)情景下全球气候变化情景模拟的结果,获得宁夏区域未来气候变化趋势的信息,再利用区域气候模式(RCM)进行降尺度(25 km×25 km)模拟,得到各气候变化情景下宁夏格点的模拟结果。

作物模型中的天气文件及格式是将降尺度后的气候模拟结果中所要求的气象要素筛选后,形成每一年的天气文件,放入作物模型待调用的天气文件文档中,运行时自动调用相关文档。

1.2 试验文件

全区春小麦县站有惠农,平罗,永宁,吴忠,灵武,中卫,中宁,盐池,同心,固原。尽可能收集了这

收稿日期:2008-10-11
基金项目:国家科技攻关计划子专题"气候变化对宁夏农业影响的综合分析"(2001-BA611B-04-06-02)
作者简介:杨 勤(1965-),女,宁夏惠农人,高工,博士,主要从事大气边界层及应用气象研究。E-mail:ya20060421@yahoo.com.cn。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

些站点1986～2000年生育期田间管理措施及试验数据，建立相应的数据文件。

1986～2000年以上10个站点的农气数据比较齐全，有施肥及追肥记录及灌水次数及量级。

试验文件来自于农业试验站点的农气报表；作物品种及参数确定来自于各地种植的品种及模型中的参数计算调试模型。

1.3 土壤文件

对于宁夏19个县的土壤数据，我们按照《宁夏土壤》[5]中所述宁夏土壤改良利用分区，分5大类11类土属，按照宁夏区域25 km×25 km格点及对应的经纬度、序号，查寻了相应格点序号的土壤属性、土壤深度、氮、磷、钾含量、阳粒子交换量等，按照模式需要的文件格式建立了11类相关的土壤文件，这样就保证了每个县土壤属性的确定性。

表1显示了宁夏土壤类属、土壤代码、分布区域、25 km×25 km格点经纬度、对应序号、对应土壤代码。

2 试验方法

2.1 试验的建立

本试验选用宁夏引黄灌区主栽品种永良4号春小麦作为供试材料。参考了文卿琳[6]等(2006)的试验处理方法。土壤基本理化性质：0～20 cm耕层土壤，有机质含量为16.8 g/kg，全氮含量为0.38 g/kg，全磷含量为0.32 g/kg，碱解氮含量为58.3 mg/kg，速效磷含量为10.9 mg/kg，速效钾含量为210.4 mg/kg。试验中所用氮肥为尿素(含纯N 46%)，磷肥为磷酸二铵(含P_2O_5 46%、纯N 18%)。其中总氮量的70%，作为基肥投入。

表1 宁夏土壤档代码、分类及分布

Table 1 Soil sort, soil ID and regional distribution in Ningxia

土壤代码 Soil ID	土属 Soil sort	分布区域 Distribution of region
NX00000001	表锈灌淤土 Surface-rust irrigation-warped soil	主要分布在中宁、中卫、灵武、吴中、青铜峡、永宁 Mainly distributed in Zhongning, Zhongwei, Lingwu, Wuzhong, Qingtongxia and Yongning.
NX00000002	潮灌淤土 Aquic irrigation -warped soil	主要分布在惠农、平罗、贺兰 Mainly distributed in Huinong, Pingluo and Helan.
NX00000003	灰钙土 Sierozem	主要分布在盐池北中部、灵武东端、同心中南部、海原北部、中卫香山以南 Mainly distributed in northern Yanchi, eastern Lingwu, central and southern Tongxin, northern Haiyuan and south of Zhongwei and Xiangshan.
NX00000004	新积土 New accumulated soil	主要分布在盐池、同心、海原等县丘陵间的低地和和贺兰山东麓的高街地，其次分布在六盘山区的部分川地和沟台地 Mainly distributed in the lowland among hills in Yanchi, Tongxin and Haiyuan, and highland at the east foot of Helan Mountain; secondly distributed in the plain land and tableland of Liupanshan mountainous areas.
NX00000005	风沙土 Aeolian sandy soil	主要分布在盐池、灵武和同心县内 Mainly distributed in Yanchi, Lingwu and Tongxin.
NX00000006	侵蚀黄绵土 Eroded loessal soil	主要分布于南部黄土丘陵 Mainly distributed in southern loess hilly areas.
NX00000007	黄绵土 Loessial soil	主要分布在盐池、同心、海原、固原 Mainly distributed in Yanchi, Tongxin, Haiyuan and Guyuan.
NX00000008	黑垆土 Dark loessial soil	主要分布在固原、西吉、彭阳 Mainly distributed in Guyuan, Xiji and Pengyang
NX00000009	灰褐土 Grey cinnamonic soil	主要分布在隆德、泾源 Mainly distributed in Longde Jingyuan.
NX00000010	盐土 Solonchaks	草甸沼泽盐土主要分布在平罗、贺兰、石嘴山、陶乐，残余盐土主要分布在同心、盐池、中宁、中卫的的缓坡丘陵 The meadow bogg solonchak mainly distributed in Pingluo, Helan, Shizuishan and Taole, while the residual solonchak mainly in gentle-slope hilly area in Tongxin, Yanchi, Zhongning and Zhongwei.
NX00000011	粗骨土 Skeleton soil	主要分布在贺兰山、罗山、六盘山、月亮山、香山等山地，坡度大约在25°左右 Minly distributed in mountainous areas of Helanshan, Luoshan, Liupanshan, Yueliangshan and Xianshan, with the gradient of 25° of slope.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

格点名称 Grid name	格点经度 Longitude	格点纬度 Latitude	格点海拔(m) Altitude	格点序号 Gridnumber	土属 Soil sort	土壤代码 Soil ID
B2BJ	106.440	39.390	1365.630	123	粗骨土 Skeleton soil	NX00000011
B2BK	106.730	39.390	1286.900	124	粗骨土 Skeleton soil	NX00000011
B2CI	106.160	39.170	1375.790	119	粗骨土 Skeleton soil	NX00000011
B2CJ	106.450	39.170	1346.050	120	灰钙土 Sierozem	NX00000003
B2CK	106.730	39.170	1261.170	121	盐土 Solonchaks	NX00000010
B2DI	106.160	38.950	1349.350	115	粗骨土 Skeleton soil	NX00000011
B2DJ	106.450	38.950	1261.200	116	碱土 Alkali soil	NX00000010
B2DK	106.730	38.950	1207.310	117	灌淤土 Irrigation-warped soil	NX00000002
B2EI	106.170	38.730	1275.770	111	盐土 Solonchaks	NX00000010
B2EJ	106.450	38.730	1196.330	112	灌淤土 Irrigation-warped soil	NX00000002
B2EK	106.730	38.730	1415.110	113	风沙土 Aeolian sandy soil	NX00000005
B2FH	105.890	38.500	1515.660	106	灰褐土 Grey cinnamonic soil	NX00000009
B2FI	106.170	38.510	1161.460	107	灌淤土 Irrigation-warped soil	NX00000002
B2FJ	106.450	38.510	1279.800	108	灌淤土 Irrigation-warped soil	NX00000002
B2GH	105.890	38.280	1356.680	102	新积土 New accumulated soil	NX00000004
B2GI	106.170	38.290	1171.270	103	灌淤土 Irrigation-warped soil	NX00000002
B2GJ	106.450	38.290	1338.850	104	灰钙土 Sierozem	NX00000003
B2HH	105.900	38.060	1313.520	96	灰钙土 Sierozem	NX00000003
B2HI	106.170	38.070	1252.930	97	灌淤土 Irrigation-warped soil	NX00000002
B2HJ	106.450	38.070	1399.230	98	灰钙土 Sierozem	NX00000003
B2HK	106.730	38.070	1485.600	99	风沙土 Aeolian sandy soil	NX00000005
B2HL	107.000	38.070	1576.670	100	风沙土 Aeolian sandy soil	NX00000005
B2HM	107.290	38.070	1543.290	101	灰钙土 Sierozem	NX00000003
B2IH	105.900	37.840	1484.360	89	新积土 New accumulated soil	NX00000004
B2II	106.180	37.850	1418.490	90	盐土 Solonchaks	NX00000010
B2IJ	106.460	37.850	1427.550	91	风沙土 Aeolian sandy soil	NX00000005
B2IK	106.730	37.850	1548.800	92	风沙土 Aeolian sandy soil	NX00000005
B2IL	107.000	37.850	1544.710	93	灰钙土 Sierozem	NX00000003
B2IM	107.290	37.850	1545.750	94	灰钙土 Sierozem	NX00000003
B2IN	107.570	37.850	1426.730	95	新积土 New accumulated soil	NX00000004
B2JE	105.070	37.610	1523.770	78	风沙土 Aeolian sandy soil	NX00000005
B2JF	105.350	37.620	1506.680	79	风沙土 Aeolian sandy soil	NX00000005
B2JG	105.620	37.620	1428.990	80	灰钙土和粗骨土 Sierozem and skeleton soil	NX00000003
B2JH	105.900	37.620	1496.790	81	灌淤土 Irrigation-warped soil	NX00000002
B2JI	106.180	37.630	1445.250	82	灰钙土 Sierozem	NX00000003
B2JJ	106.460	37.630	1395.550	83	风沙土 Aeolian sandy soil	NX00000005
B2JK	106.740	37.630	1571.920	84	风沙土 Aeolian sandy soil	NX00000005
B2JL	107.000	37.630	1669.070	85	风沙土 Aeolian sandy soil	NX00000005
B2JM	107.290	37.630	1601.240	86	风沙土 Aeolian sandy soil	NX00000005

2.2　田间管理

小麦全生育期灌 3～4 水。头水于 4 月中下旬尽早灌溉;二水 5 月上中旬;5 月 20 日前后灌 3 水;6 月 20 日前后灌 4 水。灌水及施肥控制水平如表 2。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表2 试验中的施肥及灌水控制水平

Table 2 Fertilization and irrigation control lever in the experiment

灌水处理 Irrigation handle	灌水时期 Irrigation date	施肥处理 Fertilizer handle	施肥时期 Irrigation date
1	分蘖水(4月26日) Irrigation in tillering (April 26)	1	2月底3月初施基肥 Applying base fertilizer at the end of February or the beginning of March.
2	拔节水(5月12日) Irrigation in jointing (May 12)	2	4月底5月初追肥 Applying additional fertilizer at the end of April or the beginning of May.
3	开花水(6月1日) Irrigation in flowering (June 1)		
4	麦黄水(6月24日) Irrigation in maturing(June 24)		

北部的平罗县从1986年开始有播量,施肥及灌溉记录,灌水次数有4～6次,最小灌溉量900 m^3/hm^2;中部干旱带的盐池播量的年代记录时有时无,1989年开始有灌溉记录,灌水6～7次,最小量为400 m^3/hm^2,无施肥记录;同心从1990年开始有播量及施肥记录,灌溉从1991年开始,灌水3次,最小灌溉量为800 m^3/hm^2。最佳施肥量=(供需差额×该养分要素含量)/肥料利用率,据此可得灌区格点春小麦最佳施N量,最佳施P_2O_5量。K肥可不施用。施肥方式为按比例将氮,磷肥同时施入。

在我们的试验中,基本控制管理水平是3～4次灌水,2～3次施肥,而且考虑了基肥的含量。

施肥和灌水的前三次时间保持一致。灌水和施肥次数及时间直接影响产量,基肥1994年以前平均量是42～43 kg/667hm^2,之后减少到25～33 kg/667hm^2。

耕作方式80年代中期前,使用落后的耕作工具,80年代后,使用先进的耕作工具,一年至少两次耕作。虽然试验数据来自于田间试验,但由于试验数据的缺乏,记录的不规范性,记录的不准确性,给模拟带来较大难度,为了尽可能满足试验条件,我们采用了宁夏农业技术推广[7]网站小麦规范化试验标准,对无试验数据的地方进行补正和记入。

3 模型检验

品种参数的确定一直以来都是模型验证和应用的难题之一[8],而品种参数优化方法的研究国内外报导较少。张艳红[9]等(2004)在应用DSSAT3.5模型中的CERES－maize模拟模型时,提出了一种品种参数优化方法,可以借鉴到其它作物品种参数调试中。目前,品种参数的确定大都依据田间试验资料,通过大量计算并根据经验来判断获取。对宁夏区域,仍采用了模型中已设计好的自动调试参数的计算模型,并结合了经验判定试错法,通过验证试验样本的最小平方差和〔$SS=(sim\,Y_1-obs\,Y_1)^2+\cdots(sim\,Y_i-obs\,Y_i)^2$,sim和obs分别表示模拟和观测值;$Y_1\cdots Y_i$表示的是样本变量〕来确定相适宜的品种参数和发育参数。DSSAT3.5作物模型中包括需计算的7个参数程序,被称作Genotype Coefficient Calculator (GENCALC)[9]。在验证过程中,永宁站的参数通过与平罗县在空间上的协调改变后,原误差大的年份误差相对减小。模拟检验结果表明,潜在产量、出苗日期预测结果与实际产量值非常接近,模拟结果较好,进而应用于宁夏区域网格25 km×25 km的39个格点,并对构建的未来100年的baseline、A2、B2气候情景下的潜在产量进行模拟研究。

模式本地化过程中各种参数的调试是最基本,但也是最棘手的问题。目前为止,并未有针对某一应用中的相关模式如何具体调适参数的技术阐述文章。相关作物模型中的具体参数个数、基本参考变量间误差量级及最适品种参数确定方法,都因人而异,干扰了品种参数的客观定量化的确定。我们在调试DSSAT3.5模式过程中发现,首先应依较长的时间序列试验数据为基础,建立相关的试验文件,在此过程中,可以找到与模式参数紧密相关的生长期间比较集中的管理方式及管理水平,特别是作物何时灌水,灌几次水,每次所需灌水量,所需底肥量及N,P,K的含量,何时施肥,施几次,每次的施肥量,施何种肥,其中N,P,K的含量是多少等这些直接影响到模拟产量多寡的最基本的条件可以得到确定。在长期的时间序列建立基础上,可以归纳总结一个平均状况下的管理方式,模式的调试必须是在此管理水平基础下进行,这样才能保证模拟的产量

(C)1994-2025 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

同实际产量的最好接近。

3.1　永良 4 号春小麦在站点的验证结果

图 1 显示了永良 4 号春小麦在宁夏永宁及平罗两县 15 年的生育期特征及潜在产量模拟结果。永宁县 1991～1992 年种植了其它品种,但仍模拟了潜在产量值,只是实测值为相应种植作物的实测值。平罗县从 1986～2000 年均为永良 4 号春小麦品种,所以进行了同品种的模式验证。图 1 中的左图为宁夏永宁县,右图为宁夏平罗县。

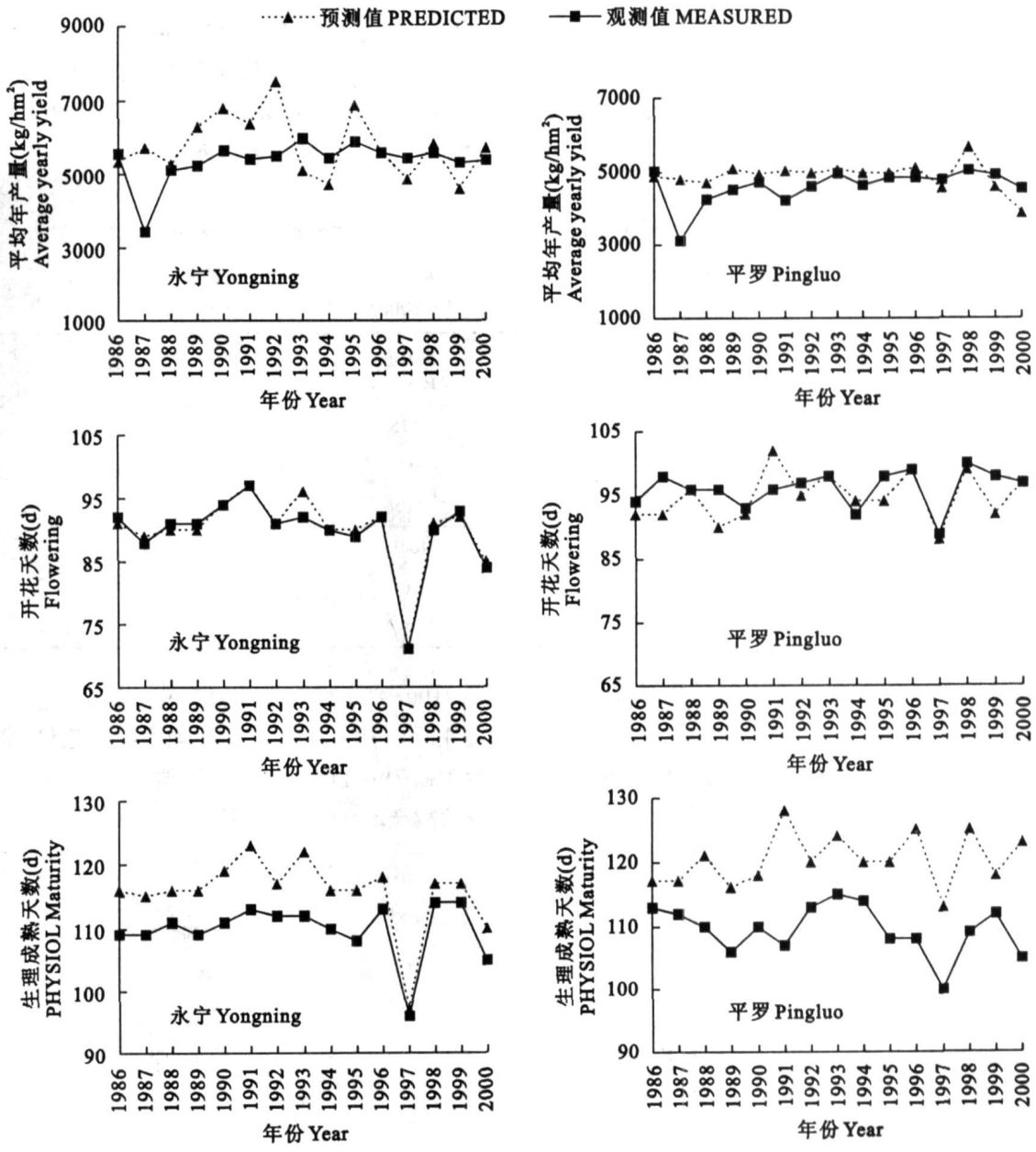

图 1　永宁(左)、平罗(右)县永良 4 号春小麦生育期特征及潜在产量模拟结果

Fig. 1　Comparison results of observation and simulation of growth stage characters and potential yields on spring wheat Yongliang No. 4 in Yongning(left) and Pingluo(right) counties

从图 1 中可以看出,永宁、平罗县的潜在产量、出苗日期模拟结果比较好。生理成熟日期模拟结果较差。1987 年全区出现干旱,产量普遍降低,但永宁及平罗县的模拟预测产量却高出实际产量许多。黄河灌区的管理水平中仍采用标准化的 4 次灌水措施,保证了即使在干旱情况下灌溉水仍充足。对 1987 年黄河灌区两县产量减少的原因在否定了降水因子影响条件下,进行了农业灾害原因分析。通过农气报表分析发现,1987 年永宁及平罗两县均在春小麦不同生育期,发生了程度不同的病虫害。永宁 6 月 25 日～7 月 1 日(乳熟～黄熟期)发生了黄矮病及赤霉病,5 月 21 日～6 月 2 日(孕穗～抽穗

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

期)发生了蚜虫病。平罗发生了青干及黄叶病并在5月下旬～6月上旬(孕穗～抽穗期)发生了蚜虫病,当年的产量评估也为欠收。从实际情况看,造成减产的主要原因考虑是农业灾害造成的减产大于气象因子的影响。而应用模型中的病虫害对作物的影响输入,在模拟应用中并未考虑,这一点也是今后的应用过程中必须考虑的。

3.2 误差分析

对以上的模拟结果进行误差分析。预测性能评估通过计算平均百分率误差(the mean percentage error,MPE),均方根误差(a root mean square difference,RMSD),平均偏差(mean bias error,MBE)等指标来实现。实测结果的模拟偏差计算公式如下式:

$$MPE = \left[\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{|\mathrm{data}_i - \mathrm{model}_i|}{\mathrm{data}_i}\right)100\right] / n \quad (1)$$

$$RMSD = \left[\left(\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{model}_i - \mathrm{data}_i)^2\right) / n\right]^{0.5} \quad (2)$$

$$MBE = \left[\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{model}_i - \mathrm{data}_i)\right] / n \quad (3)$$

根据以上三式,计算了两站15年(1986～2000年)潜在产量、开花天数、生理成熟天数的模拟值同实测值误差,结果如表3所示。

表3 永宁、平罗县1986～2000年潜在产量、开花天数、生理成熟天数模拟值同实测值误差比较

Table 3 Comparison of observation and simulation error about potential yields and flowering days and physiological maturity days for for 15 years(1986～2000) in Yongning and Pingluo counties

县名 County		预测值 Predicted	实测值 Measured	MPE(%)	RMSD	MBE
永宁 Yongning	潜在产量 Potential yield(kg/hm^2)	5770	5375	16.5	1029.3	388.4
	开花 Flowering(d)	90	90	0.9	1.3	0.7
	生理成熟 Physiol maturity(d)	116	110	5.4	6.4	6.0
平罗 Pingluo	潜在产量 Potential yield(kg/hm^2)	4872	4601	11.2	599.2	245.2
	开花 Flowering(d)	95	96	2.6	3.4	−1.5
	生理成熟 Physiol maturity(d)	120	109	10.0	12.0	10.5

两县潜在产量的预测结果比实测产量高,永宁县高400 kg/hm^2,平罗县高271 kg/hm^2。平罗县的开花日期预测值比实测值晚1天,而生理成熟日期预测值两县均比实测值晚6～11天,预测效果较差,但从两县的15年三项预测结果的MPE误差分析看,均低于20%,被认为属于可行误差范围内。

4 宁夏25 km×25 km黄河灌区39个格点模拟结果

对Baseline年(1961～1990年)及构建的A2、B2(2011～2100年)气候情景下,宁夏引黄灌区39个格点永良4号春小麦潜在产量进行模拟,结果如图2、3、4所示。

对39个格点进行A2、B2气候情景下100年的模拟并与基准年比较,结果表明:Baseline气候情景下39个格点的平均潜在产量为6 428 kg/hm^2,A2情景下的2011～2040、2041～2070、2071～2100平均产量分别为6 235、5 869、5 211 kg/hm^2,与Baseline年相比均为减产趋势,分别减产为3%、8%、19%。B2情景下的2011～2040、2041～2070、2071～2100平均产量分别为6 219、5 977、5 721 kg/hm^2,与Baseline年相比均为减产趋势,分别减产为3%、7%、11%。A2气候情景下,永良4号春小麦的减产率比B2气候情景下要大。

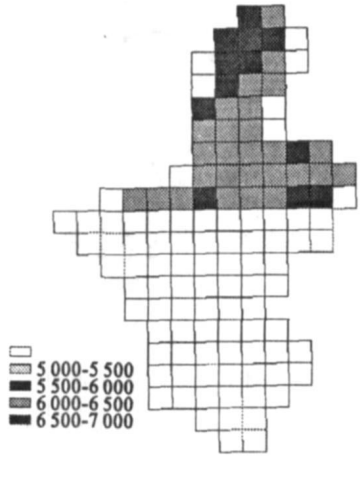

图2 Baseline(1961～1990年)气候情景下黄河灌区39个格点(25 km×25 km)潜在产量(kg/hm^2)模拟结果

Fig.2 Simulation of potential yields (kg/hm^2) of 39 grids(25 km×25 km) in Huangheirrigation region of Ningxia under baseline (1961～1990) climate scenario

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

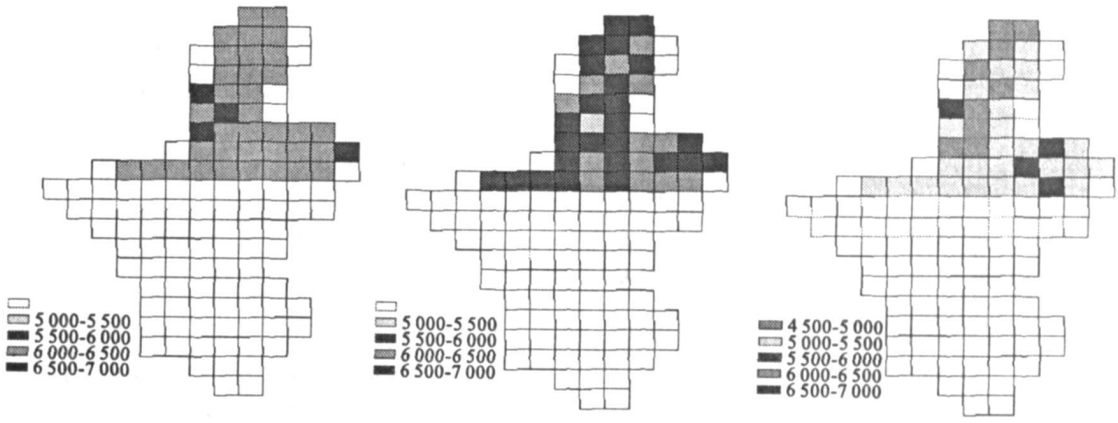

图 3　A2 气候情景下宁夏黄河灌区 2011～2040(左)、2041～2070(中)、2071～2100(右)年 39 个格点潜在产量(kg/hm²)模拟结果

Fig. 3　Time series simulation of potential yields(kg/hm²) of 39 grids(25 km×25 km) in Huanghe irrigation area of Ningxia under A2 climate scenario(left 2011～2040, middle 2041～2070, right 2071～2100)

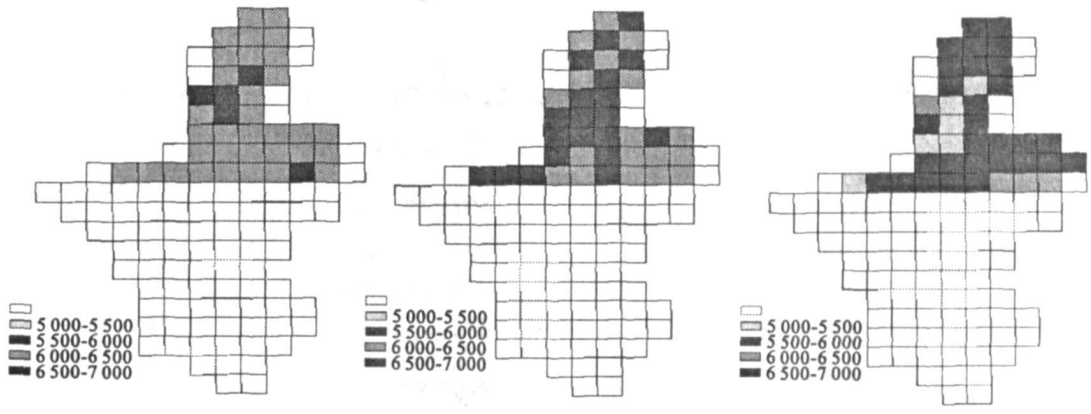

图 4　B2 气候情景下宁夏黄河灌区 2011～2040(左)、2041～2070(中)、2071～2100(右)年 39 个格点潜在产量(kg/hm²)模拟结果

Fig. 4　Time series simulation of potential yields(kg/hm²) of 39 grids(25 km×25 km) in Huanghe irrigation area of Ningxia under B2 climate scenario(left 2011～2040, middle 2041～2070, right 2071～2100)

5　结论及讨论

通过进行本地化试验及验证后表明,永良 4 号春小麦对宁夏县站潜在产量、出苗日期模拟结果比较好,生理成熟日期模拟结果较差。

应用 DSSAT3.5 作物模型中的 CERES－Wheat 模型对宁夏春小麦灌区格点潜在产量进行模拟,结果表明:在未来气候变暖情景下,春小麦潜在产量表现出减产趋势,而随着 CO_2 排放量增大及时间的推移,减产率增大。如上面的模拟结果所表现的,CO_2 中高排放 A2 气候情景下的减产率比中低排放 B2 情景下,在本世纪末的后 30 年表现的减产率大。

模拟的潜在产量存在较大的不确定性。这是因为本地化调试过程中,考虑的不只是表示潜在产量逼近的参数,而是综合地考虑了表示其它特征参数的逼近,所以模拟的潜在产量结果会产生误差就比较容易理解。一些研究结果[10]也表明,即使对某一品种确定了作物参数,但在模拟结果中仍会出现生育期中的某些变量的模拟和实测结果有较大误差。

以上结果是在标准灌水施肥及土壤营养条件下得到的结果,是生长发育期的病害及虫害影响完全没有考虑的结果。而实际上,生育期间,如果气候条件保持常年基本稳定状况,病害及虫害的发生对潜在产量的影响起主导作用。考虑病害及虫害影响,是未来模型应用中必须考虑的一个宏观影响因素。

DSSAT 模型在宁夏区域应用过程中,虽有很多不明点,模拟结果的不确定性也是显而易见的,但在

(C)1994-2025 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

更加精细和完整的实验资料基础上进行本地化试验及验证后，可以提高此模型对区域的潜在产量模拟能力。如果能够根据不同作物品种更准确化和规范化进行试验管理水平操作，对区域性的各种春小麦品种进行遗传参数的本地化调试，应用此模型可进行各个品种的生育期过程中生长特性及潜在产量模拟应用，对种植业者和决策者来说，具有一定的科学指导价值，也可为作物产量的预报预测提供了较为方便的科学参考依据及科学预报预测工具。

参 考 文 献：

[1] 罗群英，林而达.农业技术转移决策支持系统(DSSAT)新进展[J].气象，1996，22(12)：10－13.

[2] Gordon Y Tsuji，Goro Uehara，Sharon Balas. DSSAT3 User'S Guide[M]. Hawaii：The University of Hawaii，1994，(1)：1－3.

[3] Nakidenovid N，Alcamo J，Davis G，et a1. Special report on emissions scenarios. A Special Report of W orking Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge University Press，2000，599.

[4] 杨 侃，许吟隆，陈晓光，等.全球气候模式对宁夏区域未来气候变化的情景模拟分析[J].气候与环境研究，2007，12(5)：629－637.

[5] 宁夏农业勘查设计院.宁夏土壤[M].银川：宁夏人民出版社，1990.

[6] 文卿琳，柳伟祥.不同灌水和施肥处理对春小麦产量的影响[J].农业科学研究，2006，27(2)：26－29.

[7] 宁夏农业技术推广.[http://www.nxnjtg.com/list.aspx?cid=17].2008，5，18.

[8] 王信理，王馥棠，裘国旺.系统化理论在CERES一大豆模式品种参数求解中的应用[J].应用气象学报，1995，6(增刊)：49－54.

[9] 张艳红，马永良，廖树华.CERES－maize模拟模型中品种参数优化方法研究[J].中国农业大学学报，2004，9(4)：24－29.

[10] Bannayana M，Croutb N M J，Hoogenboom G. Application of the CERES－Wheat Model forWithin－Season Prediction of Winter WheatYield in the United Kingdom[http://agron.scijournals.org/cgi/content/full/95/1/114#BIB41].2008，4，15.

Application of DSSAT crop model on prediction of potential yield of spring wheat in Ningxia

YANG Qin[1]，XU Yin-long[2]，LIN Er-da[2]，XIONG Wei[2]，CHEN Xiao-guang[3]

(1. *Weather Station of Ningxia，Yinchuan，Ningxia* 750002，*China*；

2. *Institute of Environment and Sustainable Development，Chinese Academy of Agricultural Sciences，Beijing* 100081，*China*；3. *Meteorological Bureau of Qinghai，Xining，Qinghai* 810001，*China*)

Abstract：Under the conditions that insect pest and diseases were not considered，the CERES-Wheat model in DSSAT3.5 crop modeling was applied to predict potential yield of spring wheat in Ningxia. Through adjusting spring wheat cultivar coefficients of Yongliang No.4 on Yongning County and validating the model，cultivar coefficients were identified. Using these coefficients，growth performance and potential yields were simulated on the same cultivar for 15 years (1986～2000) in Pingluo County. The results showed that between simulation and observation there was a good approach for potential yields and flowering days，and a larger error for physiological maturity days. Under the future climate scenarios(A2 and B2 scenarios)，in Huanghe irrigation area of Ningxia for 39 grids(25 km×25 km scale)，potential yields were simulated for 90 years which were divided into three stages(2011～2040，2041～2070，2071～2100) and were compared with baseline climate scenario(1961～1990). The results showed that potential yields under both future climate scenarios(A2 and B2) would decrease compared with that under the baseline climate scenario by 3%，8% and 19% under three different stages of A2 climate scenario respectively，and by 3%，7% and 11% under three different stages of B2 climate scenario. The decrease rate under higher release of CO_2 was larger than that under lower release.

Key words：DSSAT crop model；baseline climate scenario；A2 and B2 climate scenario；cultivar coefficient；potential yield

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net