

СЕЛЕКЦИЯ НА ЗЪРНЕНО-ЖИТНИ КУЛТУРИ
CEREALS BREEDING



ИЗМЕНЕНИЯТА И КОЛЕБАНИЯТА НА КЛИМАТА И УСЛОВИЯТА ЗА
ПРОИЗВОДСТВО НА ЗИМНА ПШЕНИЦА В СЕВЕРОИЗТОЧНА БЪЛГАРИЯ

Валентин Казанджиев¹, Веска Георгиева¹, Дукена Жолева¹, Николай Ценов³
Евгения Руменина², Лъчезар Филчев², Петър Димитров², Георги Желев²

¹ – Национален институт по метеорология и хидрология - БАН

² – Институт за космически и Слънчево-Земни изследвания - БАН,

³ – Добруджански земеделски институт - СА

Резюме

Казанджиев Валентин, Веска Георгиева, Дукена Жолева, Николай Ценов
Евгения Руменина, Лъчезар Филчев, Петър Димитров, Георги Желев, 2011.
Измененията и колебанията на климата и условията за производство на зимна
пшеница в североизточна България, FCS 7(2): 195-220

В исторически план и понастоящем област Добрич се свързва с производството на най-добрите и високопродуктивни сортове зимна пшеница. В представите на по-възрастното поколение Добруджа се свързва с понятието „житницата на България”. Същевременно е безспорно че, климатичните условия в много голяма степен определят сроковете за сеитба, провеждането на агротехнически и растително защитни дейности. Тези условия определят и темповете на растежа, развитието и продуктивността на посевите от зимната пшеница. През последните 40-50 години (1961-2010) в климатичните условия на страната ни се наблюдават тенденции, които е добре да бъдат взети предвид при определяне на съвременните условия за промишлено производство на зимна пшеница у нас и конкретно в област Добрич. Хидротермичните условия са тези, които осезаемо влияят върху сеитбата, поникването, презимуването, растежните условия след възстановяване на вегетацията през пролетта и в крайна сметка върху добивите от пшеница. Анализирани са средните температури по месеци и години за разглеждания период, които показват тенденция на нарастване. Това води до промяна в продължителността на вегетационния период и увеличение на сумите на активните и ефективни температури. Едновременно с това са установени показателни и съществени тенденции на намаляване на количеството на валежите с 20-40 мм в полските райони на страната. Изключение от това са североизточните и югоизточни райони на страната, където годишната сума на валежите се е увеличила с 20-30 мм. Промяната на агроклиматичните условия се характеризира и с променени условия на презимуване, отсъствието на дебела снежна покривка, намалено ниво на влагозапасяване на почвата, увеличение на честотата на аномалиите и опасните явления. Повишаването на температурите увеличава риска от засушаване и от топлинен стрес за посевите, влошава условията за опрашване, а това изисква промяна в стратегията за управление. Представени са и

вероятностни оценки за наблюдаване на определени условия като сума на активните температури за периода от възобновяване на вегетацията до изкласяване и сума на валежите по месеци, по сезони и за стопанска година и техните обезпечености през целия разглеждан период и по години. Направени са симулации с климатичния модел "Aladin" и са получени стойностите на климатичните елементи при условията на емисионния сценарий A1B за 2050 и 2070 г. С получените стойности са проведени симулации за очакваните резултати от отглеждането на зимна пшеница в страната и в област Добрич. Резултатите се отнасят за неполивни условия и непроменена сортова рамка, т.е. в симулационния модел са заложени данни за биологичните възможности на сегашните сортове. Получените резултати могат да се имат предвид при създаването на нови сортове пшеница в съответствие с очакваните климатични промени.

Ключови думи: зимна пшеница; изменение на климата; очакван климат през 2050 и 2070; WOFOST.

Abstract

Kazandjiev Valentin, Veska Georgieva, Dukena Joleva, Nikolay Tsenov, Eugenia Roumenina, Lachezar Filchev, Petar Dimitrov, Georgi Jeleu, 2011. Climate variability and change and conditions for Winter wheat production in northeast Bulgaria, FCS 7(2):195-220

Historically and currently Dobrich is associated with the production of the best and highly productive varieties of winter wheat. In the minds of the older generation Dobrudja is associated with the concept of "granary of Bulgaria". However, it is undisputed that weather conditions greatly determine the time for sowing, cultivation and implementation of plant protection activities. These conditions determine the rate of growth, development and yield of crops of winter wheat. Over the past 40-50 years (1961-2010) in the climatic conditions of our country there are trends that you should be taken into account in determining the current conditions for industrial production of winter wheat in the country and particularly in Dobrich. Hydrothermal conditions are those that significantly affect sowing, germination, hibernation, growth conditions after the restoration of vegetation in spring and ultimately on the yield of wheat. It was analyzed the average temperatures in the months and years for the period, showing an upward trend. This leads to a change in length of growing season and increased amounts of active and effective temperatures. At the same time are established and indicate significant trends of decreasing rainfall 20-40 mm in agrarian regions. Exceptions from this are Northeast and Southeast regions of the country, where the annual rainfall has increased by 20-30 mm. The change of agro-climatic conditions are characterized and modified conditions of winter, the lack of depth snow cover, reduced soil moisture reserves, increase the frequency of anomalies and hazardous events. Rising temperatures increase the risk of drought and heat stress on crops, worsening conditions for pollination, but this requires a change in management strategy. There are also probabilistic assessments to monitor certain conditions as the sum of active temperatures for the period of re-vegetation to ear formation and precipitation by month, by season and year and their economic security throughout the period in years. Have made simulations with climate models "Aladin" and obtained values of climate elements under the A1B emission scenario for 2050 and 2070 With values obtained were conducted simulations of the expected productivity from cultivation of winter wheat in the country and Dobrich. The results relate to irrigation and varietal framework unchanged, ie in the simulation model incorporates data on the biological features of the current varieties. The results can be considered when creating new varieties of wheat in accordance with the expected climate change.

Keywords: winter wheat, climate change, climate expected in 2050 and 2070; WOFOST

УВОД

В исторически план и сега област Добрич се свързва с производството на едни от най-добрите и високопродуктивни сортове зимна пшеница у нас. В представите на няколко поколения Добруджа се свързва с понятието „житницата на България”. Същевременно е безспорно че, климатичните условия в много голяма степен определят условията за отглеждане и получаването на високи резултати. Тези условия определят и темповете на растежа, развитието и продуктивността на посевите от зимната пшеница.

През последните 50 години (1961-2010) в климатичните условия на страната ни се наблюдават тенденции, които е добре да бъдат взети предвид както при създаването на нови сортове, така и за определяне на съвременните условия за промишлено производство на зимна пшеница у нас и конкретно в Североизточна България.

Хидротермичните условия са тези, които осезаемо влияят върху сеитбата, поникването, презимуването, растежните условия след възстановяване на вегетацията през пролетта и в крайна сметка върху добивите от пшеница.

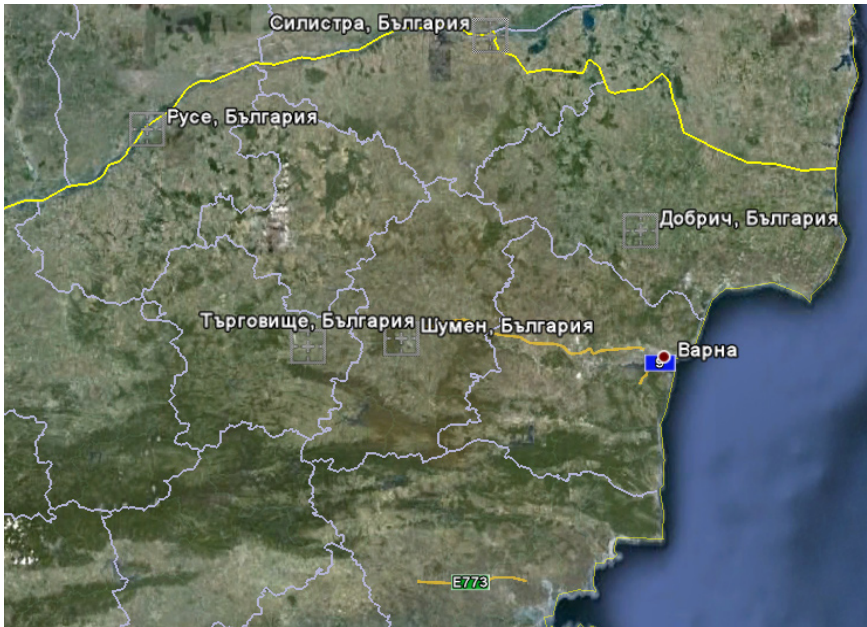
С настоящата работа сме се постарали да изясним каква е амплитудата на колебание и изменение на климата през последните 50 години, влиянието на метеорологичните условия върху растежа, развитието и продуктивността на посевите от зимна пшеница; как тези условия определят сроковете на фенологично развитие; каква е динамиката на биометричните характеристики на посевите; размера и структурата на добивите; как се променя съдържанието на пигменти в листата.

Първоначалният замисъл беше да разгледаме как метеорологичните условия и техните колебания и промени влияят на агрометеорологичните условия в област Добрич. Анализът на почвените и климатични условия ни дава основание да разширим териториално изследването, добавяйки към Добрич и областите Силистра, Търговище, Разград, Шумен и Варна. По този начин резултатите и оценките имат комплексен и по-категоричен характер.

Целта на това изследване е да се направи детайлна оценка на агрометеорологичните условия и агроклиматичните ресурси на Североизточна България, посредством която да се очертаят насоката, размера и амплитудата на промените; да се дефинират прагове на вероятност за случване на някои от важните хидрометеорологични явления на бележат мерки за преодоляване на промените и адаптиране към тях.

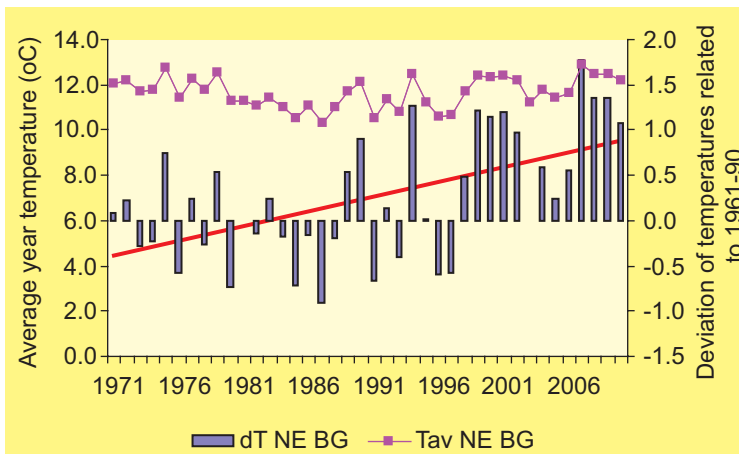
МАТЕРИАЛ И МЕТОД

Използвани са данни за ежедневните стойности на метеорологичните елементи (средна, максимална и минимална температура на въздуха, сума на валежа, относителна влажност на въздуха, скорост на вятъра и пъргавина водната пара) от девет метеорологични станции и агростанции в Добрич, Г. Тошево, Разград, Русе, Силистра, Суворово, Търговище, Шабла и Шумен. Периодът на измерване както на метеорологичните, така и на агрометеорологични елементи и характеристики обхваща годините 1961-2005 г., а в отделни случаи някои от оценките се отнасят и за периода до 2010 г. При това изследване са намерени стойностите на климатичните норми на метеорологични елементи и техните производни, които имат значение за земеделието. Пресметнати са и някои температурни, валежни и хидротермични индекси, които допълнително осветляват особеностите за есенната и пролетно-лятна вегетация, условията на овлажнение на почвите и размерите на водните запаси в еднометровия почвен слой.



РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

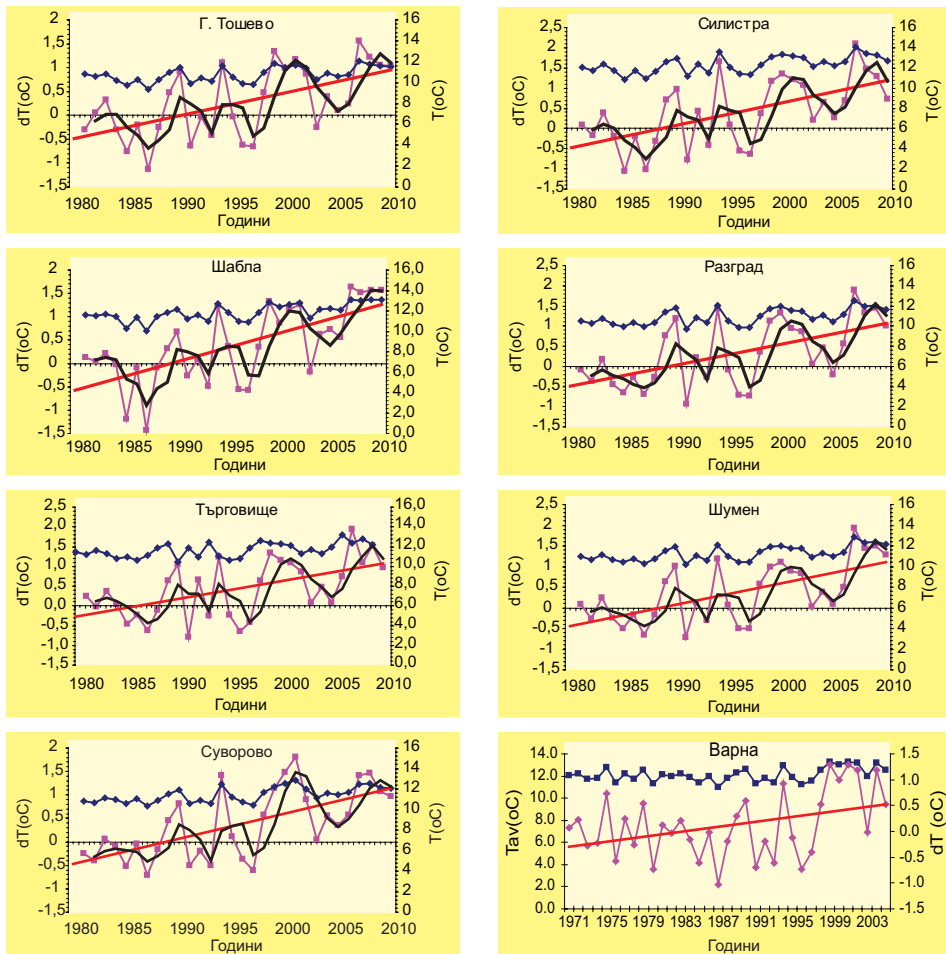
Изследването на температурните промени през последните 50 години обхващат преди всичко намирането на климатичните норми за всяка една от избраните 8 представителни за Североизточна България станции, определянето на големината и знака на отклонението на тези климатични норми спрямо климатичните норми за периода 1961-1990 г. и дефиниране на тенденцията на тази промяна.



Фиг. 1 Климатични стойности на средната температура през периода 1971-2010 г., отклонения ($^{\circ}\text{C}$) спрямо 1961-1990 г. и тенденция на промяната за Североизточна България

Fig. 1 Climatic values of the average temperature during the period 1971-2010, the deviations ($^{\circ}\text{C}$) compared to 1961-1990 and the trend of change for Northeastern Bulgaria

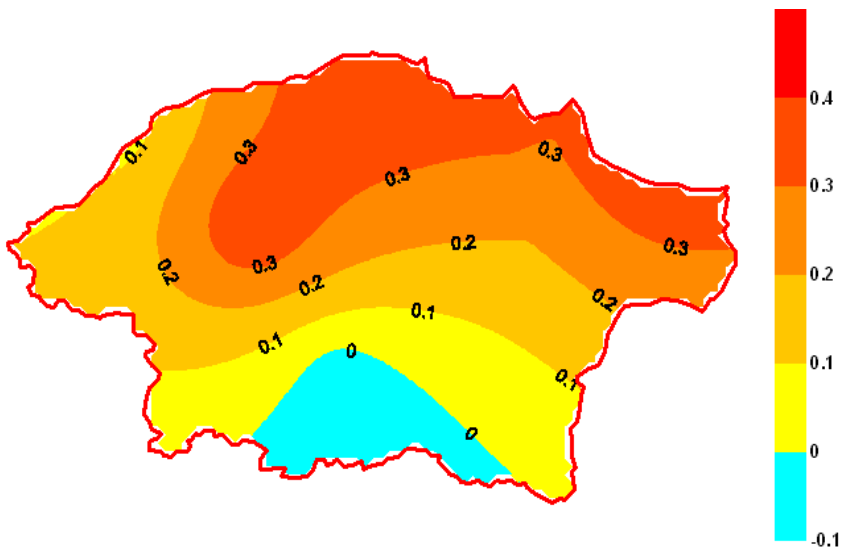
На фиг.1 са показани стойностите на средната температура за изследвания период и посочения район на България, отклоненията им спрямо 1961-1990 г. и тяхната тенденция. Очертава се тенденция на увеличаване на средните температури средно с 0.3°C на всеки десет години. Ако това се запази, означава че до средата на сегашния век увеличението на средната температура в Североизточна България с ще бъде с $1.5\text{-}2.5^{\circ}\text{C}$. В случая задачата на изследователите на промените на климата е да разкрият механизма на конкретните прояви на времето по сезони и какъв ще бъде ходът на екстремумите. Вероятно техните стойности ще достигнат отклонение $3\text{-}5^{\circ}\text{C}$ спрямо сегашните. Това означава, че абсолютните максимални стойности на температурите през лятото могат да достигнат $47\text{-}48^{\circ}\text{C}$, а абсолютните минимални до минус $31\text{-}33^{\circ}\text{C}$, през зимата. Всъщност симулациите провеждани с климатична модел „Aladin” насочват също към такива стойности на екстремумите след $50\text{-}60$ години, ако се приложи сценария на развитие A2B2 според Рамковата Конвенция за изменение на климата (РКИК).



Фиг. 2 Средни годишни стойности на температурата на въздуха за 1980-2010, отклонение спрямо 1961-1990 пълзящо средно на отклоненията и тренд за представителни станции в Североизточна България

Fig. 2. Annual average air temperature for 1980-2010, deviation compared to 1961-1990, moving averages and trend of the deviations for representative stations in Northeastern Bulgaria

Средната годишна температура на въздуха по години, отклоненията и от средната стойност за периода 1961-1990 г. и тенденцията на промяна за Г. Тошево, Силистра, Шабла, Разград, Търговище, Шумен, Суворово и Варна са показани графично на фиг. 2. На фиг. 3 е представено пространственото разпределение на изменението на температурите през периода 1971-2000 г. в сравнение с предишният 30 годишен период (1961-1990). От нея се вижда, че за по-голямата част от територията на Североизточна България се запазва тенденцията на нарастване на средномногогодишните стойности на температурата. В същото време тези стойности в централна Северна, централна Южна и Югозападна България имат добре очертана тенденция към застой или слабо понижение. Последица от повишаването на температурите ще бъде увеличаване на продължителността на безмразния период и скъсяване на периода с температури под 0°C, т.е. на зимата. Последствие от тази промяна ще бъде и увеличаване на сумата от активните температури, което ще предизвика и съответно увеличение на сумите от ефективните температури над 5°C и над 10°C. Всички тези факти означават, че през периода до 2020 г. и след това до 2050-2070 г., ако тази тенденция се запази ще бъдем свидетели на все повече увеличаващи се средни годишни стойности на температурите, удължаване на вегетационния период, скъсяване на зимата, увеличаване на амплитудата на температурите. Това ще бъде сигурна предпоставка за бързото изчерпване на водата в почвата и в условията на намалени годишни стойности на сумата на валежите – все по-ясно очертаващи се засушливи райони у нас.



Фиг. 3. Пространствено представяне на отклонението на средните температури на територията на Североизточна България в °C за периода 1971-2000 г. спрямо климатичните стойности за 1961-1990

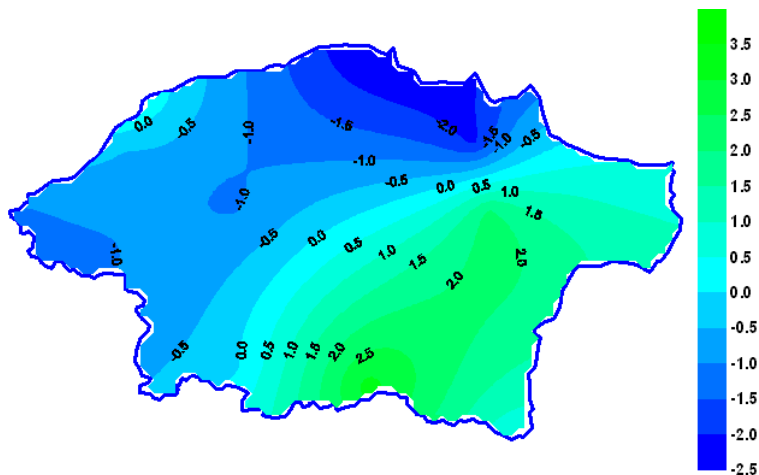
Fig. 3. Spatial representation of the deviation in average temperatures of territory in northeastern Bulgaria °C for the period 1971-2000, compared to climatic values for 1961-1990

Последните две суми имат изключително важно значение за развитието на селскостопанските посеви, защото темповете на растеж и развитие са тясно свързани с тези температурни показатели, то не е нищо друго освен достигане на определена сума от ефективни температури. Като пример ще посочим настъпването на някои фенофази при царевичката и връзката им със сумата от ефективни температури над 10°C - поникване 195°C; изметляване 645°C; изсвиляване 915°C; млечна зрелост

1230°C; въсчна зрелост 1420°C и пълна зрелост 1660°C. Тези стойности имат ориентировъчен характер, но при настъпването на етапите на развитие става при достигането им. При удължаването на периодите с температури над 0, 5 и 10°C следва изводът, че се удължава продължителността на вегетационния период на растенията. Това увеличение е средно с 10-18 дни на година. Същевременно повишаването на средните дневни температури означават по-бързо достигане на температурните суми, необходими за преминаването от един етап на развитие в друг. Това ще бъде предпоставка за скъсяване на междуфазните периоди и времето от сеитба до узряване.

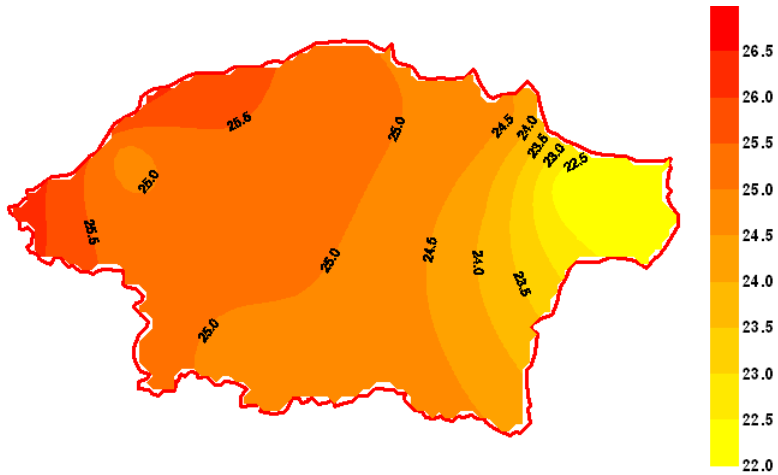
3.1. МАКСИМАЛНИ И МИНИМАЛНИ ТЕМПЕРАТУРИ

Когато се прави оценка на агроклиматичните условия и агроклиматичните ресурси в дадена район, област или община, една от най-важните характеристики са термичните условия, а те се определят от максималните и минималните температури на въздуха. На фиг. 4 и 5 е показано пространственото разпределение на средните максимални и минимални стойности на температурите на въздуха през разглеждания 40-годишен период. В Североизточна България са налице високи стойности на средните максимални температури, които достигат в отделни райони на тази част от страната до 2-2.3 пъти стойността на средната годишна температура за същите райони през същия период. Градацията на областите с високи средни и максимални температури са Русе, Търговище, Разград и отчасти Силистра, Шумен и Варна. Нарастването на средните максимални температури, става за сметка на средните минимални температури, чиито стойности остават положителни в северозападната част на разглеждания регион. Почти половината от площта на района средните стойности на минималните температури остават положителни през цялата година, в т.ч. Варна, Добрич и Шумен. Този факт сам по себе си свидетелства за настъпилите промени и проявите на глобалното затопляне.



Фиг. 5 Пространствено представяне на изменението на минималните температури за територията на Североизточна България в °C за периода 1971-2010 г спрямо климатичните стойности за 1961-1990

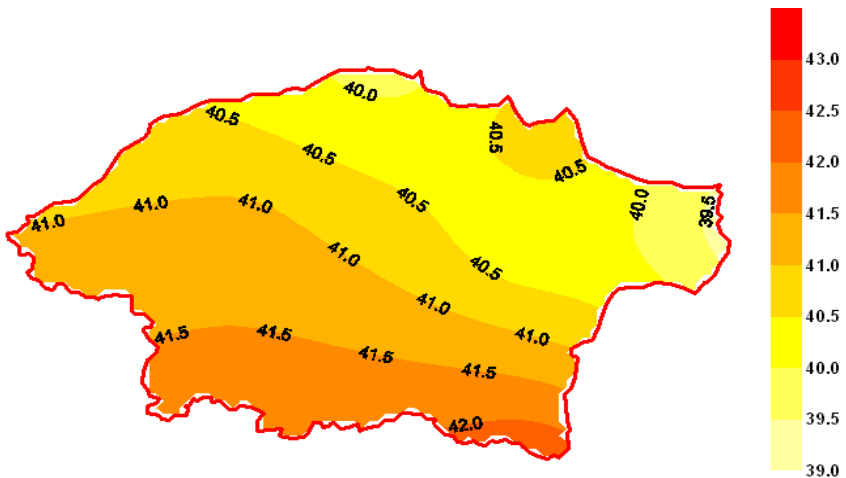
Fig. 5 Spatial representation of climate minimum temperatures for the territory in northeastern Bulgaria °C for the period 1971-2010 to climatic d values for 1961-1990



Фиг. 4 Пространствено представяне на изменението на максималните температури за територията на Североизточна България в °C за периода 1971-2010 г.

Fig. 4 Spatial representation of climate maximum temperatures for the area of northeastern Bulgaria in °C for the period 1971-2010

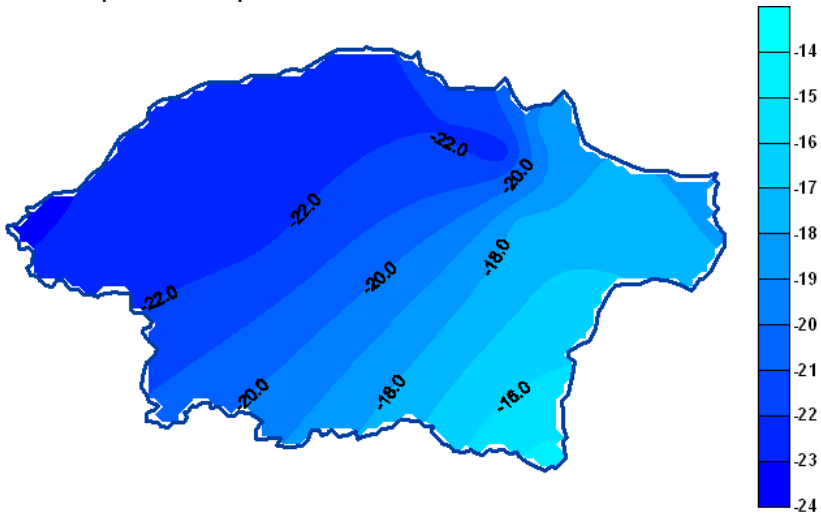
През периода 1971-2000 г. са измерени абсолютни максимални температури в граници от 35-45°C. Абсолютната максимална температура за периода в страната е измерена в станция Ямбол 44.4°C, а за Североизточна България максимума на температурата е измерен в Търговище 41.2°C. Най-ниската абсолютна максимална температура е измерена в климатична станция Шабла 39.6°C, фиг. 6. При такива абсолютни максимални температури, независимо от типа на земеделските култури е ясно че не може да се гарантира тяхното нормално развитие без напояване. В зависимост от продължителността и честотата на повторението им се наблюдава и различна степен на поражения и щети, независимо от технологията на отглеждане на селскостопанските посеви.



Фиг. 6. Пространствено представяне на абсолютните максимални температури на въздуха за Североизточна България в °C през периода 1971-2000 г.

Fig. 6. Spatial representation of the absolute maximum temperatures of air in northeastern Bulgaria °C during the period 1971-2000

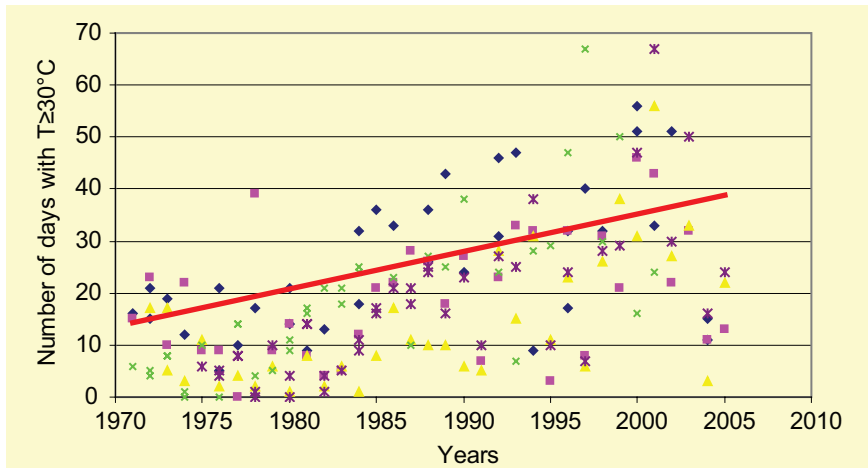
Стойността на най-ниската абсолютна минимална температура в страната през студената част от годината за периода 1971-2000 г. е -29.3°C и е измерена в Кнежа, а в Североизточна България най-ниската минимална температура през периода е измерена в Добрич -26.6°C . Най-високата от абсолютните минимални температури е -7.5°C и е измерена във Варна на 09.01.1979 г.



Фиг. 7. Пространствено представяне на абсолютните минимални температури на въздуха за Североизточна България в $^{\circ}\text{C}$ през периода 1971-2000 г.

Fig. 7. Spatial representation of the absolute minimum temperatures air in northeastern Bulgaria $^{\circ}\text{C}$ during the period 1971-2000

Преобладаващите абсолютни минимални температури са в граници от -16 до -22°C и те са наблюдават в северните и северозападни райони на Североизточна България, фиг. 7. Трябва да се отбележи, че понижението на температурите под -22°C гарантирано води до повреди на презимуващите култури, овощните насаждения и лозята. Тези повреди са толкова по-големи, колкото по-тънка е снежната покривка.

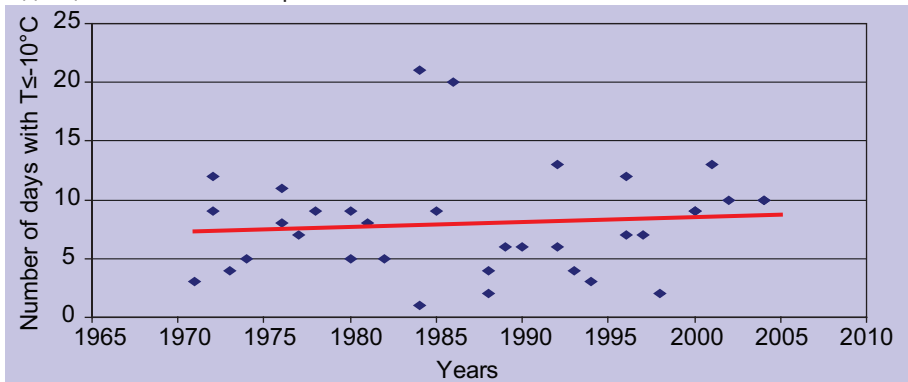


Фиг. 8. Брой дни с максимална температура по-висока от 30°C и тенденция на промяната за периода 1971-2005 г. в Североизточна България

Fig. 8 Number of days with maximum temperature higher than 30°C and the trend change for the period 1971-2005, in northeastern Bulgaria

Напоследък сме свидетели все по-често на безснежни зими или такива със сравнително тънка (10-20 см) и кратко задържаща се снежна покривка. Понижението на температурите под -25°C се свързва освен със щети от измръзване и с механични повреди при трайните насаждения – мразобойни и отхлупване, което следва да се вземе предвид при създаването на такива плантации.

В агрометеорологичните оценки се отдава голямо значение и на броя последователни дни и общия брой дни с температури над 30°C и под -10°C . Те са пряко свързани с наблюдаването на повреди – от топлинен стрес, суша и от измръзване. Динамиката на изменение на броя на дните със жега и мраз и тенденцията са показани фиг. 8-9.



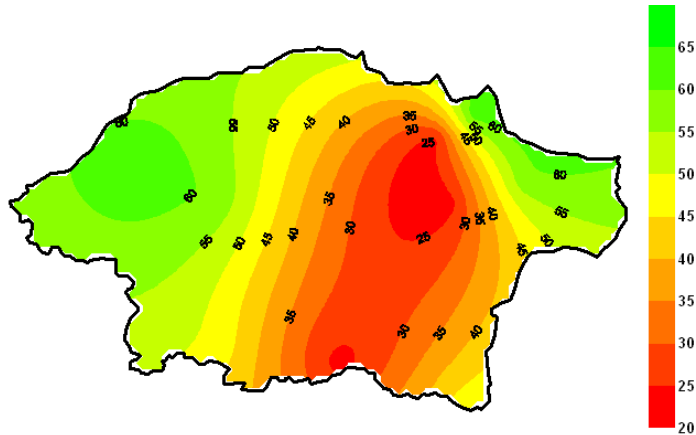
Фиг. 9. Брой дни с минимална температура по-ниска от -10°C и тенденция на промяната за периода 1971-2005 г. в Североизточна България

Fig 9. Number of days with minimum temperature lower than -10°C and the trend change for the period 1971-2005, in northeastern Bulgaria

3.2. УСТОЙЧИВ ПРЕХОД НА ТЕМПЕРАТУРАТА ПРЕЗ 0, 5, 10 И 15°C И СУМИ НА АКТИВНИТЕ ТЕМПЕРАТУРИ ПРЕЗ ТЕЗИ ПЕРИОДИ

Динамиката на температурите следва някои закономерности, определени от климата на даденото място. За полските райони на нашата страна са характерни три типа климат – континентален, преходно-континентален и преходно-средиземноморски, а обширни райони от източните части на страната са под влиянието на морето като климатообразуващ фактор. По смисъла на казаното съществуват няколко кардинални точки в многогодишната динамика на температурите, които представляват и са предмет на особен интерес от агрометеоролозите.

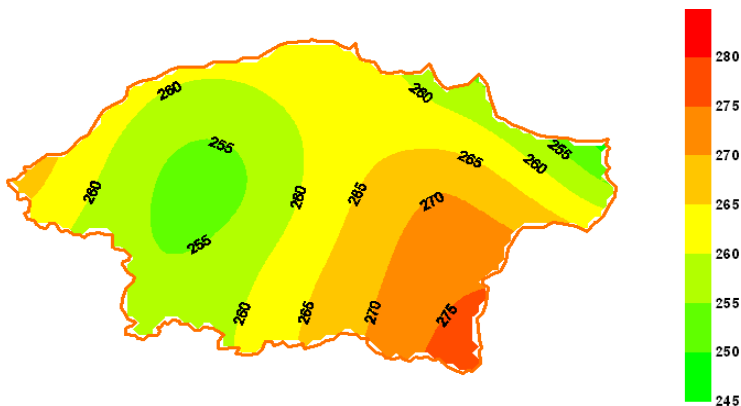
Първа такава точка е прехода и устойчивото задържане на температурите над и под 0°C . Периода с температура под 0°C се определя като мразов период, а този с температурата над 0°C като безмразов период. При условията на първия, когато има превалявания се образува снежна покривка, която се задържа и играе ролята на защитна покривка за селскостопанските посеви особено в условията на резки понижения на температурите. При безмразния период настъпва бързо разтапяне на снежната покривка, при което зимуващите посеви остават без защита при твърде вероятното рязко спадане на температурите под -10 до -15°C . На фиг. 10 е дадено пространственото разпределение на продължителността на периода със средна температура на въздуха под 0°C . Районите с най-голяма продължителност на мразовитото време са тези около Драгоман, Монтана, Враца, Перник, Кюстендил, София, Русе и Силистра – 60-80 дни; в крайдунавските райони от Ново село до Свищов, Югозападна и централна Южна България мразовитото време е 25-55 дни; под 25 дни е продължителността на периода с температура на въздуха под 0°C в Югоизточната част на Добруджа, по Черноморското крайбрежие и в Петричко-Санданския район.



Фиг. 10. Пространствено представяне на продължителността на периода със средна температура на въздуха под 0°C за Североизточна България през периода 1971-2000 г.

Fig. 10 Spatial presentation the length of the period with daily average air temperature below 0 °C in northeastern Bulgaria in the period 1971-2000

Втората характерна точка от динамиката на температурите е трайният преход на средната денонощна температура над или под 5°C. Този преход бележи възстановяването на пролетната вегетация при есенните култури и излизането на трайните насаждения от дълбокия зимен покой. Въобще този преход бележи началото на жизнените процеси при всички растения. Периода от прехода на температурата през 5°C през пролетта и есента е прието в агрометеорологията да се нарича потенциален вегетационен период (ПВП). Той всъщност представлява максималната продължителност на периода от време, през който зелените растения са физиологично активни. На фиг. 11 е показано пространственото разпределение на продължителността на ПВП у нас. Най-кратък е този период, там където периода с мраз е най-продължителен. В Североизточна България този период е с времетраене 255-275 дни, като по-голямата продължителност е характерна за крайморските райони.



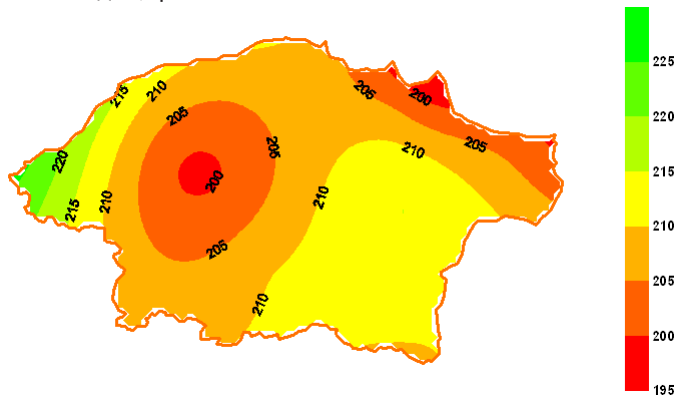
Фиг. 11. Пространствено представяне на продължителността на периода със средна температура на въздуха над 5°C за Североизточна България през периода 1971-2000 г.

Fig. 11 Spatial presentation the length of the period with daily average air temperature above 5 °C in northeastern Bulgaria in the period 1971-2000

Такава продължителност на РВП е добра предпоставка за развитие на интензивно земеделие, но съобразено с особеностите на времето и климата.

Третата кардинална точка от динамиката на температурите е периодът с трайно задържане на средните денонощни температури на въздуха над 10°C. Продължителността на периода с температура на въздуха над 10°C е времето за активна вегетация, растеж и развитие на всички зелени растения.

Този период се представлява реален вегетационен период (РВП). С устойчивото задържане на средноденонощните температури над 10°C в метеорологичен аспект се свързва с настъпването на пролетта, а с тяхното устойчиво задържане под 10°C, с настъпването на есента. Продължителността на РВП у нас варира от 180 до 260 дни. Районите, чиято продължителност на РВП е под 180 дни според сега действащите критерии на Европейския съюз (ЕС) се считат за необлагодетелствани и не са подходящи за интензивно земеделие. Най-краткият РВП в Северозападна България е в Разград 200-205 дни, а най-продължителен е този период в черноморската зона и в област Русе 210-220 дни; преобладаващата продължителност на РВП за тази част от страната е 205-210 дни, фиг. 12.



Фиг. 12. Пространствено представяне на продължителността на периода със средна температура на въздуха над 10°C за Североизточна България през периода 1971-2000 г.

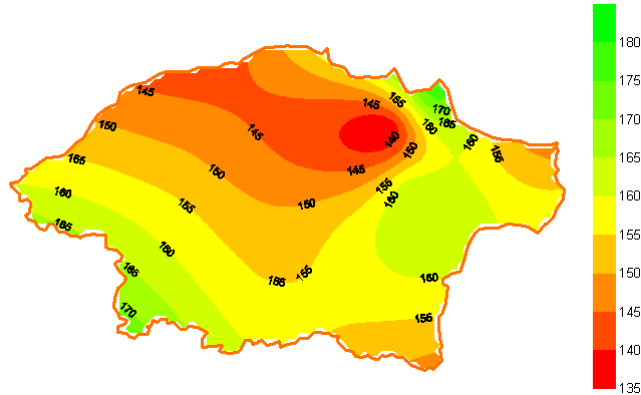
Fig. 12. Spatial presentation the length of the period with daily average air temperature above 10 °C in northeastern Bulgaria in the period 1971-2000

Четвъртата кардинална точка в динамиката на температурите е устойчивия преход на средните денонощни температури над 15°C. Този период от агрометеорологична гледна точка е част от РВП, но той е най-подходящ за растежа, развитието и формирането на добивите при топлолюбивите селскостопански култури и за отглеждането на зеленчуци. През този период за повечето райони на страната лимитиращ фактор за земеделието е наличието на влага, ето защо през този период трябва да се концентрират усилията на фермерите за осигуряване на достатъчно вода с оглед получаването на оптимални производствени резултати. В метеорологично отношение периодът със средна температура на въздуха $\geq 15^\circ\text{C}$ съответства на лятото.

Пространственото разпределение на продължителността на периода с трайно задържане на температурите на въздуха над 15°C е показано на фиг. 13. Продължителността на този период е от 90 до 180 дни като се запазва общата тенденция на пространственото разпределение от другите характерни моменти на динамиката на температурите.

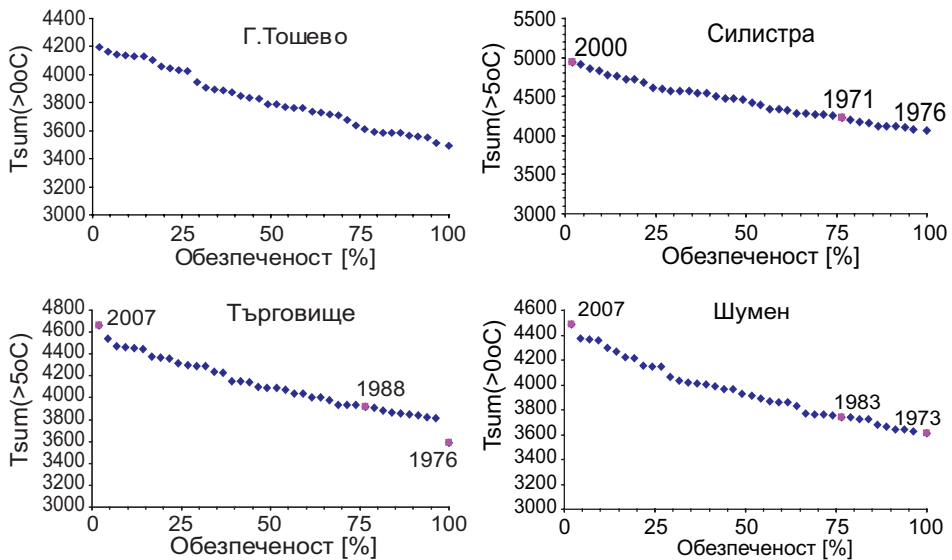
Всеки един от изброените периоди се характеризира с определена сума на активните температури. Те от своя страна, отразяват температурните ресурси

в дадена община от територията на страната. Температурните ресурси са много важен показател, който трябва да се има предвид при определянето на видовете селскостопански култури, които да бъдат отглеждани на дадено място. В този случай трябва да се има предвид и обезпечеността на посочените температури, т.е. да се провери през каква част от годините на определен времеви интервал е гарантирана дадената температурна сума. При определянето на обезпеченостите се определя вероятността за появата на конкретно метеорологично явление за 100-годишен период, фиг. 14.



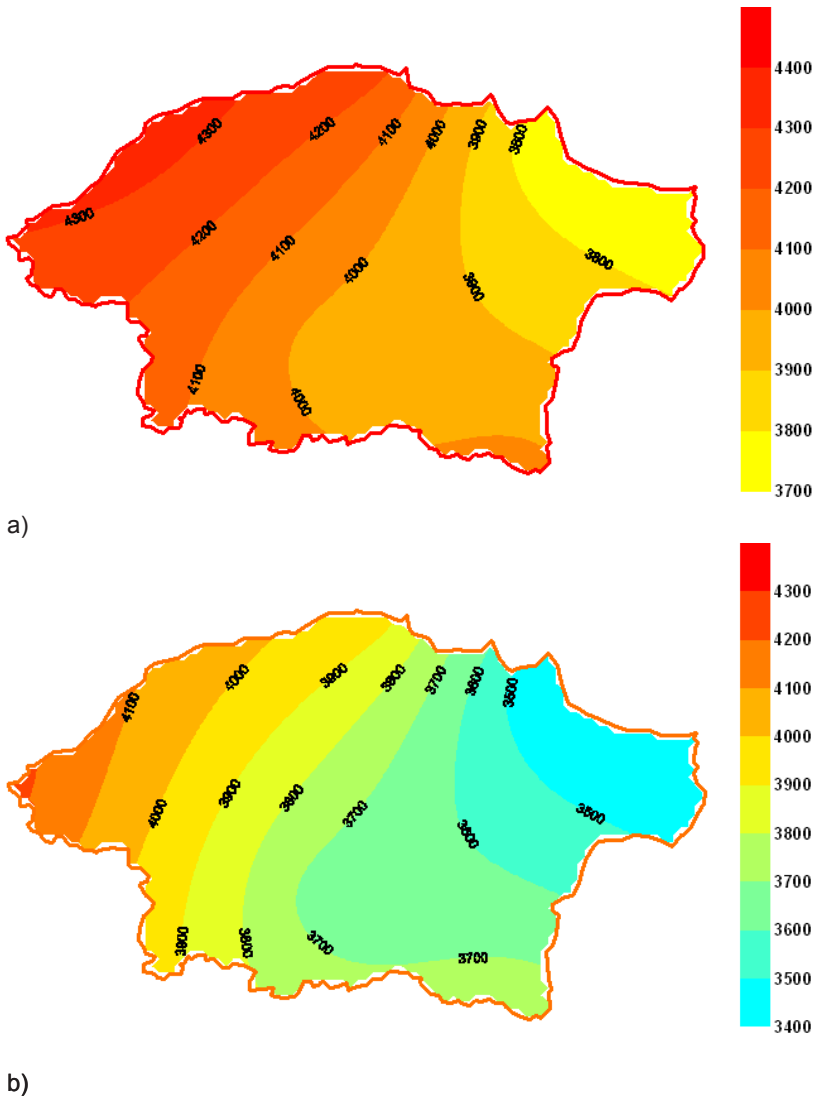
Фиг. 13. Пространствено представяне на продължителността на периода със средна температура на въздуха над 15°C за Североизточна България през периода 1971-2000 г.

Fig. 13. Spatial presentation the length of the period with daily average air temperature above 15 °C in northeastern Bulgaria in the period 1971-2000



Фиг. 14 Обезпечености на сумите от активните температури за Г. Тошево, Силистра, Търговище и Шумен през периода 1970-2000-2007 г

Fig. 14. Probability of the sums of active temperatures G. Toshevo, Silistra, Targovishte and Shumen for the period 1970-2000-2007



Фиг. 15. Сума на активните температури в Североизточна България в °С за периода със средна температура на въздуха над 5 (а) и 10°C (б) за Североизточна България през периода 1971-2010 г.

Fig. 15. Sum of active temperatures in northeastern Bulgaria (in °C) for period with average air temperature above 5 (a) and 10 °C (b) for northeastern Bulgaria in the period 1971-2010

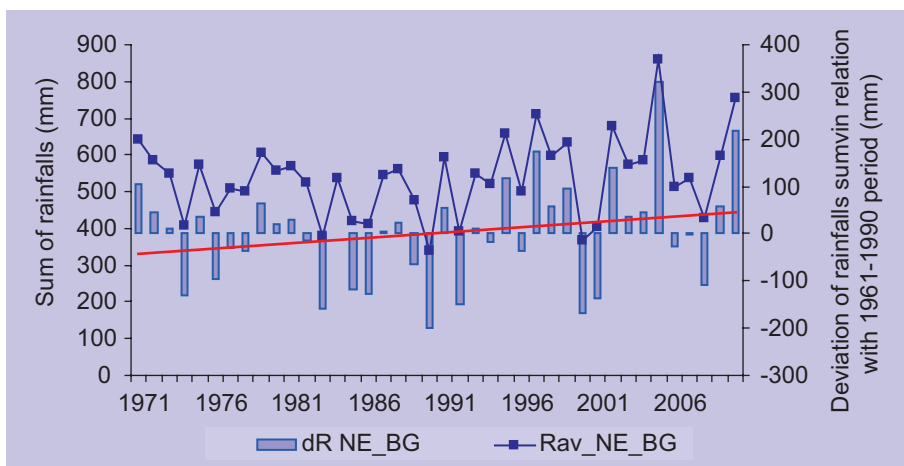
На фиг. 15 е представено пространственото разпределение на средната сума от активни температури за периода 1971-2000 г., натрупана през времето със стойности на средните денонощни температури $\geq 10^{\circ}\text{C}$. От двете фигури се вижда, че най-ниските стойности на сумите от активните температури са регистрирани в зоната на крайните североизточни райони. Стойностите на сумите нарастват от Изток на Запад и от Север на Юг. Минималните стойности на сумите са $3500\text{--}3800^{\circ}\text{C}$ (Добрич, Шабла, Г. Тошево), а максималните достигат до $4100\text{--}4300^{\circ}\text{C}$ (Русе).

3.3. АТМОСФЕРНО И ПОЧВЕНО ОВЛАЖНЕНИЕ

3.3.1. ГОДИШНА СУМА НА ВАЛЕЖИТЕ

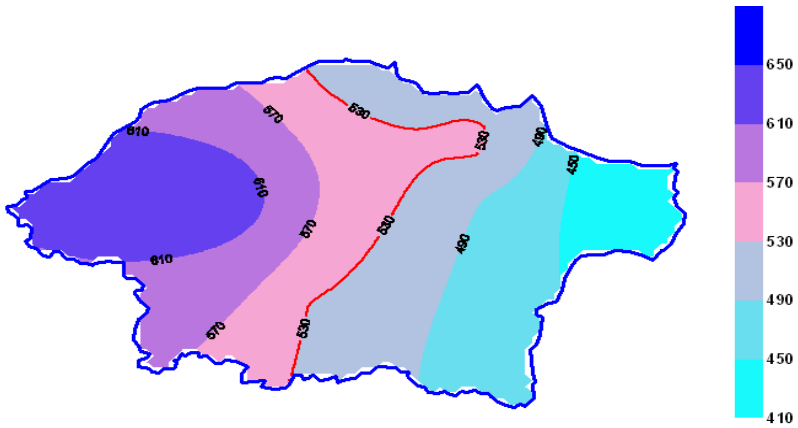
Оценката и характеризирането на условията на влагообезпеченост на селскостопанските посеви има първостепенно значение при изучаването на агроклиматичните ресурси на страната. От условията на овлажнение в голяма степен зависят размерите на добивите от земеделските култури, които могат да се отглеждат при определени топлинни условия, както и мерките, които трябва да се вземат за да се осигурят високи и стабилни добиви от тях. Това определя стопанската целесъобразност на отглеждането на едни или други култури върху дадена територия.

Най-точна оценка и характеристика на тези условия би могло да се постигне чрез измерване на продуктивната влага в почвата. Именно продуктивната влага е най-сполучливия интегрален, комплексен показател за условията на влагоосигуреност на селскостопанските площи. Тя е реален резултат от взаимодействието между метеорологичните условия, почвите и специфичните биологични и агротехнически условия. Влагата в почвата включва както приходната част – валежите и вертикалния влагообмен в почвата, така и разхода на вода – отток и изпарение. Разликата между двете основни пера обуславя размера на продуктивната влага, която е достъпна и усвоима за растенията.



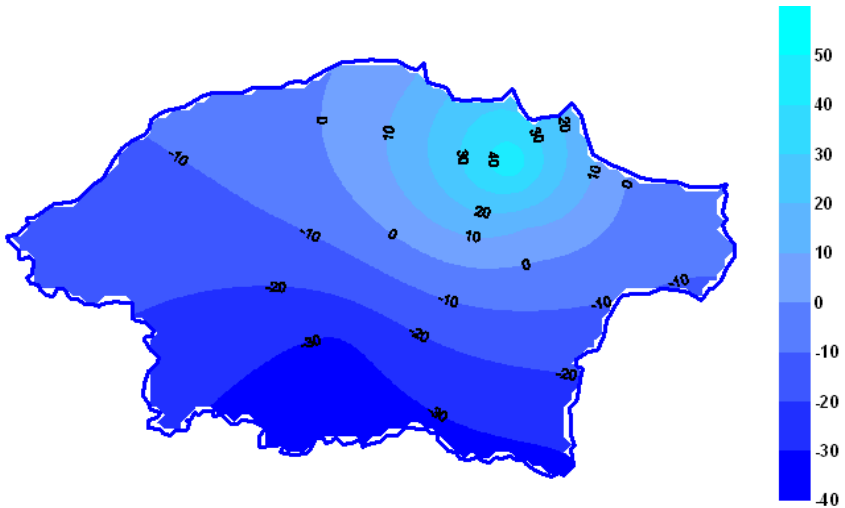
Фиг. 16 Климатични суми на валежите за 1971-2000 г., в Североизточна България, отклонения спрямо 1961-1990 г., и тенденция на промяната
Fig. 16. Climatic precipitation for 1971-2000, in northeastern Bulgaria, deviations for 1961-1990, and a trend of change

Сумата на валежите през последните 30 години и пресметнатите климатични норми, тяхното отклонение спрямо периода 1961-1990 г. и тенденцията на промяна са показани на фиг. 16. Тенденцията е към намаляване на количеството на валежите с около 20 mm средно за страната, но има райони, където намалението достига стойности до 40-60 mm. На фиг. 17 е представено пространственото разпределение на сумата от валежите и отклонението им в сравнение с 1961-1990 г. Ясно се очертават два района на понижение и на увеличаване на количеството на валежите. Разделителната линия минава през нулевата изолиния и започва от Тутракан, минава през Добрич и достига до Г. Тошево. На юг от тази линия е регистрирано намаление на валежите, а на север от нея средногодишната стойност на сумата на валежите бележи увеличение с 30-40 mm спрямо периода 1961-1990 г.



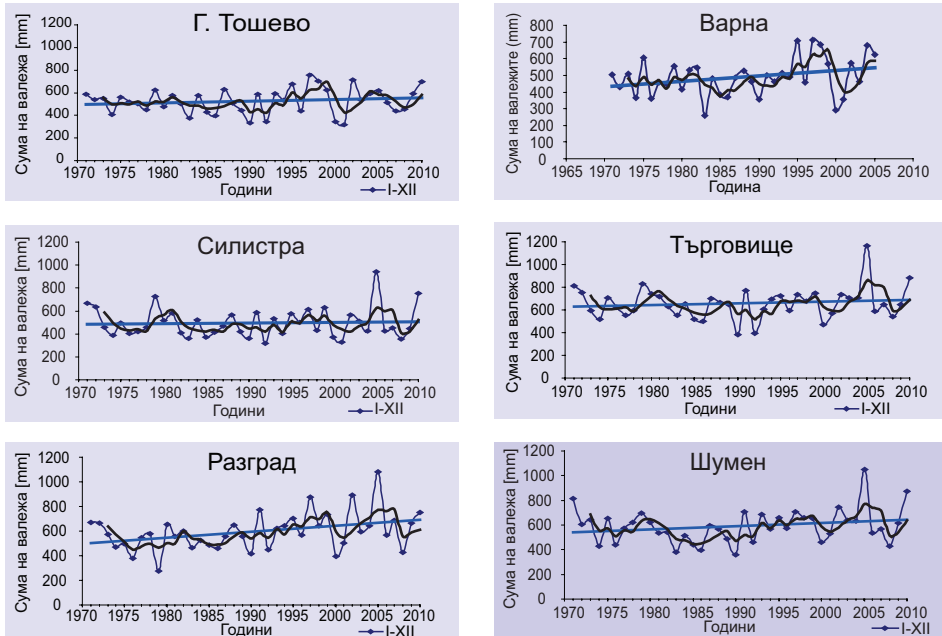
Фиг. 17. Климатични стойности на сумата на валежите през периода 1971-2010 г., **удебелената изолиния** съответства на средната сума на валеж за Североизточна България.

Fig. 17 Climatic values of the rainfall during sums during the period 1971-2010, the thick contour corresponds to the average rainfall for northeastern Bulgaria



Фиг. 18 Пространствено представяне на отклонението на годишните суми на валежите в Североизточна България през периода 1971-2010 г. спрямо 1961-1990 г.
Fig. 18. Spatial presentation of the annual precipitation deviation in northeastern Bulgaria in the period 1971-2010, in comparison with the same data for 1961-1990 period.

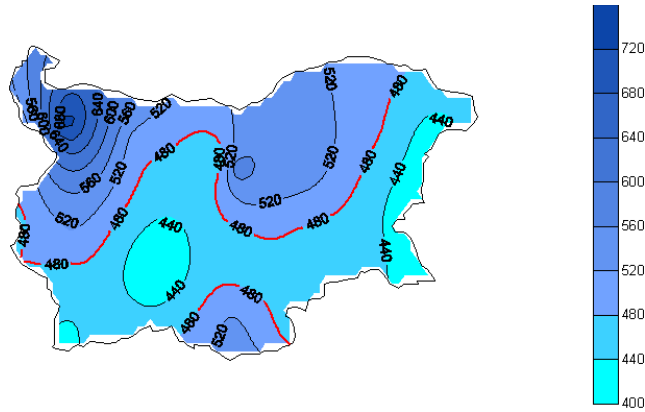
Средната климатична стойност на валежите през периода 1971-2000 г. е 530 mm, а пространственото разпределение на климатичните стойности на валежите по територията на страната е показано на фиг. 19. Районите, в които климатичната стойност на валежите е по-висока от 530 mm са предимно в Северната част на Североизточна България.



Фиг. 19. Годишни суми на валежите за 1971-2010, отклонение спрямо 1961-1990, пълзящо средно на отклоненията и тренд за представителни станции в Североизточна България
Fig 19 Annual precipitation sums for 1971-2010, deviations in relation with 1961-1990, moving averages and trend of the deviations for representative stations in Northeastern Bulgaria

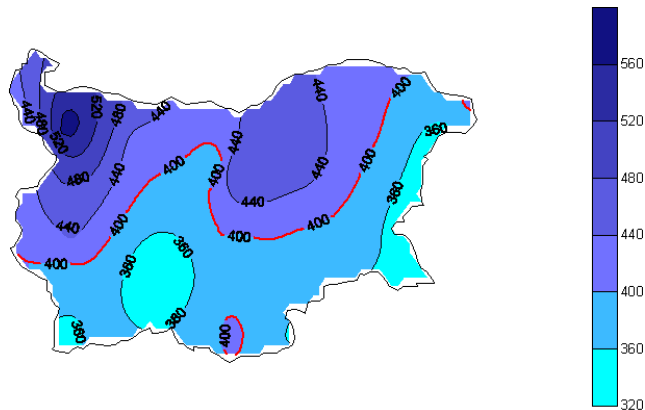
3.3.2. СУМИ НА ВАЛЕЖИТЕ ПРЕЗ ПЕРИОДИТЕ С УСТОЙЧИВ ПРЕХОД НА ТЕМПЕРАТУРАТА ПРЕЗ 0, 5 И 10°C

Сумата на валежите през периодите с устойчив преход на температурата през 0, 5 и 10°C е показател, който определя потенциала за развитието на селскостопанските култури. Определянето на районите, където количеството на валежите е недостатъчно е изключително важно, предвид необходимостта от компенсиране на недостига чрез поливане. Още по-важно е да се знае какво е тяхното разпределение във времето. Растежа, развитието и формирането на добивите от селскостопанските култури е в пряка зависимост от наличието на вода в почвата през репродуктивния период от развитието им. Затова ще бъде полезно да се познаят средните многогодишни стойности на сумите на валежите през специфичните периоди на динамиката на температурите. Периодът с температури под 0°C се характеризира с отсъствието на каквито и да е вегетационни процеси и от агрометеорологична гледна точка е период на есенно-зимно влагонатрупване в почвата и покой на есенните култури. През този период се формира воден запас в почвите, който ще осигури потребността на растенията от вода веднага след възстановяване на вегетацията през пролетта. Друг важен показател за условията на овлажнение са количеството на валежите, които падат през периода с температура на въздуха над 5°C. Тяхното пространствено разпределение определя естествените условия на овлажнение през топлия период от годината. Климатичната стойност на количеството на валежите за страната през периода 1971-2000 г. е 500 mm. В Североизточна България сумата на валежите за периода с температура над 0°C е над средната стойност само в северозападните райони – Русе. За всички останали части на разглеждания район дефицита стига до 60 mm.



Фиг. 20. Пространствено разпределение на климатичните стойности на сумата на валежите през периода с температура на въздуха над 5°C за времето 1971-2000 г.; червената изолиния съответства на средната стойност на сумата на валеж за страната.

Fig. 20. Spatial distribution of climatic values for the rainfall sums during the period with temperature above 5 °C, for 1971-2000 period, the tick contour corresponds to the average rainfall for the country.



Фиг. 21. Пространствено разпределение на климатичните стойности на сумата на валежите през периода с температура на въздуха над 10°C за времето 1971-2000 г., червената изолиния съответства на средната стойност на сумата на валеж за страната.

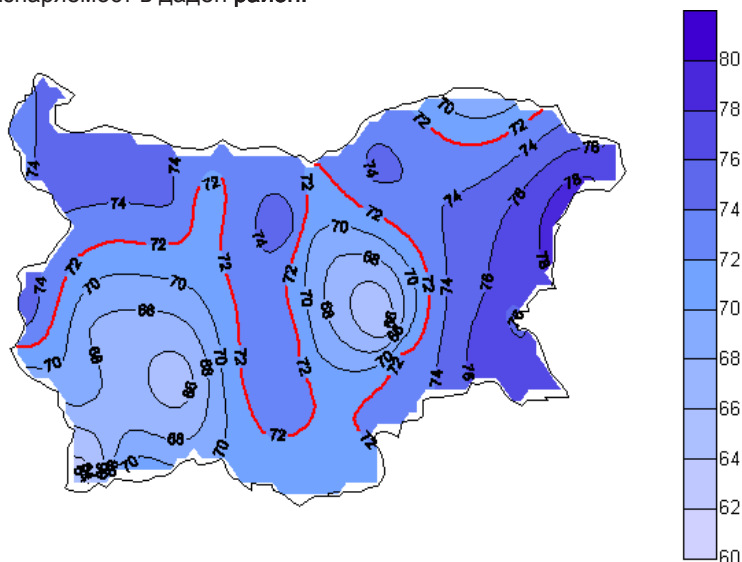
Fig 21 Spatial distribution of climatic values for the rainfall sums during the period with temperature above 5 °C, and 1971-2000 period. The tick contour corresponds to average rainfall over the country.

За развитието на земеделските култури е много важно какви са условията на овлажнение през периода на растеж и формиране на добивите и особено в момента на преход от вегетативен към репродуктивен стадий. Характеризирането на тези условия става чрез сумата на валежите през потенциалния вегетационен период (ПВП) и сумата на валежите през реалния вегетационен период (РВП). Началото и края на потенциалния вегетационен период (ПВП) съвпада с преходите на температурата на въздуха през 5°C през пролетта и есента, а РВП съответства на продължителността на периода със среднодневни температури на въздуха над 10°C.

Тези агроклиматични характеристики и тяхното пространствено разпределение по територията на страната са показани на фиг. 20-21. Сумата на валежите съответстваща на средната за страната климатична стойност е очертана червена изолиния.

3.4. ДРУГИ МЕТЕОРОЛОГИЧНИ ЕЛЕМЕНТИ, ЧИТО ХАРАКТЕРИСТИКИ ОКАЗВАТ ВЛИЯНИЕ НА АГРОКЛИМАТИЧНИТЕ УСЛОВИЯ

Относителната влажност на въздуха е метеорологичен елемент, който характеризира условията на атмосферно овлажняване и пряко влияе върху условията на изпаряемост в даден район.



Фиг. 22. Пространствено разпределение на климатичните стойности на относителната влажност на въздуха през периода 1971-2000 г.; червената изолиния съответства на средната стойност на относителната влажност на въздуха за страната.

Fig. 22. Spatial distribution of climatic values for relative air humidity during 1971-2000 period, the thick contour corresponds to the average relative humidity for the country.

Тя силно зависи от температурата на въздуха и сумата на валежите, а също така и от скоростта на вятъра и орографията на терена. На фиг. 22 са представени климатичните стойности на относителната влажност на въздуха за периода 1971-2000 г. за цялата страна. Климатичната стойност на средната годишна относителна влажност на въздуха е 72 %. В североизточната част на страната почти навсякъде относителната влажност на въздуха е по-висока от климатичната стойност. Изключение прави само района на Силистра. Ниските стойности на относителната влажност на въздуха са индикатор за бързо изразходване на водните запаси в почвата чрез механично изпарение или чрез евапотранспирация от растителната покривка. Ниските стойности на относителната влажност на въздуха са сигурен показател за необходимостта от изкуствено напояване, което да осигури оптимални условия за растежа, развитието и продуктивността на културите. Достатъчната влажност на въздуха през периода на интензивен растеж обезпечава значителен прираст на биомаса. Негативно влияние оказват както излишъкът, така и недостигът на въздушната влажност.

При повишено атмосферно овлажняване при зърнено-житните е възможно прекомерно нарастване на размерите на биомасата, което да доведе до полягане на

посева, а също така редуциране на опрашването по време на цъфтеж. Повишената влажност на въздуха обуславя увеличаването на инфекциите с гъбни болести- мана по лозата, фитифтора при картофите, различните ръжди по зърнено-житните.

За условията на България по-често се наблюдава по-ниска относителна влажност на атмосферния въздух. Понижаването ѝ до и под 30% води до намаляване на тургора в листата и преждевременното им изсъхване, като по този начин се понижава фотосинтетичната дейност на посева и в крайна сметка добивът намалява.

Особено вредно е понижаването на влажността на въздуха по време на цъфтеж и наливане на семената. Установено е, че при високи температури на въздуха и ниска относителна влажност по време на наливане на зърното при пшеницата и ечемика предизвиква спарушване на зърното и рязко снижение на хектолитровото тегло на добива.

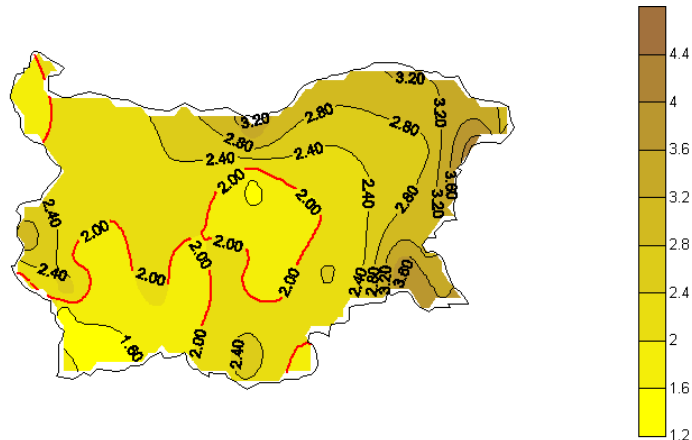
От влажността на въздуха зависи също така, качествено изпълнение на някои аграрни практики като прибирането и овършаванто на зърното, което е толкова по добро, колкото е по-ниска влажността на въздуха; направата на силажи; съхраняването на продукцията и др.

3.4.2. СКОРОСТ НА ВЯТЪРА

Скоростта на вятъра е параметър, който усилва условията за изпарение, има неблагоприятно въздействие на състоянието на овлажнение на почвата и увеличава скоростта на евапотранспирацията на селскостопанските посеви и трайните насаждения.

Според Лингова и Кючукова се отделят девет класа време: 1. Силно засушливо без вятър и с вятър; 2. Умерено засушливо време; 3. Малко облачно (незасушливо време); 4. Облачно през деня с валеж и без валеж; 5. Облачно през нощта време с валеж и без валеж; 6. Облачно (без валежи) време; 7. Дъждовно време; 8. Влажно, с тропически характер време; 9. Мразовито време.

Отделните класове са подразделени още на подкласове, с вятър и без вятър, тъй като вятърът, придружаващ отрицателните температури, прави студа по-осезателен. През зимата такава време въпреки отрицателните минимални температури води до топене на снежната покривка през деня. В ранна пролет и късна есен въпреки положителните температури през деня то довежда до опасни за културните растения нощни мразове и слани.

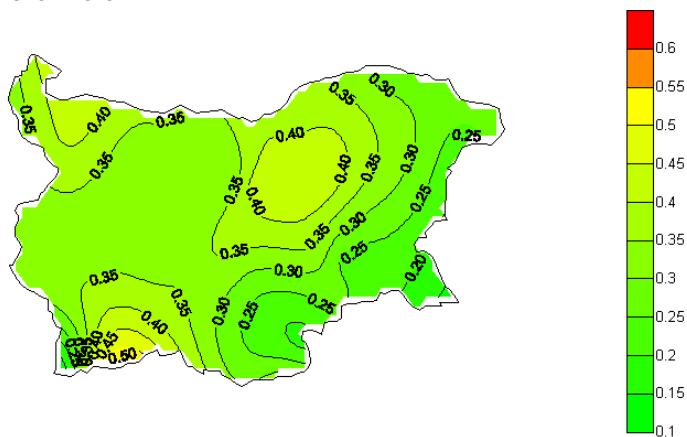


Фиг. 23. Пространствено разпределение на климатичните стойности на скоростта на вятъра през периода 1971-2000 г.; червената изолиния съответства на средната стойност на скоростта на вятъра за страната.

Fig. 23. Spatial distribution of climatic values of speed wind during the period 1971-2000, the tick contour corresponds to the average value of wind speed for the country.

3.4.3. УСЛОВИЯ ЗА ИЗПАРИЕНИЕ И ПРЕДСТАВЕНИ ЧРЕЗ ЕВАПОТРАНСПИРАЦИЯТА, ПРЕСМЕТНАТА ПО ФОРМУЛАТА НА PENMAN-MONTEITH

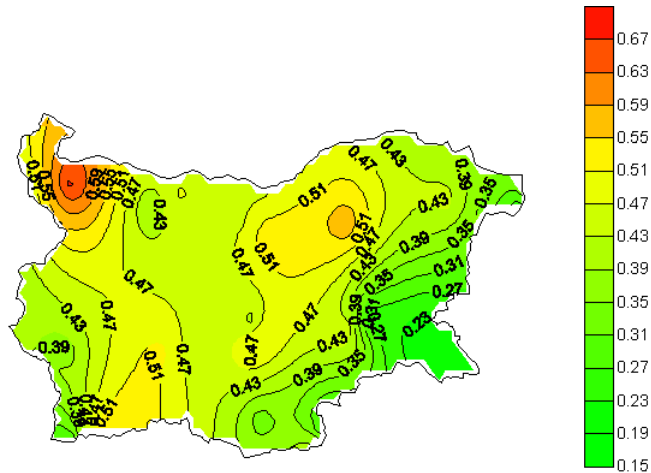
За да се определят условията за изпарение и формирането на недостига от продуктивна влага в почвата в зависимост от агрометеорологичните условия на страната ни бяха пресметнати стойностите на отношението между реалната и потенциалната евапотранспирация ETo/ETr за целия потенциален вегетационен период (ПВП). Той, както е известно обхваща времето от трайния преход на среднодневната температура на въздуха над $5^{\circ}C$ през пролетта до прехода на тази температура под $5^{\circ}C$ през есента. От своя страна ПВП е се разделя на два подпериода – от март до края на юни, когато се формират добивите от есенните култури и от юли до края на август, когато се формират добивите от пролетните култури. За да се получат данни за ограниченията възникващи от недостига на почвена влага е използвана наличната метеорологична и агрометеорологична информация. Най-напред е пресметната реалната евапотранспирация по формулата на Penman-Monteith (FAO 56), след което беше пресметната потенциалната евапотранспирация чрез прилагане на данните от метеорологичните наблюдения в 50 станции по формулата на Иванов. На базата на получените стойности се определи отношението ETo/ETr по периоди на фенологично развитие на културите (март-юни, юли-август и март-август). Установи се, че през периода март-юни стойностите на отношението за цялата страна са от 0.19 до 0.44, но навсякъде под 0.5 – фиг.24. За административните области в североизточната част на страната стойностите на това отношение са 0.2-0.4. Това значи, че през периода март-юни приходната част на влагата е по-малка отколкото разходната. Изследванията сочат, че количеството на валежите през този период рязко е намаляло и цялата територия на страната може да бъде класифицирана като район със скъсен вегетационен период, поради недостиг на почвена влага.



Фиг. 24 Пространствено разпределение на стойностите на отношението ETo/ETr през март-юни за периода 1971-2000 г.

Fig. 24 Spatial distribution of the ratio values ETo/ETr in March-June for the period 1971-2000

В същото време в резултат на зимното влагонатрупване в повечето случаи водните запаси в еднометровия и двуметров почвен слой на почвата са сравнително добри особено и това е основната предпоставка поради която повишената консумация се компенсира от резервите в почвата. Освен това продължителността на този период е 112 дни, но като се вземе предвид, че средната продължителност на потенциалния вегетационен период е средно 265 дни, то до края на юни не са налице условия за скъсен (под 90 дни) вегетационен период.



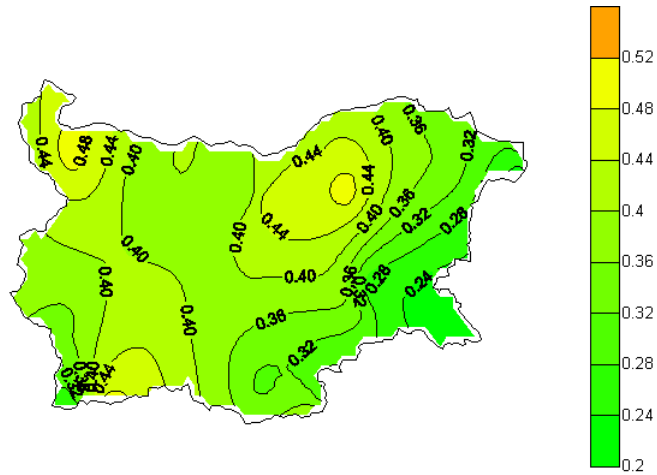
Фиг. 25. Пространствено разпределение на стойностите на отношението ETo/ETp през юли-август за периода 1971-2000 г.

Fig. 25. Spatial distribution of the ratio values ETo/ETp in July-August for the period 1971-2000

Месеците юли и август у нас се характеризират с горещо и сухо време, като средните стойности на максималните температури за периода 1971-2000 г. надвишават $35^{\circ}C$ ($37.2-37.8^{\circ}C$) и едновременно с това сумата на валежите достига годишния си минимум (20-40 mm). При тези условия отношението ETo/ETp има стойности от 0.15 до 0.67 – фиг.25. В разглеждания от нас район тези стойности са 0.31-0.5. Това сочи, че в повечето области на Североизточна България през месеците юли и август превишава два пъти сумата на валежите. Съгласно възприетите методики за оценка на условията на почвено овлажнение през вегетационния период само районите за които това отношение е по-голямо от 0.5 се счита че могат да бъдат определени като райони със скъсен вегетационен период поради недостиг на почвеното овлажнение. Това отново съответства на районите Разград и Русе.

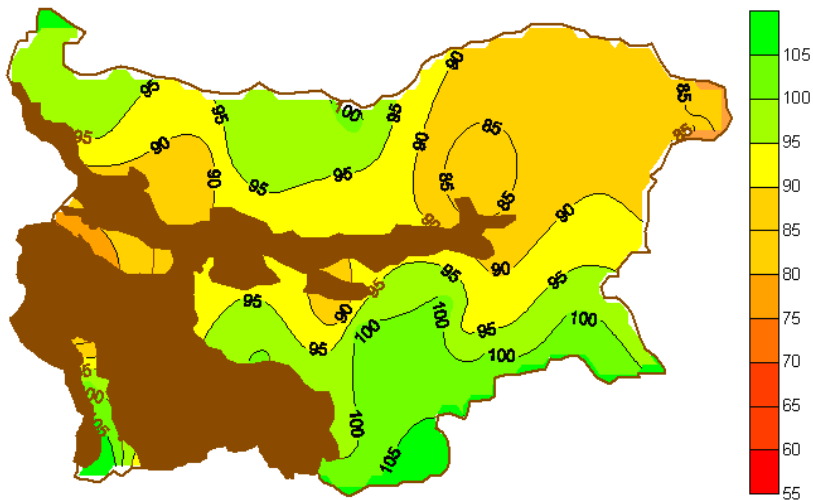
Бяха пресметнати и стойностите на отношението ETo/ETp за целия потенциален вегетационен период (ПВП) за последните 30 години на 20 век (1971-2000 г.), като на фиг. 26 е показано пространственото разпределение на климатичните му стойности. В резултат на пресмятанятия се установи, че поради недостиг на почвена влага средната продължителност на ПВП се намалява общо със 174 дни. Така продължителността на ПВП спада под 90 дни за много райони като Образцов чифлик 89 дни, Добрич 80 дни, Г. Тошево 82 дни, София 78 дни и Драгоман 56 дни. Освен това при тези условия съществуват доста обширни части от земеделските райони на страната в които продължителността на вегетационния период е с критична стойност – 90 дни.

Това са районите на предбалкана около Враца, В. Търново, Русе, Търговище, Шумен, Варна, Добрич, Силистра, подбалканските полета и района на Казанлък, западната част на Софийското поле, северната част на долината на р. Струма. В Тези райони е препоръчително да бъдат взети предвид при окончателното определяне на засегнатите от недостига на почвена влага земеделски земи, фиг. 27 Тук също попадат и части от планинските райони с надморска височина над 1000 m, и не позволяват интензивно земеделско производство.



Фиг. 26. Пространствено разпределение на стойностите на отношението E_{To}/E_{Tp} за целия потенциален вегетационен период (март-октомври) на периода 1971-2000 г.

Fig. 26. Spatial distribution of the ratio values E_{To}/E_{Tp} for all vegetative period March-October and the period 1971-2000



Фиг. 27. Пространствено представяне на продължителността на вегетационния период в резултат на недостига на почвена влага за потенциалния вегетационен период. Климатични стойности за периода 1971-2000

Fig. 27. Representation of the length of the growing season due to lack of soil moisture potential vegetation period. Climatic values for the period 1971-2000

ИЗВОДИ

Анализирани бяха средните температури по месеци и години за разглеждания период. Тяхната изменчивост води до промяна в продължителността на вегетационния период и увеличение на сумите на активните и ефективни температури. Едновременно с това са установени показателни и съществени тенденции на намаляване на

количеството на валежите с 20-40 мм в полските райони на страната. Изключение от това са североизточните и югоизточни райони на страната, където годишната сума на валежите се е увеличила с 20-30 мм.

**СУМИ НА АКТИВНИТЕ ТЕМПЕРАТУРИ, СУМИ НА ВАЛЕЖИТЕ ПО ПЕРИОДИ И
ГОЛЕМИНА НА ПОЧВЕНИТЕ ВЛАГОЗАПАСИ В ЕДНОМЕТРОВИЯ СЛОЙ**

Таблица 1

Станция	Почвени влагазапаси		Сума на T>0°C	Сума на валежа в [mm] по периоди			
	в mm	в % от ППВ		(X-III)	(IV-VI)	(I-XII)	(20V-20VI)
Г.Тошево	274	83	3612	165.8	119.8	438.4	30.8
Шабла	-	-	3894	156.1	67.8	338.9	15.7
Суворово	276	80	3802	167.0	93.7	446.7	28.1
Силистра	305	86	4227	165.1	93.3	404.5	22.9
Разград	331	92	3696	172.3	138.9	488.2	46.2
Търговище	348	89	3919	205.0	143.7	569.7	51.6
Шумен	299	92	3738	191.0	139.4	488.3	22.9

Промяната на агроклиматичните условия се характеризира и с променени условия на презимуване, отсъствието на дебела снежна покривка, намалено ниво на влагазапасяване на почвата, увеличение на честотата на аномалиите и опасните явления. Повишаването на температурите увеличава риска от засушаване и от топлинен стрес за посевите, влошава условията за опрашване, а това изисква промяна в стратегията за управление, табл. 1.

В рамките на **направените анализи на хидротермичните условия в Североизточна България** за последните 50 г. могат да се направят следните по-съществени изводи с оглед организацията на земеделието в този район:

- Съществува ясна и добре очертана тенденция във всички области на региона към увеличаване на средните годишни температури. Това увеличение е преди всичко за сметка на повишаването на температурите през студения период на годината;
- Абсолютните максимални през анализирания период са по-ниски от абсолютния максимум за страната; Абсолютните минимални температури също нямат рекорден характер за страната, т.е. те са по-високи от абсолютните минимални измерени в България през изследвания период;
- Броят на дните с температури над 5 и 10°C са съответно 255-275 и 210-220 като тези стойности са по-ниски от средните за страната, а това е индикатор за темповете на промяна на климата. Последния факт свидетелства за умерени темпове на изменение на климата;
- Броят на дните с температура под 0°C е в рамките от 25 до 60 дни, като най-къс е периода с температури под 0°C в околността на точката където се събират границите на областите Добрич, Варна и Шумен и върви по границата между областите Варна и Шумен;
- Броят на дните с температури над 30°C е от 24 през 1970 г. до 48 дни през 1995 за да се стигне до 50-55 през 2000 година като тенденцията на нарастване на броят на тези дни се запазва и до момента. Това също е индикатор за климатичната промяна
- Броят на дните с температури под -10°C не се изменя толкова убедително. Даже може да се каже, че броят на тези дни остава сравнително постоянен за последните 40 г. е 10-12-13.
- Годишната сума на валежите, както вече беше констатирано, като цяло тенденцията е към повишаване на сумата на валежите с 20-40 мм, но има райони, където сумата на валежите нараства по значително и те евентуално трябва да

бъдат използвани изключително прецизно за получаване на максимални растежни резултати от отглеждането на зимна пшеница;

- Сумата на валежите през периода с $T > 5^{\circ}\text{C}$ и $T > 10^{\circ}\text{C}$ силно намалява, това поставя пред технолозите и селекционерите въпроса за създаване или на нова технология за отглеждане на зимна пшеница или за създаване на нови сортове – по-непренициозни към количеството на водните запаси по време на формирането на добивите и наливането на зърното;

- Комбинацията от силно увеличаващи се температури и относително по-слабо нарастваща годишна сума на валежи обуславя увеличена консумация на вода от растенията и нейното физическо изпарение от почвата и биологично изпарение от посевите (евapotранспирация) поставят с все по-силно нарастваща сила въпросът за напояване на пшеницата чрез дъждовални инсталации, така както това се прави в Норвегия и Швеция.

БЛАГОДАРНОСТ (ACKNOWLEDGEMENT)

Authors express their appreciations to the BELSPO for support of these Researches in the frame of Proba-V Project, Contract Nr 00/xx/16.

ЛИТЕРАТУРА

Алпатов А.М. 1954. Влагооборот культурных растений. Л.

Будыко М.И. 1971. Температура деятельной поверхности и ее биологическое значение. Современные проблемы метеорологии приземного слоя воздуха, Л. Гидрометеиздат

Ганева Б. 1973. Влияние на температурните условия върху развитието на зимната пшеница през репродуктивния период и настъпването на основните фенофази при условията на нашата страна. Хидрология и метеорология, год. XXII, кн. 1, стр. 59-67.

Гюрова М., М. Вандова 2004. Агроклиматични условия в България за отглеждане на соята като втора култура, Екология и индустрия, том. 6, № 1, 2004 г.

Дроздов, О. А. 1962. Кореляционные связи в климатологии. Труды ВНИС, IV.

Дуков Р. 1985. Прогнозиране на добивите от соя на базата на система за вземане на решения DSSAT и анализ на временните редове, Сп. Проблеми на метеорологията и хидрологията.

Казанджиев В., В. Георгиева 2005. Калибриране на модела WOFOST за прогнозиране на добивите от соя (*Glycine hispida Maxim*) за условията на Северна България, сб. Научни доклади от юбилейна научна конференция “Селекционни и технологични аспекти при производството и преработката на соя и други бобови култури”, 236-244.

Климатология и микроклиматология, М. Прогрес, 1984.

Лингова Ст. 1963. Върху радиационния и топлинния баланс на НР България, Тр. ИХМ, XV, 1963.

Сиротенко О., Н. Славов и Н. Вълков. 1982 а. Изследване на водния режим на динамичен модел на царевичен посев. Хидрология и метеорология, №3, стр. 3-11.

Сиротенко О., Н. Славов и Н. Вълков. 1982 б. Описание на характера на растежа на царевичката посредством динамичен модел. Физиология на растенията, т. 6, стр. 474-477.

Славов Н., В. Александров, М. Русева 1998. Върху пространственото представяне на фенологичното развитие на зимната пшеница. ВЖМН т. 9, 3 179-185.

Славов Н., В. Александров. 1998. Използване на математични модели на агроекосистеми за управление на устойчиво производство в земеделието.

- Почвознание, агрохимия и екология, год. XXXIII, №6, стр. 15-19.
- Славов Н., Г.Георгиев .1996г.** Растеж и формиране на добива от соята при поливни условия. Сб. "Водният проблем в Южна България" стр.70-75
- Славов Н., Г.Георгиев.1996.** Влияние на агрометеорологичните условия върху развитието на соята от сеитба до узряването. Сп. Растениевъдни науки. т.XXXII No2,стр.32-34
- Славов Н., Г.Георгиев.1996.** Изследване растежа на биомасата на репродуктивните органи на соев посев. Сп. Растениевъдни науки.No 4 стр.11-12
- Славов Н., Г.Георгиев.1997.** Агроклиматично райониране на производството на соя в България. Сп. Растениевъдни науки.т.XXXIV No5-6 стр.18-21
- Хершкович Е. Л. 1968.** Агроклиматична характеристика на засушаванията в България – в "Характер на засушаванията и променливия поливен режим на селскостопанските култури", София, БАН.
- Хершкович Е. Л. 1984.** Агроклиматични ресурси на България, София, БАН, 109 стр.
- Bocheva L., P. Simeonov, I. Gospodinov, T. Marinova, 2008.** Torrential Precipitation Events in Bulgaria: A Comparative Analysis for East Bulgaria. BALWOIS 2008, 27-31 May 2008, Ohrid, Republic Macedonia(CD version), 7p.
- Bocheva L., P. Simeonov, I. Gospodinov. 2010.** On The Risk Assessment Of Severe Convective Storms And Some Weather Hazards Over Bulgaria (1991-2008) - Meteorological Approach. BALWOIS 2010, 25 -29 May 2010, Ohrid, Republic Macedonia.
- Georgiev G., V. Alexandrov, N. Slavov. 1993.** Initial calibration and validation of a winter wheat simulation model in Bulgaria. BJMH, vol. 4, №4, pp205-211.
- Kazandjiev V., V. Georgieva. 2006.** WOFOST Model Calibration for some Cereal Crops in Bulgaria,
- Slavov N., G. Georgiev, V. Alexandrov. 1996.** Agrometeorological methods for assessment of maize and winter wheat growth in Bulgaria. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2, pp. 179-186.
- Supit I., A.A. Hooijer, C.A.van Diepen 1994.** System description of the WOFOST 6.0 Crop Simulation Model Implemented in CGMS, JRC, EC, 140 p.