

СЕЛСКОСТОПАНСКА АКАДЕМИЯ
ИНСТИТУТ ПО РАСТИТЕЛНИ ГЕНЕТИЧНИ РЕСУРСИ -
САДОВО

Александър Тодоров Матев

ОПТИМИЗИРАНЕ И ПРОГНОЗИРАНЕ ПОЛИВНИЯ РЕЖИМ НА СОЯТА

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за присъждане на
научната степен “доктор на науките”

Област на висше образование

6. Аграрни науки и ветеринарна медицина;

Професионално направление 6.1.

Растениевъдство;

Научна специалност „Растениевъдство“

гр. САДОВО

2024

УВОД

Соята е култура със съществено стопанско значение, поради което е определена за една от стратегическите култури на XXI век. В световния производствен баланс тя заема трето място след пшеницата и ориза. В подкрепа на това са данните от икономически анализи и прогнози, според които площите, производството и добивите нарастват с всяка изминала година. Според някои автори тя се отглежда в 62 страни, а според други, те са над 70. Соята се използва основно за фураж и в хранително-вкусовата промишленост. Понастоящем $\frac{2}{3}$ от световната консумация на белтъчни шротове се осигурява от нея. Известно е, че тя намира широко приложение и в различни индустриални направления, производството на лекарства и др. Значителна част от специализираната научна литература отделя внимание на високото съдържание на белтъчини (35-50%) и мазнини (17-27%), като по повод на това **Золотницкий** отбелязва следното: *“Нито едно растение в света не може да произведе за 100 дни толкова протеин и масло, колкото дава соята, нито едно растение в света не може да съперничи с нея по количеството на произвежданите продукти”*. Тя се явява и най-евтиния източник на качествен растителен белтък. За разлика от протеините, които се синтезират в останалите земеделски култури, тези в соята съдържат осемте незаменими аминокиселини, необходими за изграждането на белтъка в животните и човека. Тя съдържа още въглехидрати, влакнини, фитоестрогени, стероиди, витамини и минерални вещества, а соевото масло е много ценно поради факта, че съдържа омега-3 мастни киселини. Неоспорими са качества на соята като растение, но за да бъде тя неразделна част от съвременното земеделие, икономическият баланс от нейното отглеждане е желателно да бъде положителен. Тя е растение на мусонния климат. Това означава, че при други условия и без напояване добивът може да бъде компрометиран, особено през години с продължителни засушавания по време на репродуктивния период. Това поставя под въпрос ефективността от отглеждането на културата при неполивни условия. Този риск съществува и за условията на нашата страна, тъй като според многогодишните данни за валежите те са неравномерно разпределени по време на вегетацията, а засушаванията с голяма продължителност са често явление. Тези условия предопределят напояването като мероприятие, имащо съществен принос за получаването на високи и устойчиви добиви. Резултатите от направените проучвания в различни райони на страната показват, че соята изразходва между 400 и 500 mm вода, при средно количество на вегетационните валежи около 250 mm. Те, заедно с есенно-зимните влагозапаси формират от 20 до 70% от водоразхода на културата, като останалата част трябва да се осигури чрез напояване. Всичко това по категоричен начин показва, че при климатичните условия на страната напояването на соята трябва да бъде задължителна част от агротехниката. Въпросите, свързани с поливния режим, евапотранспирацията и техниките за напояване при тази култура са обект на дългогодишна изследователска дейност, като е доказано научно, че биологически оптималния поливен режим не винаги гарантира най-добрите икономически резултати, на фона на нарастващата цена на поливната вода и ограничените водни ресурси. Въпреки че има известна яснота по въпросите, касаещи прилагането на регулиран воден дефицит при соята, актуалността на проучванията в тази посока не е изчерпана, още повече, че тази култура реагира специфично на напояване, в зависимост от района, в който се отглежда. Обогащването на познанията, свързани с напояването на соята би увеличило ефективността при използване на хидротехническите съоръжения и по-икономично оползотворяване на наличните водни ресурси. Намирането на научнообосновани пътища за повишаване на ефективността от производството на соята, включващи прилагането на най-подходящия поливен режим, би спомогнало тя постепенно да възвърне полагащото ѝ се място в сеитбообращението у нас, а именно – да заема площи, близки до тези от 70-те и 80-те години на миналия век.

Констатации от литературния обзор

Провеждането на научно-изследователска работа с дадена земеделска култура обикновено е свързано нейното значение за човека, както и това, какъв е интересът към нея. Паралелно с това се прави оценка за липсата на конкретна информация и възможностите тя да бъде набавена чрез провеждането на експерименти. В уводната част е отбелязано, че соята стратегическа зърнено-бобова култура, като има изключително широк спектър на приложение. Тя заема 57% от площите

на всички маслодайни култури. Във връзка с това, е направена справка за нейното разпространение и производство в световен мащаб. Според официалните данни, площите нарастват непрекъснато, а заедно с това – и световното производство. Според *FAO stat*, през 2018 година соя е отглеждана върху 125000000ha.

Всяка една научна разработка, свързана с изследване на фактори от агротехниката на дадена култура, изисква познания относно нейната морфология и биологични особености. Освен това, при експерименти, свързани с проучване на поливния режим, много важен елемент е фенологията на културата. Като са използвани подходящи литературни източници, този въпрос в настоящата разработка е изяснен.

За формулирането и прецизирането на целта и задачите на дисертационния труд е направен обстоен преглед на специализираната българска и чуждестранна научна литература, касаеща поливния режим на соята. Направен е въз основа на резултати от научно-изследователската работа на голям брой учени (самостоятелно и в колектив), които са обединени в над 320 заглавия на статии, дисертации, книги, монографии, студии и др. Данните са получени в резултат на опити, проведени в много на брой държави от Европа, Азия, Австралия, Африка и Америка. Това дава възможност да се добие представа за реакцията на соята, отгледана в условията на различен поливен режим, реализиран при различни почвено-климатични условия и голямо разнообразие от сортове.

Параметри на поливния режим и критерии за насрочване на поливките

Информацията, касаеща дълбочината на активния почвен слой на соята е значителна като обем, но няма единомислие между отделните автори по този въпрос. Независимо от това, че варирането му в отделните публикации е в границите от 30 – 40 до 100 и повече cm, основната част от учените се обединяват около становището, че той не трябва да превишава дълбочина 50-60cm през *репродуктивния период*, а до *началото на цъфтежа* – 0-30 cm.

Основният и най-масово използван критерий за насрочване на поливките е предполивната влажност, изразена като процент от влажността при ППВ, като се препоръчва тя да бъде в диапазона между 70 и 80%ППВ. При голяма част от изследванията, поливките се насрочват по индиректен критерий. Най-често това е био-климатичния метод, както и изпарението от свободна водна повърхност. Като много перспективен се очертава дистанционния метод, при който се използва инфрачервен термометър.

Влиянието на поливния режим върху продуктивността на соята.

Налице са съществени разлики в данните за добива при оптимално напояване, в зависимост от мястото на провеждане на експеримента и използваните сортове, като варирането е общо взето между 200 и 500kg/da.

По отношение на нарушения поливен режим, изследванията при соята обхващат всички възможности, като отмяна на поливки, редуциране на поливните норми и удължаване на междуполивните периоди. Актуален е въпросът за чувствителността на растенията към засушаване през отделните фенофази, като изнесената информация е противоречива. Оформя се схващането, че соята реагира най-силно на почвено засушаване през периода на *наливане на семената*, следван от периода на *цъфтеж и бобообразуване* и *начало на цъфтежа*. Тези изводи са направени въз основа на публикации, голяма част от които са на базата на едногодишни резултати. Литературната справка дава основание да се счита, че научната информация, свързана с прилагането на периодичния воден дефицит има локален характер, а изследователската работа за пълното изсветляване на въпроса не може да се счита за напълно приключена.

При недостиг на поливна вода някои автори препоръчват напояване с норми, намалени с между 20 и 30%, а в някои случаи – до 50%, като оценката на всички изследователи е на база на съответните икономически показатели. Въпреки, че напояването с намалени норми се прилага сравнително рядко в практиката, изследванията в тази посока са все още актуални, тъй като данните от тях са основа за проучване на връзката „Вода-добив”.

Евапотранспирация на соята

Според наличната литература, сумарната ЕТ при оптимално напояване на соята варира в широки граници – в диапазона от 300 до 800mm. Значително е варирането и в стойностите на средноденоношната ЕТ, като максималните абсолютни стойности според литературните източници са в диапазона между 4 и 8mm за денонощие. Голяма част от изследванията показват,

че напоителната норма осигурява между 30 и 50% от сумарната ЕТ на соята. Изследователите са убедени, че ефективността на ЕТ е важен показател, показващ доколко рационално се използва водата в почвата. Стойностите са с локален характер, поради което оценката трябва да се прави за конкретни условия.

Според наличната специализирана литература не е проучен въпросът за разпределението на водоразхода при соята по почвени слоеве. Такава информация би била ценна, за по-прецизно определяне дълбочината на навлажняване при напояване, както и за допустимите компромиси, в условията на недостиг на поливна вода. Приема се, че връзката „ЕТ-добив” е линейна и се изразява най-коректно чрез формулите, предложени от ФАО.

Поливна техника

По отношение на соята, паралелните проучвания за установяване на най-подходящата поливна техника са ограничени, а резултатите не са еднопосочни. Тъй като при соята е напълно възможно използването всякакъв вид поливна техника, е налице основателна причина за тяхното паралелното проучване и изнасяне на актуална информация относно влиянието им върху растежа, развитието, продуктивността и евапотранспирацията на културата.

ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА РАЗРАБОТКАТА

Целта на разработката е, въз основа на дългогодишни полски експерименти да се направи комплексно изследване на поливния режим и евапотранспирацията при различна степен на водообезпеченост на соята и да се потърси оптимално съотношение между количество и качество на добива, при максимален икономически ефект от напояването, като паралелно с това се установят и предложат на практиката най-удачните методи за прогнозиране на поливките.

ЗАДАЧИ

Установяване параметрите на поливния режим при соята през различни по характер години и анализ относно влиянието на различната степен на водообезпеченост на растенията върху растежа, развитието, продуктивността и нейните компоненти. Въз основа на това да се предложат полезни за науката и практиката зависимости.

Установяване параметрите на връзката „Напоителна норма-добив” чрез използването на формули от различен тип и определяне на най-подходящата, въз основа на анализ за точност и сложност.

Комплексно проучване на евапотранспирацията на соята (сумарни и средноденонощни стойности, формиране и разпределение по почвени слоеве) при неполивни условия, оптимално напояване, както и при напояване с намалени поливни норми. Извеждане на полезни за науката и практиката зависимости.

Установяване параметрите на връзката „Евапотранспирация-добив” чрез използването на формули от различен тип и определяне на най-подходящата, въз основа на анализ за точност и сложност.

Анализ върху влиянието на техниката за напояване върху продуктивността и нейните компоненти, и върху ЕТ при соята.

Установяване влиянието на поливния режим върху качеството на добива от соята (физични и биохимични параметри).

Икономическа ефективност от отглеждането на соята при неполивни условия, оптимално напояване, както и при прилагането на нарушен поливен режим чрез отмяна на поливки и чрез редуциране на поливните норми.

Икономическа ефективност при оптимално напояване на соята, чрез използване на различни поливни техники.

Определяне стойностите на биофизичните коефициенти на ЕТ по различни формули. Анализ върху точността и използваемостта на установените коефициенти за индиректно прогнозиране на поливките при соята.

Проучване възможностите за използването на инфрачервен термометър за дистанционно определяне водния статус на соевите растения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Експерименталната работа е проведена в УОП на катедра „Мелиорации, земеустройство и агрофизика” към Аграрен университет – Пловдив и включва общо 4 опита.

Описание на проведените опити

I. Полски опит, проведен през периода 2003-2009 година.

Използван е сорт „**Бисер**” за периода 2003-2007, а през 2008 и 2009 е сменен със сорт „**Сребрина**”. Опитът е еднофакторен, като са включени следните варианти:

1. Без напояване (контрола)
2. Напояване при предполивна влажност 80%ППВ за слоя 0-60cm (хипотетично оптимален /също така контрола/)
3. Отмяна на първа поливка (поливна схема 0+++)
4. Отмяна на втора поливка (поливна схема +0++)
5. Отмяна на трета поливка (поливна схема ++0+)
6. Отмяна на четвърта поливка (поливна схема +++0)
7. Реализиране само на първата (поливна схема +000)
8. Реализиране само на втората поливка (поливна схема 0+00)
9. Реализиране само на третата поливка (поливна схема 00+0)
10. Реализиране само на четвъртата поливка (поливна схема 000+)
11. Редуциране на всички поливни норми с 30% (70%*m*)
12. Редуциране на всички поливни норми с 50% (50%*m*)
13. Редуциране на всички поливни норми със 70% (30%*m*)
14. Редуциране на всички поливни норми с 50% и навлажняване през междуредие.

Опитът е залаган по блоковия метод в 4 повторения, при големина на опитните парцели 30m², а на реколтните – 10m². Почвата в района на опитното поле е алувиално-ливадна (бивша заблатена). Сеитбата е извършвана машинно през последната десетдневка на април или в началото на май (според метеорологичните условия на годината). Спазвана е гъстота на посева между 20000 и 25000 р/м² при междуредово разстояние 70cm. Времето за провеждане на поливките е определяно на база данните за динамиката на почвената влажност при вариант 2, определяна по тегловния метод през период от 7-10 дни. Напояването при всички варианти е извършвано гравитачно по къси затворени бразди. Поливните норми при вариант 2 са изчислявани така, че да навлажняват слоя 0-60cm до ППВ. При останалите варианти те са съобразени със спецификата на съответния вариант. През вегетационния период са спазвани всички агротехнически и растителнозащитни мероприятия, като по този начин се изпълнява правилото на единственото различие в рамките на опита, а именно – поливният режим.

II. Полски опит, проведен през периода 2004-2006 година в УОП на катедра „Мелиорации, земеустройство и агрофизика”, като съвместен проект с ОС по соята към ССА.

Експериментът е аналогичен на предходния, като разликата се изразява основно в предполивната влажност (75%ППВ) и дълбочината на разчетния почвен слой (80cm). Използван е сорт „**Мира**”. Вариантите на опита са 12 и се различават по отношение на стъпката, с която се редуцират поливните норми. Тя е 25%.

III. Полски опит, проведен през периода 2009-2010 година за проучване влиянието на високата почвена влажност

Този двугодишен полски опит е проведен съвместно и по научен проект, финансиран от АУ. Целта му е да се проучи влиянието на по-високата предполивна влажност върху ЕТ и продуктивността на соята. Причината за това е все по-масовото навлизане на капковото напояване при тази култура. Експериментът е еднофакторен и включва следните варианти:

1. Без напояване
2. Напояване при предполивна влажност 80%ППВ за слоя 0-60cm
3. Напояване при предполивна влажност 90%ППВ за слоя 0-60cm

Опитът е залаган по метода на дългите парцели в четири повторения при големина на опитните парцели 30m² и на реколтните – 10m². Използван е сорт „**Сребрина**”. За провеждане на поливките е използвана капкова инсталация, оразмерена и конструирана конкретно за този експеримент.

IV. Полски опит, проведен през периода 2008-2010 година за проучване техниките за напояване на соята

Опитът е тригодишен. Изпитани са трите основни начини за напояване – гравитачно (по бразди), дъждуване и капково. Варианти:

1. Без напояване
2. Гравитачно напояване (по бразди)
3. Капково напояване
4. Напояване чрез дъждуване

Опитът е залаган по метода на дългите парцели, като площта на всяка опитна парцела е 30 m² и на реколтната – 10m². Използван е сорт „**Сребрина**”. Гравитачното напояване е осъществено по къси затворени бразди. Вариантът с капково напояване е реализиран чрез инсталация (описана при предходния опит) с вградени капкопускатели, разположени на 30cm един от друг. Същата е оборудвана с всички необходими елементи, даващи възможност за качествено реализиране на поливките (филтри, манометър, възвратен клапан и др.). Дъждуването е осъществено посредством инсталация за микродъждуване, която може да осигури равномерно напояване на по-малки площи, каквито са опитните парцели. При всички поливни варианти на опита е поддържана предполивна влажност 80%ППВ за слоя 0-60cm.

ИЗСЛЕДВАНИ ПОКАЗАТЕЛИ

Напояване: проследяване на почвената влажност и изчисляване на поливните норми

Както бе споменато по-горе, почвената влажност при всички опити е проследявана по тегловно-термостатния метод на дълбочина до 1m през интервал от 10cm. Поливните норми са изчислявани по формулата: $m=10H\alpha(\delta^{ППВ}-\delta^H)$, където: **m** е поливната норма (mm), **H** – дълбочината на почвения слой, който трябва да бъде навлажнен (m), **α** – обемната плътност на почвата /средно за същия почвен слой/ (t/m³), $\delta^{ППВ}$ и δ^H – съответно влажността при ППВ и наличната (моментната) влажност, валидна за същия почвен слой (тегловни %).

Фенологични наблюдения и физиологични показатели

Фенологичните наблюдения са базирани основно на буквено-цифрената класификация на **W.R.Fehr & Ch.E.Caviness**. Натрупването на суха биомаса по органи е определяно по тегловния метод през интервал от 10 дни, като са използвани по 10 растения от вариант. Едновременно с това е отчитана площта на листата на същите тези растения, чрез сканиране на листата и обработване на изображенията чрез компютърна програма. Установени са ФСП и ЧПФ. При всички варианти на опит I е направено проучване на *кореновата система*. Установено е нейното разпространение по почвени слоеве, като са изсичани почвени монолити с размери 10x35x10cm (ШхДхВ) на дълбочина до 100cm.

Евапотранспирация (ЕТ)

Евапотранспирацията е изчислявана послойно по варианти, чрез баланс на водния запас в почвата, през 20cm на дълбочина до 1m. Използвана формулата:

$$ET = W_{нач} - W_{кр} + M_b + M_n \text{ (mm)}$$

където: ЕТ е евапотранспирация за отчетния период (mm);

$W_{нач}$ и $W_{кр}$ – съответно воден запас в началото и в края на периода (mm)

M_b – сумата от използваемите валежи (mm)

M_n – използваната част от поливната норма (mm)

Използваемостта на падналите валежи е определяна по метода на **Г.Крафти**. На база получените от тези изчисления резултати, са установени сумарните и средноденонощни стойности на ЕТ при всички варианти от всички опити, както и относителния дял на формиращите я компоненти, и разпределението ѝ по почвени слоеве.

Биофизичните коефициенти на евапотранспирацията са установени само при условията на оптимална водообезпеченост на растенията.

• **K_c** – представлява отношение между реалната ЕТ на културата и еталонната евапотранспирация (ET₀): $K_c = ET_c/ET_0$

• **Z** – представлява отношение между реалната ЕТ за определен период от време и сумата от средноденонощната температура на въздуха за същия този период: $Z = ET/\Sigma T^\circ$

• **R** – представлява отношение между реалната ЕТ и сумата от дефицита на влажността на въздуха /HPa/. Изчислява се по следната формула: $R = ET/\Sigma D$

• **K_и** – коефициентът представлява отношение между реалната ЕТ и изпарението от свободна водна повърхност (E₀), отчетено от изпарител „клас А”: $K_{и} = ET/E_0$

• Аналогично на изпарението, използвайки изпаряемостта, изчислена по формулата на Иванов, е добавен още един коефициент – K_e .

Измерване с инфрачервен термометър

Измерванията с ИЧТ са правени през интервал от 1 – 3 дни около 14 часа следобед, като паралелно с това е отчитана температурата на въздуха (измерена на сянка). Стойностите на dT° ($^\circ\text{C}$) представляват разликата между температурата на листата ($T^\circ\text{C}$) и температурата на околната среда ($T^\circ\text{a}$):

$$dT^\circ = (T^\circ\text{C} - T^\circ\text{a})$$

Структурни елементи на добива и тяхното определяне

Структурните елементи на добива (таблица 1) са определяни по години при всички варианти и за всеки от опитите. Измерванията са правени на десет типични за всяка опитна парцела растения. Данните за всеки от компонентите е обработван статистически чрез дисперсионен анализ по ANOVA. В са представени включените в разработката структурни компоненти на добива, включително начина по който са измервани и съответстващата мярна единица.

Таблица 1. Структурни елементи на добива

елемент	мярна единица	забележка
Височина на растенията (дължина на стъблото)	cm	от шийката до върха
Височина на залагане на първия боб	cm	от шийката до 1-ви боб
Брой на разклоненията	–	–
Брой на междувъзлията	–	общо
		на централното стъбло
		средно на 1 разклонение
		на разклоненията (общо)
Дължина на междувъзлията на централното стъбло	cm	средно
Брой бобове на едно растение	–	общо
		на централното стъбло
		по разклоненията
Брой бобове на едно междувъзлие	–	по централното стъбло
		по разклоненията
		средно за растението
Брой на зърната в един боб		средно
Маса на 1000 семена	g	физични качества на семената
Хектолитрово тегло	(kg/m ³)	
Добив от едно растение	g	–

Стопански добив

Отчитането на резултатите е правено при влажност на семената 13-14%, чрез претегляне на добива от всяка реколтна парцела, който е приравнен към kg/da. Чрез дисперсионен анализ е определяна степента на доказаност на разликите между отделните варианти и спрямо двете контроли. Използван е програмния продукт ANOVA.

Продуктивност на напоителната норма (IWUE)

Установена е по два реципрочни начина, а именно:

- 1) допълнителен добив (kg/da) за всеки 1mm от напоителната норма
- 2) количество поливна вода, необходимо за получаването на 1kg/da допълнителен добив

Продуктивност на евапотранспирацията (WUE)

Тя също така е установена по два реципрочни начина, аналогично на напоителната норма:

- 1) добив (kg/da) за всеки 1mm изразходена вода
- 2) количество вода, което трябва да се изразходи от растенията за получаването на 1kg/da

допълнителен добив

Връзка Напоителна норма – добив

- 1) връзка „Общ добив – напоителна норма”

- чрез регресия от вида: $Y = ax^2 + bx + c$
- чрез уравнение от втора степен $Y = Y_c + (1 - Y_c) \cdot (2x - x^2)$

- *Степенна зависимост:* $Y = 1 - (1 - Y_c) \cdot (1 - x)^n$
- 2) връзка „Допълнителен добив – напоителна норма”
 - *чрез регресия от вида:* $Y = ax^2 + bx$
 - *Степенната зависимост:* $Y = 1 - (1 - x)^n$

Y_c е относителен добив без напояване, X е относителна напоителна норма

Връзка „Евапотранспирация-добив”

1) Връзка „Добив – сумарна ET”

- Формула на FAO – линейна зависимост между добива и евапотранспирацията: $Y = 1 - K_c(1 - x)$
- Двустепенна формула: $Y = [1 - (1 - x)^n]^m$
- Едностепенна формула: $Y = 1 - a(1 - x)^n$

Във формулите: **K_c** и **a** са коефициенти на добива, x – относителна ET

2) Връзка „Добив – ET по фенофази”

Във връзка с установяване параметрите на тази зависимост, вегетационният период на фасула е разделен условно на следните четири подпериода (фази):

- ▶ първа фаза – вегетативна (от поникване до начало на бутонизация)
- ▶ втора фаза – цъфтеж и бобообразуване.
- ▶ трета фаза – наливане на семената
- ▶ четвърта фаза – узряване

Експерименталните данни са обработени по метода на най-малките квадрати чрез програмата YIELD, като са използвани следните формули:

- Едностепенна зависимост: $Y = \Pi[1 - A(1 - x)^n]$
- Двустепенна зависимост: $Y = \Pi[1 - (1 - x)^n]^m$
- Линейна по фенофази: $Y = \Pi[1 - A(1 - x)]$
- Сумарна по фенофази на: $Y = 1 - \sum A(1 - x)$

Във формулите: **Π** е произведение, **Σ** - сума, **A** – коефициент на чувствителност на фенофазата, x – относителна ET за фенофазата

Химичен състав на зърното

Химичният състав на зърното е определен по утвърдени методики и стандарти, като са използвани по 0,5 kg семена от всеки вариант в 2 повторения. Установени са следните показатели: сурови мазнини (%), суров протеин (%), сурови влакнини (%), сурова пепел (%) и абсолютно сухо вещество (%). Използвани са стандартни методи.

Икономически показатели

Икономическият анализ е направен въз основа на данните за свързаните с производството на културата разходи и приходите от реализирането на продукцията. Анализът е направен за всички варианти на експеримента, като са взети предвид следните разходи:

1) Материални разходи (семена, РЗ препарати, амортизация, вода за напояване, ел. енергия, други разходи);

2) Разходи за машинно тракторни и транспортни услуги (основна есенна оран и пролетни обработки на почвата, сеитба, третирания с хербициди и прибиране с комбайн;

Икономическата ефективност от производството на соята в зависимост от приложения поливнен режим, е направена по години и средно за експерименталния период, въз основа на следните показатели:

- ▶ Среден добив (kg/da) – добивът средно от четирите повторения на опита;
- ▶ Средна реализирана цена BGN/kg (средната пазарна цена за 1kg соево зърно) по години и средно за периода на опита;
- ▶ Обща продукция (приходи – стойност в BGN). При изчисляване на приходите е използвана пазарната цена на соята през 2022 година, която е 1.5BGN/kg.
- ▶ Производствени разходи (BGN) в т.ч. материални и трудови разходи;
- ▶ Себестойност на продукцията (BGN/kg);
- ▶ Норма на рентабилност (%) – представлява отношението между чистия доход и производствените разходи;
- ▶ Чист доход (BGN/da) – представлява разликата между общата продукция и производствените разходи.

Почвена характеристика

Според FAO, почвата в района на **УОП на АУ – Пловдив**, където са изведени опитите се характеризира като карбонатна **алувиално-ливадна** бивша заблатена слабо солонцовата. Тя е добре дренирана и заблатяване липсва. Нивото на подпочвените води е понижено и е под 2.5m. На таблица 2 са представени послойно стойностите на основните водно-физични свойства.

Таблица 4. Основни водно-физични свойства на почвата в УОП (Аграрен университет – Пловдив)

Н (cm)	α (t/m ³)	$\delta^{ППВ}$ % с.м.п.	$W^{ППВ}$ (mm)	W при 80%ППВ (mm)	W при 75%ППВ (mm)	KУ (ВЗ) % с.м.п.	Обща порьозност (%)
1	2	3	4	5	6	7	8
0-20	1.24	31.4	77.9	62.3	58.4	19.5	52
0-40	1.33	30.9	164.4	131.5	123.3	15.6	46
0-60	1.37	30.0	246.6	197.3	185.0	15.0	45
0-80	1.39	29.4	326.9	261.5	245.2	–	–
0-100	1.41	28.9	407.5	326.0	305.6	–	44

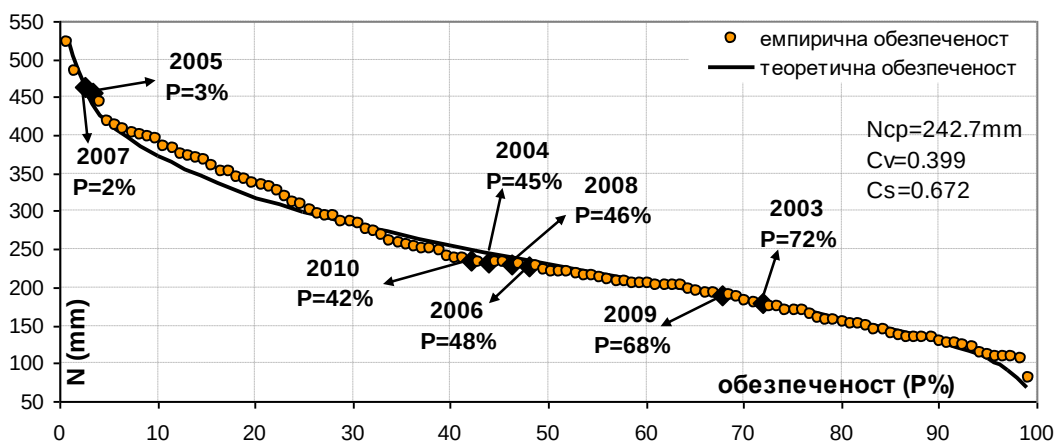
Легенда: Н – почвен слой; α – обемна плътност; δ – влажност; W – воден запас; KУ – влажност на завяхване;

АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ОПИТНИТЕ ГОДИНИ

Характеристика на опитните години по отношение на валежите

Характеристиката на района на **Пловдив** по отношение на валежите е направена въз основа на 120-членен статистически ред (от 1899 до 2019 година включително) със сумарните им стойности за периода май-септември. На база този статистически ред е изчислена теоретичната обезпеченост, изразена като крива (фиг.1), както и емпиричната обезпеченост на всички съставлящи го членове, включително опитните години. Според графиката, влажни са 2005 и 2007 години със сума на валежите съответно 450.9 и 463.2mm, а обезпечеността – 3 и 2%. Като средни могат да бъдат охарактеризирани 4 от опитните години, при които разликата в сумата на валежите е незначителна. Такива са 2004 (233.5mm), 2006 (228.0mm), 2008 (231.0mm) и 2010 (234.4mm), като обезпечеността им е съответно 45, 48, 46 и 42%. Средно сухи са 2003 (179.1mm – най-сухата от всички експериментални години) и 2009 (190.2mm) години с обезпечености съответно 72 и 68%. Освен като количество, от решаващо значение за елементите на поливния режим и ефекта от напояването е разпределението на валежите през отделните периоди от вегетацията. През 2003 година засушаването започва в началото на юни и продължава до третата декада на месеца. Падналите в последствие валежи (70mm) през периода R1-R4 не са достатъчни за компенсиране ЕТ на посева. Доказателство за това е абсолютната разлика между валежите и изпаряемостта, която е отрицателна през целия репродуктивен период. Опитната 2004 е по-благоприятна, като засушаването настъпва през третата декада на юни в началото на цъфтежа. До началото на фаза R5 валежите са едва 30mm, а за периода R5- R6, те са близо 80mm. Разликата между валежите и изпаряемостта е отрицателна през целия вегетационен период. Влажната 2005 година се характеризира със сравнително равномерно разпределение на валежите. Засушаването е за около 20 дни през периода R4-R5, но е последвано от съществени валежни количества, надвишаващи значително размера на една поливна норма. Няма преовлажняване през нито една фенофаза от вегетационния период. През средната 2006 година валежите през вегетативния период са 35mm, но те са достатъчни за обезпечаване на тази част от вегетацията. През периода R1-R2 те са близо 120mm, като освен него обезпечават и част от фенофаза бобообразуване. Валежите за този период превишават изпаряемостта. Засушаването е съществено през R3-R8, като сумата на валежите за R3-R6 е само 26mm. Независимо от това, че е много влажна, опитната 2007 година се характеризира с много продължително засушаване, продължаващо от появата на разклоненията до началото на R6, когато падат само 0.7mm. Конкретно за соята, тази опитна година може да се счита за екстремно суха. През средната 2008 година също се наблюдава неравномерно разпределение на валежите. През целия *критичен период* от R1 до R6 включително, сумата им е едва 25mm, основната част от която е през фазата на *развитие на бобовете* (20 mm). При сумарна изпаряемост 721mm, дефицитът на валежите е 564mm и съизмерим с този през 2006 и по-голям от средносухата 2003. Опитната 2009 година е с по-благоприятно разпределение на валежите, като сравнително сух е периода до началото на R2. По време на *бобообразуването* валежната обстановка е най-благоприятна, със сума на валежите от

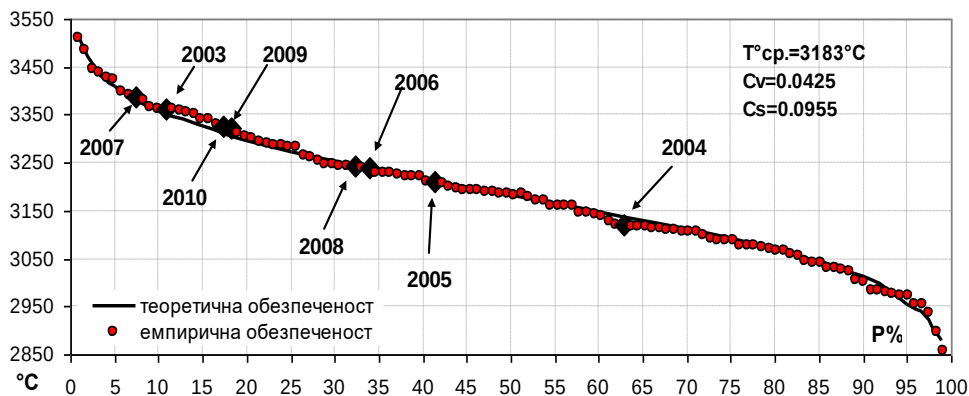
48mm. През R5-R6 валежите са 22mm, разпределени в три последователни дни. Последната експериментална 2010 година е благоприятна през вегетативния период. Половината от дните през цъфтежа и бобообразуването R1-R4 са с валежи, но малки като количество и обща сума 25mm. Благоприятни са условията през фазата на *наливане на семената*, като още в нейното начало, за период от 3 дни падат 100mm използвани валежи, след което в средата на фенофазата падат още 24mm.



Фиг.1. Обезпеченост на валежите за периода май-септември в района на Пловдив

Характеристика на опитните години по отношение на температурата на въздуха

Температурните условия през вегетационния период имат решаващо значение за интензивността на изразходване на водата от почвата, но наред с това, те влияят върху фенологичното развитие на културата, чрез продължителността на фенофазите. В сравнение с валежите, този показател е много по-стабилен по отношение варирането. Оценката тук е направена на базата на статистически ред от 120 члена, включващ същите години, използвани при характеристиката на валежите. Обезпечеността е изчислена въз основа на сумарните температурни стойности за периода май–септември, а резултатите са представени нагледно на фиг.2. Според данните от графиката, топли са 2003 и 2007 години с температурни суми съответно 3363 и 3388°C и обезпеченост 11 и 7%. Към тази група могат да бъдат причислени също така 2009 и 2010 години, които имат температурна сума съответно 3326 и 3322°C при обезпеченост 17 и 18%. Две от експерименталните години са средно топли. Това са 2006 и 2008 години, които са с обезпеченост съответно 34 и 32% и температурни суми – 3239 и 3243°C. Експерименталната 2005 година може да се определи като средна по отношение на температурната обезпеченост (P=41%) със сума от 3210°C. Като средна, до средно хладна може да се определи 2004 година, тъй като при сума от 3122°C, тя има обезпеченост от 62%. Експерименталният период не включва нито една хладна година.



Фиг.2. Обезпеченост на температурната сума за периода май-септември в района на Пловдив

Въпреки различията на годините по отношение на температурния фактор, всички те са благоприятни за оптималното развитие на соята.

Известно е, че протичането на всяка фенофаза при соята е обвързано с набирането на определена температурна сума. За потвърждаване на това становище е потърсена зависимост между температурната сума и продължителността на фенофазите при соята за района на Пловдив. Данните са представени на таблица 3.

Таблица 3. Параметри на зависимостта между температурната сума и продължителността на фенофазите при соя сорт „Бисер”

фаза/период	спрямо ΣT°		спрямо $\Sigma T^{\circ}ef$	
	уравнение	R	уравнение	R
V1–V6 /вегетативен период/	$D=0.051T^{\circ}-0.587$	0.904	$D=0.064T^{\circ}ef+13.97$	0.628
R1–R4 /цъфтеж-бобообразуване/	$D=0.043T^{\circ}-0.343$	0.972	$D=0.069T^{\circ}ef+2.004$	0.917
R5–R6 /наливане на семената/	$D=0.049T^{\circ}-6.019$	0.970	$D=0.087T^{\circ}ef-7.185$	0.884
R7–R8 /узряване/	$D=0.053T^{\circ}-2.265$	0.973	$D=0.099T^{\circ}ef-1.228$	0.878
R1–R8 /репродуктивен период/	$D=0.056T^{\circ}-26.32$	0.927	$D=0.080T^{\circ}ef+4.317$	0.652

Стойностите на R от таблица 3 дават основание да бъдат определени ориентировъчните граници за всяка фаза от вегетацията, по отношение на продължителността и необходимата температурна сума. Данните са представени на таблица 4 и са валидни за сорт **Бисер** и почвено-климатичните условия на **Пловдив**.

Таблица 4. Продължителност на фазите и необходима температурна сума

фаза/период	необходима ΣT° ($^{\circ}C$)	необходима $\Sigma T^{\circ}ef$ ($^{\circ}C$)	продължителност (дни)
0-VE /сеитба-поникване/	220 – 230	75 – 80	15
V1-V6 /вегетативен период/	780 – 800	390 – 400	39
R1-R4 /цъфтеж-бобообразуване/	840 – 860	480 – 500	36
R5-R6 /наливане на семената/	700 – 720	410 – 430	29
R7-R8 /узряване/	470 – 490	240 – 250	23
R1-R8 /репродуктивен период/	2030 – 2050	1150 – 1170	88
V1-R8 /вегетационен период/	2800 – 2850	1500 – 1600	127

Характеристика на опитните години по отношение на дефицита на влажността на въздуха

Дефицитът на влажността на въздуха е важен метеорологичен показател, тъй като оказва съществено влияние върху интензивността на евапотранспирацията и върху темпа на изчерпване на водата от почвата, а от там и върху елементите на поливния режим. Характеристиката на опитните години по отношение на този показател е направена аналогично на валежите и температурата. За целта е съставен статистически ред, съдържащ 97 члена. Използвани са данни за сумата на дефицита на влажността на въздуха по години за периода май-септември, въз основа на които е изчислена теоретичната и емпиричната обезпеченост на всички включени в редицата години, включително опитните. Най-суха е 2007 година, със $\Sigma D=1794\text{HPa}$ и обезпеченост 10.2%. Като средно сухи могат да бъдат определени 2003 ($\Sigma D=1636\text{HPa}$ и $P=19.4\%$), 2004 ($\Sigma D=1675\text{HPa}$ и $P=18.4\%$), 2006 ($\Sigma D=1590\text{HPa}$ и $P=26.5\%$), 2008 ($\Sigma D=1582\text{HPa}$ и $P=28.6\%$) и 2009 ($\Sigma D=1629\text{HPa}$ и $P=21.4\%$), независимо че е налице малко по-съществена разлика в обезпечеността. Тази година всъщност е изключително суха през репродуктивния период, което се отразява много съществено върху елементите на поливния режим. Като средна се характеризира 2010 година ($\Sigma D=1441\text{HPa}$ и $P=52.0\%$), а 2005 е влажна ($\Sigma D=1137\text{HPa}$ и $P=91.8\%$).

Въз основа на направения подробен анализ на метеорологичната обстановка през вегетационния период на соята може да се счита, че въпреки варирането в стойностите на разглежданите показатели, те са в граници, които не застрашават по никакъв начин протичането на вегетацията до нейния край. Тези разлики само могат да ограничават или да благоприятстват процесите, протичащи в растението в границите на конкретната фенофаза. Освен това, разнообразното проявление на метеорологичните фактори през отделните вегетации дава възможност за проследяване на реакцията на културата, в зависимост от конкретните условия, а това способства за обогатяване на знанията, свързани с толерантността на културата към изменението на климатичната обстановка.

Данни от фенологичните наблюдения през опитните години

На таблица 5 са представени данните, показващи датите на настъпване на отделните фенофази по години. За целите на настоящата работа отчитането не е правено по варианти, тъй като разликата между тях рядко надвишава два дни, като малко по-съществени са разминаванията през периода на *узряване* (до 5 дни), който обаче попада извън поливния период. Соята успява в голяма степен да компенсира по-късната сеитба, като това проличава още в началото на *репродуктивния период*, като с неговото напредване разликите между отделните години са все по-малки. *Вегетативният период* има продължителност между 42 и 64 дни, но обикновено е в диапазона между 50 и 60 дни (средно 54 дни). Средната продължителност на периода *цъфтеж – бобообразуване* е 36 дни, а на периода на *наливане на семената* – 29 дни, като тук варирането по години е най-слабо. Общата продължителност на *репродуктивния период* е средно 65 дни, а целия на вегетационен период 142 дни.

Таблица 5. Дати на настъпване на основните фенофази (сорт „Бисер“) по години

код	Фенофаза	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
–	сеитба	12V	23IV	27IV	28IV	22IV	30IV	21IV	4V
VE	поникване	25V	4V	11V	10V	8V	16V	7V	15V
V1	I-ви същински лист	31V	10V	17V	16V	19V	23V	13V	21V
V2	I-ви троен лист	4VI	20V	26V	24V	1VI	29V	18V	27V
V3	II-ри троен лист	7VI	24V	31V	30V	7VI	4VI	23V	4VI
V4	III-ти троен лист	13VI	30V	6VI	7VI	11VI	7VI	27V	8VI
V5	поява на разклонения	18VI	9VI	15VI	15VI	18VI	16VI	5VI	15VI
V6									
R1	начало на цъфтеж	23VI	20VI	22VI	19VI	24VI	25VI	10VI	20VI
R2	масов цъфтеж	29VI	25VI	28VI	1VII	29VI	30VI	15VI	25VI
R3	бобообразуване	13VII	7VII	7VII	10VII	7VII	8VII	2VII	7VII
R4									
R5	формиране на семената	30VII	24VII	26VII	3VIII	20VII	29VII	22VII	23VII
R6		21VIII	29VIII	30VIII	31VIII	18VIII	26VIII	18VIII	21VIII
R7	узряване	22VIII	30VIII	31VIII	1IX	19VIII	27VIII	19VIII	22VIII
R8		23IX	18IX	27IX	26IX	14IX	15IX	3IX	4IX

РЕЗУЛТАТИ

Елементи на поливния режим

През всички експериментални години напояването по варианти е провеждано съобразно заложените в методичния план параметри, както и в зависимост от характера на годината. В резултат на това елементите на поливния режим са специфични за условията на конкретната вегетация (таблица 6), а данните за динамиката на почвената влажност са представени нагледно в и графики.

Поливен режим по варианти и години (опит 1).

През средно-сухата и топла **2003** година, са подадени общо три поливки, като първата от тях е на 10 юли през периода на *масов цъфтеж* (R₂). Втората поливка е подадена на 20 юли през периода *интензивно бобообразуване и начало на наливане на семената* (R₄ и R₅). Третата поливка е подадена на 13 август, във фаза R₅ – *наливане на семената*. През тази експериментална година не са реализирани вариантите 6 и 10, поради липсата на четвърта поливка, т.е. те съвпадат съответно с вариантите 2 и 1.

При условията на **2004** година, за поддържането на предполивна влажност 80%ППВ за слоя 0-60cm, на опита със сорт **Бисер** са проведени общо две поливки, като първата е в средата на юли (15–17VII) във фаза *бобообразуване*. След около 20 дни (4–5VIII) във фаза *наливане на семената* е подадена и втората поливка. По две поливки получават вариантите с намалени поливни норми и оптималния вариант (съответно 11, 12, 13, 14 и 2). По една поливка се подава на вариантите 3 и 4, които в случая се дублират съответно от 8 и 7. Вариантите 5 и 6 дублират оптималния, а 3 и 10 не се осъществяват, тъй като съвпадат с неполивния.

През влажната **2005** година е извършена една поливка през периода 29–30VII. По това време растенията приключват периода на *цъфтеж и бобообразуване* и започва фенофаза *наливане на семената*. Поливката е подадена при предполивна влажност за разчетния почвен слой 74%ППВ. При тези обстоятелства са реализирани само оптималния вариант и вариантите с намалени норми.

Таблица 6. Напоителна норма по варианти и години

вариант			Сорт Бисер					Сребрина	
			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2	100%m	++++	171.1	120.9	65.0	150.0	218.6	148.7	232.6
3	100%m	0+++	126.9	59.2	–	100.0	176.3	98.6	177.5
4	100%m	+0++	118.7	61.7	65.0	100.0	131.0	98.6	175.9
5	100%m	++0+	96.6	120.9	65.0	100.0	129.9	100.2	175.9
6	100%m	+++0	171.1	120.9	65.0	150.0	218.6	148.7	168.5
7	100%m	+000	44.2	61.7	65.0	50.0	42.3	50.1	55.1
8	100%m	0+00	52.4	59.2	–	50.0	87.6	50.1	56.7
9	100%m	00+0	74.5	–	–	50.0	88.7	48.5	56.7
10	100%m	000+	–	–	–	–	–	–	64.1
11	70%m	++++	119.8	84.6	45.5	105.0	153.0	104.2	162.9
12	50%m	++++	85.6	60.5	32.5	75.0	109.4	74.5	116.5
13	30%m	++++	51.4	36.3	19.5	45.0	65.1	44.6	69.7
14	*50%m	++++	85.6	60.5	32.5	75.0	109.4	74.5	116.5

* напояване през бразда; m – максимална поливна (напоителна) норма

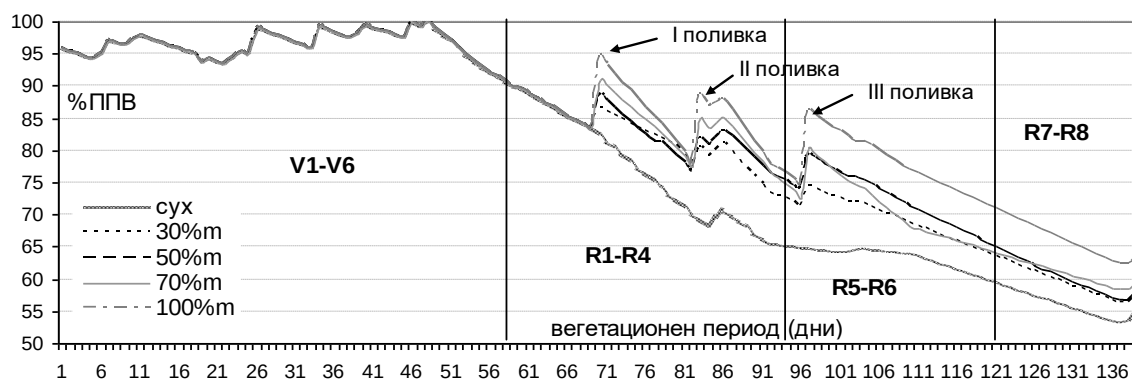
През средната по обезпеченост на валежите **2006** година на соята са подадени общо 3 поливки. Първата поливка е проведена на 20 юли през периода *масов цъфтеж – интензивно бобообразуване* (R3-R4), при предполивна влажност за слоя 0–60cm 81.3%ППВ. Поливната норма за оптималния вариант е 50.0mm. Втората поливка е проведена на 2 август през периода *начало на наливане на семената* (R5), при предполивна влажност 79.3%ППВ. Поливната норма за оптималния вариант е също 50.0mm. Третата поливка е проведена на 18 август през периода на *интензивно наливане на семената* (R6), при предполивна влажност 80.7%ППВ. И при тази поливка нормата за оптималния вариант е 50.0mm. През тази експериментална година не са реализирани вариантите 6 и 10, поради липсата на четвърта поливка. Те са идентични съответно с вариантите 2 и 1.

През екстремната **2007** година са проведени общо три поливки, като първата е подадена във фенофаза *масов цъфтеж* на 29 юни. Втората поливка е подадена на 12 юли през периода на *бобообразуване*, а терата – през периода на *наливане на семената* (1 август). Тъй като през тази експериментална година е допуснато по-съществено колебание на предполивната влажност, разликата в размера на поливните норми между трите поливки е по-голяма. Не са реализирани вариантите 6 и 10, поради липсата на четвърта поливка. Те са идентични съответно с вариантите 2 и 1.

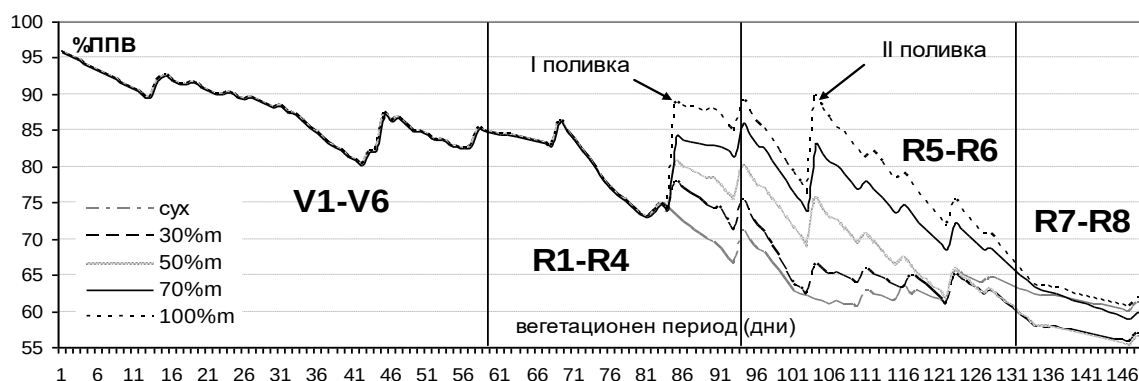
През **2008** година опитът е проведен със сорт *Сребрина*. Реализирани са общо три поливки. Първата от тях е проведена на 8 юли през периода на *масов цъфтеж* и непосредствено преди началото на фенофаза *бобообразуване*, като ефектът от нея е през R3. Втората поливка е подадена във фаза *бобообразуване* (около средата на фазата) на 21 юли. Третата поливка е проведена на 4 август във фенофаза *наливане на семената*. През тази опитна година всички поливки са подадени при предполивна влажност около 80%ППВ, поради което поливните норми са с приблизително еднакъв размер. Отново не са реализирани вариантите 6 и 10.

Специфична по онтошение на абиотичните фактори е **2009** година. Същите създават условия и необходимост от извършването на 4 поливки. Първата е проведена на 21 юни през периода на *масов цъфтеж* (R2). Втората поливка е проведена на 8 юли и попада в периода на *масов цъфтеж* и *бобообразуване* (R3-R4). Третата поливка е проведена на 22 юли в началото на фенофаза *наливане на семената* (R5), а четвъртата – 9 дни по-късно, в същата фенофаза. През тази опитна година се отчитат известни разлики между поливните норми, определени за отделните поливки, но това е в резултат на разликите в предполивната влажност, установена при всяка от тях.

За да се анализира влиянието на конкретен поливен режим, проведен през различни като характер години, при всички варианти на опита е установен динамича послойното (през 20cm) изменение на почвената влажност. На фиг.3 и 4 са представени примерни графики (налични в дисертационния труд), показващи изменението на почвената влажност при неполивни условия и при оптимално напояване.



Фиг.5. Динамика на почвената влажност при напояване с различни поливни норми и реализирани 3 поливки

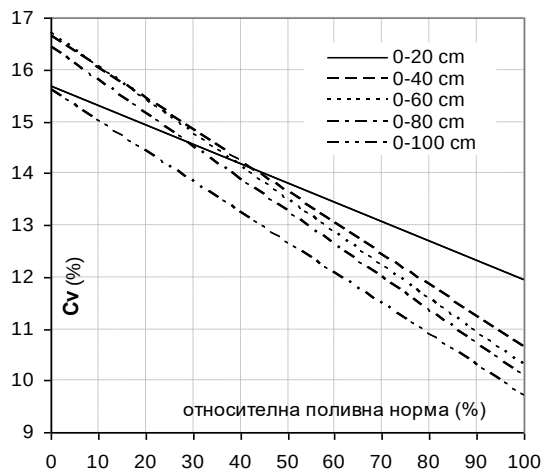


Фиг.6. Динамика на почвената влажност при напояване с различни поливни норми и реализирани 2 поливки

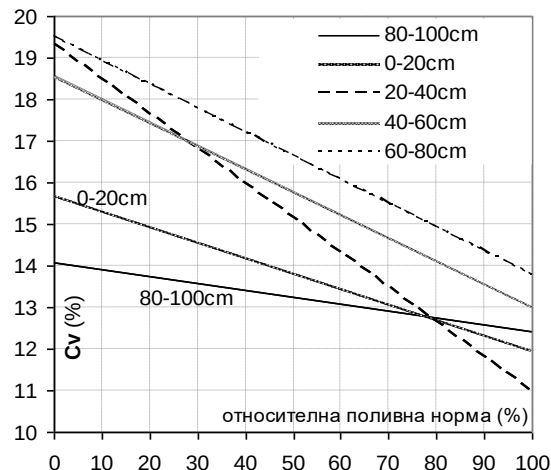
• Варирането на почвената влажност намалява с увеличаване обхвата (дебелината на почвения слой), в който се изследва нейното изменение. Най-значително е варирането в повърхностния почвен пласт (0-20cm), тъй като той поема изцяло или част от падналите валежи, навлажнява се до ППВ при всички поливни норми, подложен е на прякото влияние на абиотичните фактори, а освен това, съдържа в себе си значителна част от кореновата система. С увеличаване дебелината на пласта, посочените влияния постепенно намаляват, а някои от тях (тези на абиотичните фактори) дори изчезват. Това води до постепенно намаляване варирането на почвената влажност. При включване на данните за най-дълбоките слоеве (80-100 и донякъде 60-80cm), където поливната вода дори при оптимално напояване не достига, варирането е минимално.

• Поливният режим влияе върху варирането на водния запас и почвената влажност. На фиг.7 е представено влиянието на размера на поливната норма върху варирането на водния запас и респективно на почвената влажност. Изчертаните линии апроксимират точките, имащи координати стойностите на C_v за дадения почвен слой (Y) и относителната поливна норма (X). Включени са данните от всички опитни години и обхващат целия вегетационен период (135-150 дни, респективно стойности). Целта в случая е да се проследи, дали при нарастване на поливните норми, стойностите на C_v намаляват. На първата графика (А) са представени данните, валидни за почвени слоеве с различна дебелина (от 0-20 до 0-100cm). При неполивни условия и при напояване с малки поливни норми разходът на вода от повърхностния почвен слой се компенсира от валежите и подадените поливки, поради което варирането на почвената влажност е в по-тесни граници (в общия случай). С увеличаване на дълбочината, приходите на вода често изостават в сравнение с разхода и почвата просъхва бързо. Поради това влажността в рамките на вегетацията варира в доста по-широки граници. С нарастването на поливната норма над 50% диапазонът на вариране се стеснява, в резултат на което C_v става по-малък от този, установен за повърхностния почвен слой. Това е така, поради все по-благоприятното съотношение между приходите и разходите на вода. При всички изследвани дълбочини, увеличаването на размера на поливната норма влияе положително в посока стабилизиране стойностите на почвената влажност. От графиката става ясно още, че влиянието на поливната норма е много по-силно от това – на дебелината на почвения слой.

А) при почвен слой с различна дебелина



Б) послойно в дълбочина през 20 cm



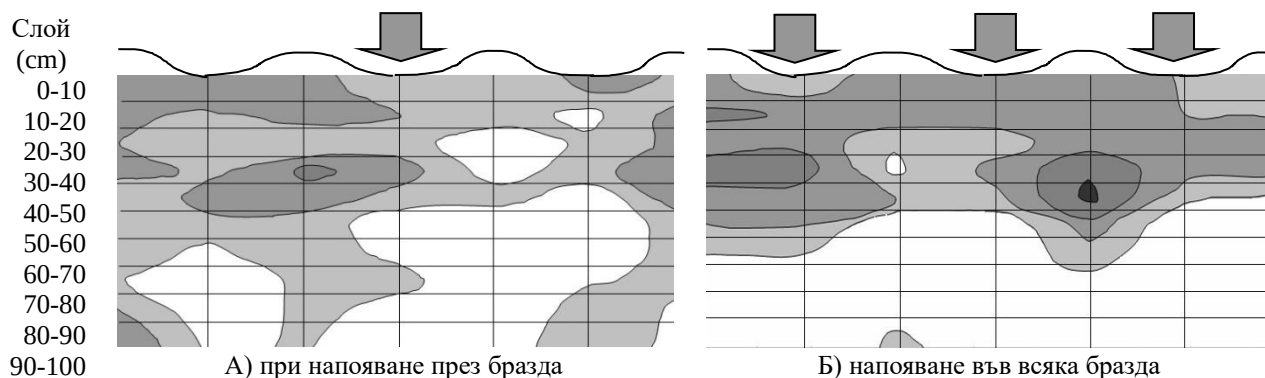
Фиг. 7. Влияние на поливния режим върху варирането на водния запас и на почвената влажност послойно

На втората графика (Б) е представено влиянието на поливната норма върху варирането на влажността в отделните части на еднометровия почвен слой. Колкото по стръмна е линията, толкова този почвен слой е по-чувствителен по отношение размера на нормата, т.е. стъпката с която намалява C_v е по-голяма. **Слойт 20-40cm реагира най-чувствително**, поради това, че всички норми от 50% и нагоре му влияят, като поддържат сравнително висока почвена влажност. От друга страна, при неполивни условия и при напояване с малки норми, този слой инкасира само разходи, в резултат на което влажността варира. Именно затова, при тези условия C_v е много висок, а при напояване с големи норми, той е най-нисък (разлика от 7.5%). Слойт 80-100cm почти не търпи промяна, тъй като поливната вода не достига до него, влияние на външните фактори практически липсва, а делът на кореновата система в този слой е най-малък. Освен това, много рядко този слой се навлажнява от вегетационните валежи. Минималното влияние на поливния режим върху този слой може да се обясни със случаите, когато има неравномерно разпределение на влажността в по-горните слоеве, в съчетание със засушаване в някои от тях. Ако при тези случаи слойт 80-100cm разполага с лесно достъпна вода, растенията я използват, но не еднакво, т.е. тези, напоявани с по-големи норми са по-добре развити и с по-големи възможности за усвояване на водата от този слой. Разликите обаче са много малки, което се вижда ясно и на графиката. При слоевете 40-60 и 60-80cm C_v се променя с приблизително една и съща стъпка, но съществено, което доказва влиянието на размера на поливната норма и в тази част на почвения профил.

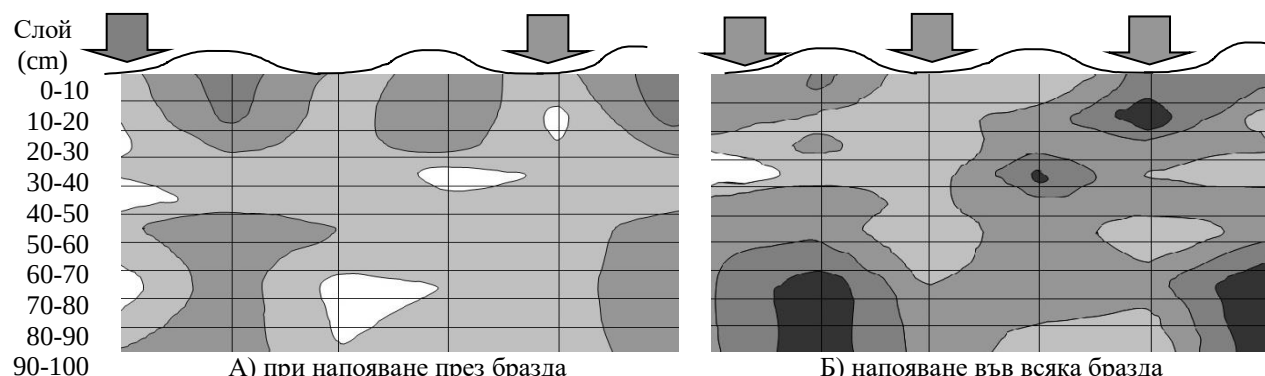
Разпределение на водата в почвения профил при напояване чрез подаване на поливната вода във всяка бразда и през бразда.

На фиг.8 и 9 са представени контурите на навлажняване на почвата след провеждане на първа поливка, но през години с различна обезпеченост на валежите през есенно-зимния и ранно-пролетен период. Съществена разлика се наблюдава в по-дълбоките почвени слоеве, тъй като консумацията на вода от тях е значително по-слаба. В слоя 0-50cm, където се разполага основната част от кореновата система на растенията през периода на *цъфтеж и бобообразуване* (времето за първата поливка), обстановката през двете експериментални години е сходна. И в двата случая се отчитат съществени разлики в контурите на навлажняване между двата начина на разпределение на поливната вода по почвената повърхност. При подаването на първа поливка се наблюдава по-благоприятно разпределение на водата в почвения профил при напояване през бразда. Това е така, тъй като към момента няма натрупан воден дефицит, в резултат на което подадената поливна норма успява да достигне до по-голяма дълбочина и същевременно да се разпредели в хоризонтално направление (графики А). Наличието на много висока влажност в дълбочина дава възможност за свързване на поливната вода с наличната в слоя 50-100cm, което оказва влияние на разпределението на водата в горните слоеве (фиг.8.А). При подаването на поливната вода във всяка бразда почвата се навлажнява на значително по-малка дълбочина, поради което подобно взаимодействие (между поливна вода и наличен воден запас в дълбочина)

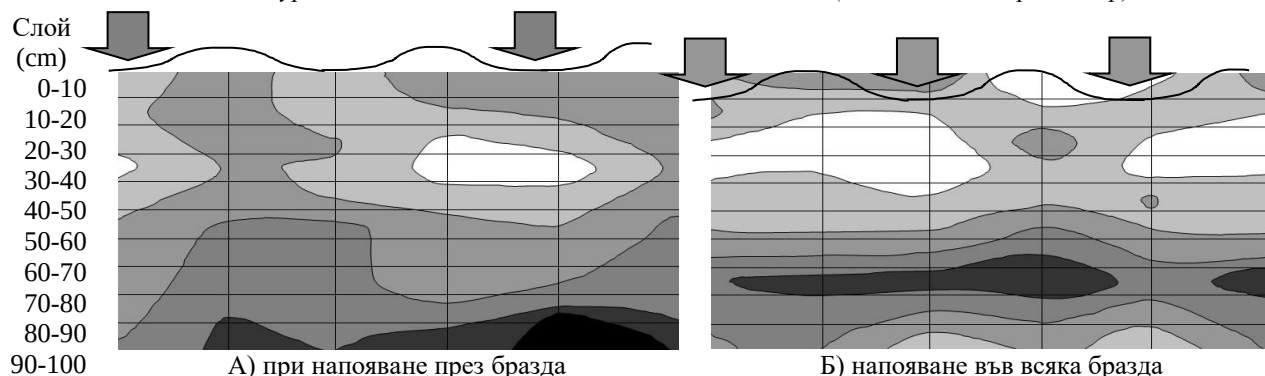
не се наблюдава. Разходът на вода от растения обаче, в двата случая е приблизително еднакъв, поради което слой 0-50cm просъхва по-бързо.



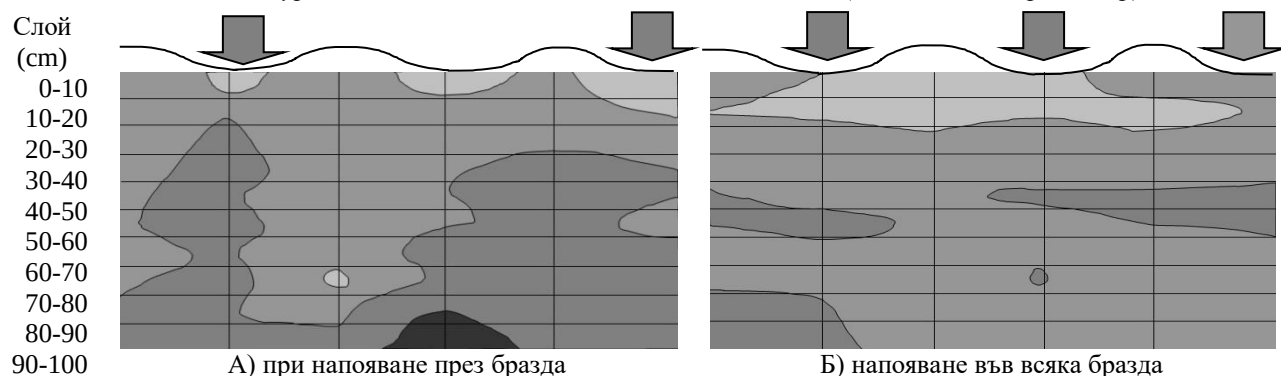
Фиг.8. Контури на навлажняване на почвата след I поливка (2003 година, сорт Бисер)



Фиг.9. Контури на навлажняване на почвата след I поливка (2004 година, сорт Бисер)



Фиг.10. Контури на навлажняване на почвата след II поливка (2004 година, сорт Бисер)



Фиг.11. Контури на навлажняване на почвата след III поливка (2008 г, сорт Сребрина)

Легенда:	над 90%ППВ	80-90%ППВ	70-80%ППВ	60-70%ППВ	50-60%ППВ	под 50%ППВ
-----------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------

Ако трябва да се анализира разпределението на водата от първата поливка при двата начина на нейното реализиране, по-показателни са графиките от фиг.9, тъй като влажността на почвата в дълбочина е по-ниска. При подаване на поливната вода през бразда се наблюдава оптимизиране на почвената влажност в целия еднометров почвен слой под навлажнената бразда, като същевременно се отчита положителния ефект от инфилтрацията. Така, една седмица след

първата поливка условията са изключително благоприятни в целия почвен профил. Наблюдава се ясно изразено засушаване (леко до умерено) в зоната, намираща се непосредствено под растенията, поради високата концентрация на корени (фиг.9.А). При подаване на водата във всяка бразда се наблюдава по-съществено и неравномерно разпределение на водата в профила. Като се има предвид интензивността на водоразхода през тази фаза може да се счита, че голяма част от поливната вода е изразходвана, в резултат на което зоните с оптимална влажност (над 80%ППВ) заемат малък относителен дял в рамките на изследвания профил (фиг.9.Б). От тук може да се направи заключението, че при подаването на първа поливка през бразда се създават по-благоприятни условия. На фиг.10 са представени резултатите за разпределението на поливната вода в почвения профил, след реализирането на втора поливка (фаза *наливане на семената*). Тук се наблюдава точно обратното – при напояване през бразда се отчита по-интензивно изчерпване на водата, в сравнение с напояването във всяка бразда. Независимо от това може да се счита, че една седмица след извършването на втора поливка, условията за напояването през бразда растения са благоприятни, тъй като съществуват значителни зони с влажност над 80%ППВ, а тези с влажност между 70 и 80%ППВ не могат да причинят съществени смущения в развитието на растенията. Между втората и третата поливки продължава интензивното изчерпване на лесно достъпната вода, в резултат на което подадената в последствие редуцирана поливна норма има далеч по-слаб ефект, в сравнение с предходните две. Това важи и при двете технологии за разпределение на поливната вода по повърхността на терена (фиг.11). Седмица след провеждане на третата поливка (период на *наливане на семената*) и при двата варианта се наблюдава чувствително понижение на влажността в активния почвен слой на соята. При напояване във всяка бразда засушаването е по-равномерно, а като интензитет е слабо в слоя 20-40см, до умерено в слоя 40-60см. В повърхностния почвен слой, където е разпределена поливната вода, влажността е все още в оптимални граници, но това е следствие от дефицита през предходния междуполивен период.

При напояване през бразда се наблюдава преорентиране на кореновата система на растенията в посока към навлажняването междурение. Повишава се интензивността на изразходване на водата от тази зона и свързаното с това видимо засушаване.

Влияние на поливния режим върху динамиката на растеж при соята

• Маса на листата на растенията

Независимо от условията на отглеждане, растенията и при двата сорта постигат най-голяма биомаса на листата през периода на развитие и наливане на семената (R5). Много съществено отрицателно влияние има отмяната на поливка, през на *интензивно листообразуване*. Възобновяването на напояването в последствие до края на поливния период не може да компенсира последиците от засушаването през периода на *масов цъфтеж и бобообразуване*. Най-малки поражения върху листната маса се отчитат при отмяна на поливка през периода на *наливане на семената*, но високите стойности остават за по-кратък период от време, т.е. освен че развива по-мощна листна маса, по-добрият воден режим я задържа и за по-дълго време.

• Маса на стъблата и разклоненията на растенията

От анализа на опитните данни става ясно, че независимо от поливния режим и условия на годината, стъблата на соята увеличават своята биомаса до към края на фаза R5. След това, тя остава относително постоянна величина, без да има значение това, каква е влажността в почвата. Достигането на този максимум съвпада календарно с максимума на листната маса, давайки основание се счита, че по това време приключва *вегетативното нарастване на растенията*. Характерът на годината влияе на броя на поливките, а той от своя страна, оказва влияние върху ефекта от приложените поливни норми. При всички останали случаи нарастването на размера на поливната норма увеличава масата на стъблата и обратно.

• Динамика на нарастване масата на бобовите

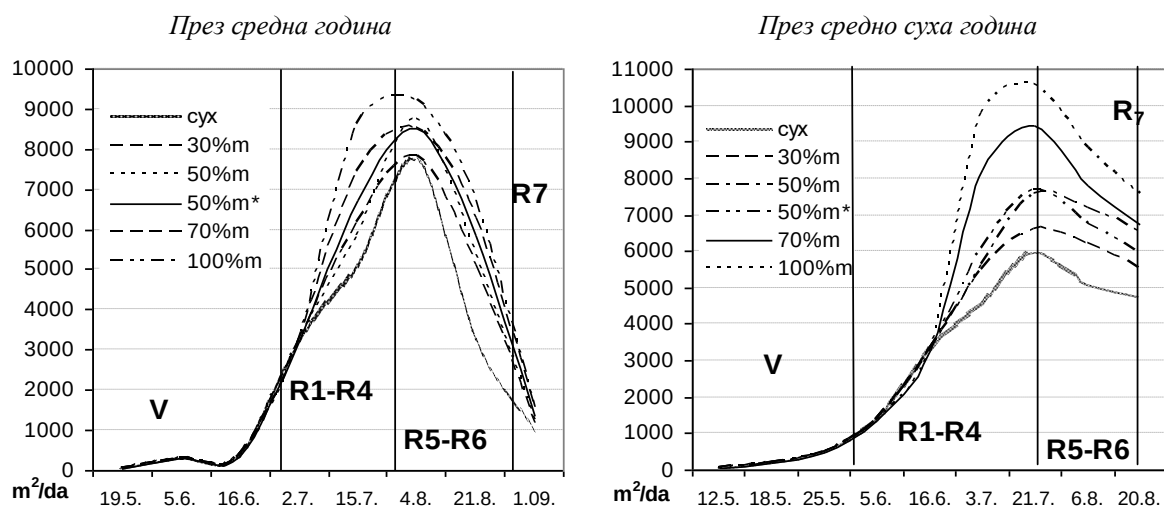
Според данните от експеримента, нарастването на масата на бобовите продължава до началото на R7 (*начало на узряване*), но още през R6 интензивността му започва постепенно да се забавя. За образуването и задържането върху растенията на максимален брой бобове, решаващо значение има влажността на почвата през периода R1-R4. През периода R5-R6 значителен дял в масата на бобовите започват да заемат и нарастващите семена, а влиянието на поливния режим става все по-ясно изразено. Именно затова се счита, че влагообезпечеността на растенията през

тази фенофаза е от изключително значение за количеството и качеството на добива. При неполивни условия, дефицитът през тази част от вегетацията е най-често умерен – до силен, докато при напояване, той се компенсира частично при по-малките норми, а при големите се неутрализира в значителна степен или напълно. Така се формират по-големи разлики между отделните поливни режими в годините с по-интензивни засушавания през август.

Влияние на поливния режим върху основни фотосинтетични показатели при соята

• Влияние на поливния режим върху листната площ (ЛП) на соята

Листната площ на соята се изменя паралелно с масата на листата в рамките на конкретна година, вариант и сорт (фиг.12). Това означава, че двата показателя се влияят по един и същ начин и в една и съща степен от факторите на средата и приложения поливан режим, т.е. между тях съществува определена зависимост. Тя е линейна при $R^2=0.968$. Уравнението има следния вид: $LA=227.4+200m$ (cm^2/p), като LA е листната площ на едно растение, а m – съответстващата на тази листна площ суха маса на листата. Предложени са варианти на зависимостта, чрез които може да се изчисли ЛП за $1m^2$, $1da$ и $1ha$.



Фиг.12 Изменение ЛП на соята в зависимост от поливния режим

На фона на различните нива на водообеспеченост, за формирането на листната площ при соята решаваща роля има и температурният фактор, изразен чрез акумулиране стойностите на средноденонощана и на ефективната температура на въздуха. Между тях съществува тясна степенна зависимост от вида $Y=ax^n$, която се изразява графично посредством изпъкнала парабола. Параметърът „а“ показва необходимата температурна сума ($^{\circ}C$) за формирането на $1m^2/m^2$ ЛП, а „х“ е ЛП (m^2/m^2). Поливният режим оказва влияние върху параметрите на зависимостта, но тя зависи в много по-голяма степен от биологичните особености на културата, поради което демонстрира приблизително един и същ характер при всички сортове и поливни режими. С подобряване водния режим на растенията, температурната сума, необходима за формирането на дадена листна площ постепенно намалява. Това се изразява чрез понижаване степенния показател на уравнението. С напредване на вегетацията, разликите между различните поливни режими по отношение на изискванията към ΣT° за формиране на определена ЛП постепенно нарастват. Зависимостта, базирана на ΣT° и ΣT°_{ef} , демонстрира приблизително една и съща точност $R^2>0.91$. От практическа гледна точка тя може да се използва за прогнозиране на времето, когато посевът ще достигне определена листна площ.

• Влияние на поливния режим върху листно-площния индекс (ЛПИ)

За условията на настоящата работа, ЛПИ зависи от приложения поливен режим, от характера на годината и в по-малка степен от сортовите особености. При неполивни условия той варира в широки граници – между 56 и 86% от този – при оптимално напояване. Върху стойностите му оказват влияние валежите и поливките, определящи нивото на почвената влажност до края на фаза R4 или началото на фаза R5. Ефектът от напояване с малки поливни норми (25-30%) при липса на валежи е сравнително малък (1-19%). По-съществено нарастване на ЛПИ може да се осигури при норма 50%, (до 28%) като практически няма разлика при напояване през бразда и във всяка бразда. Напояване с норма 70-75% осигурява много висок ЛПИ, вариращ в границите 89 – 99% от максималния. Тези данни показват, че ЛПИ не се изменя

пропорционално на изменението на поливните норми. Установена е линейна зависимост между ЛПИ и почвената влажност в слоя 0-60cm, отнасяща се за периода R1-R6, при $R^2=0.704$. Тя може да служи за прогнозиране размера на ЛПИ, в зависимост нивото на почвената влажност.

• **Влияние на поливния режим върху ФСП на соята**

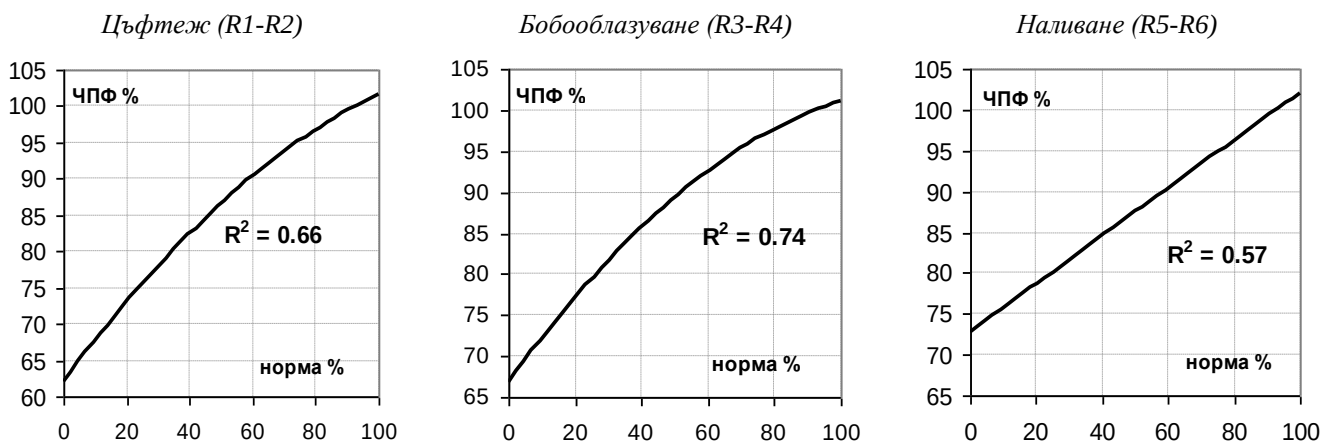
ФСП на соята нараства най-бързо през периода (R2-R). Максимални стойности се достигат във времето между края на фаза R4 и фаза R5, като размерът на поливната норма не влияе върху времето за настъпване на максимума, а само върху неговите стойности. С нарастването на размера на поливните норми се удължава продължителността на работа на листния апарат, в резултат на което, периодът с високи стойности на ФСП също нараства. Редуцирането на поливните норми с 25-30% осигурява много висок ФСП на соевия посев, възлизащ на около и над 90% от този – при оптимално напояване (средно 95%). Подаването на малки поливни норми показва слаб положителен ефект върху ФСП, колебаещ се в рамките между 3 и 14%. Съществува линейна зависимост между ФСП и надземната биомаса на растенията, при $R^2=0.77$. Уравнението има следния вид: $m_p=3.82\text{ФСП}+62.9$ (kg/da). Тази зависимост потвърждава становището, че параметрите на фотосинтезиращия листен апарат на соята представен чрез ФСП има решаващо значение за количеството натрупана растителна биомаса, част от която е добива.

• **Влияние на поливния режим върху ЧПФ на соята**

Работата на листния апарат се изразява най-пълно и точно чрез натрупването на биомаса за определен период от време, което представлява чистата продуктивност на фотосинтезата (ЧПФ) или т. нар. нето фотосинтеза. Тя представлява натрупаната суха маса (g) за определено време (24h), отнесено към единица площ (1m^2). Размерът на поливните норми влияе върху ЧПФ при соята, като между тях има зависимост, различаваща се през отделните фенофази (фиг.13).

ЧПФ и нейната интензивност са пряко свързани с фенологичното развитие, т.е. разпределението ѝ по органи е също така различно през отделните периоди от вегетацията на соята. Независимо от поливния режим, ЧПФ при листата, стъблата и корените е максимална през вегетативния период, след което намалява, достигайки нулеви стойности през периода на наливане на семената – R6. При бобовите ЧПФ нараства най-бързо през периода R3-R4, продължавайки да нараства и през R5, но с по-бавни темпове. През R6 и R7, поради бързото намаляване на листната площ, фотосинтетичната активност също бързо намалява, отразявайки се върху стойностите, но въпреки това, през тази част от вегетацията при бобовите се отчитат стойности от 1.4 до $2.4\text{g/m}^2.\text{day}$ (АСВ).

Поливният режим влияе върху ЧПФ при всички органи на растението, но все пак съществуват определени различия. При листата, най-силно е влиянието на поливните норми през периода на *цъфтеж* и *начало на бобообразуване*, докато при стъблата се отчита ефект от нормите при всички подадени поливки. ЧПФ при корените е по-чувствителна през периода на *бобообразуване*. При бобовите напояването увеличава чувствително ЧПФ още в самото начало на фенофаза *бобообразуване*, но разликата между отделните поливни норми започва да става видима през втората половина на периода (R4). Натрупването на ефекта от прилагането на различен поливен режим след втората и третата поливки, правят разликите през периода на *наливане на семената* още по-съществени



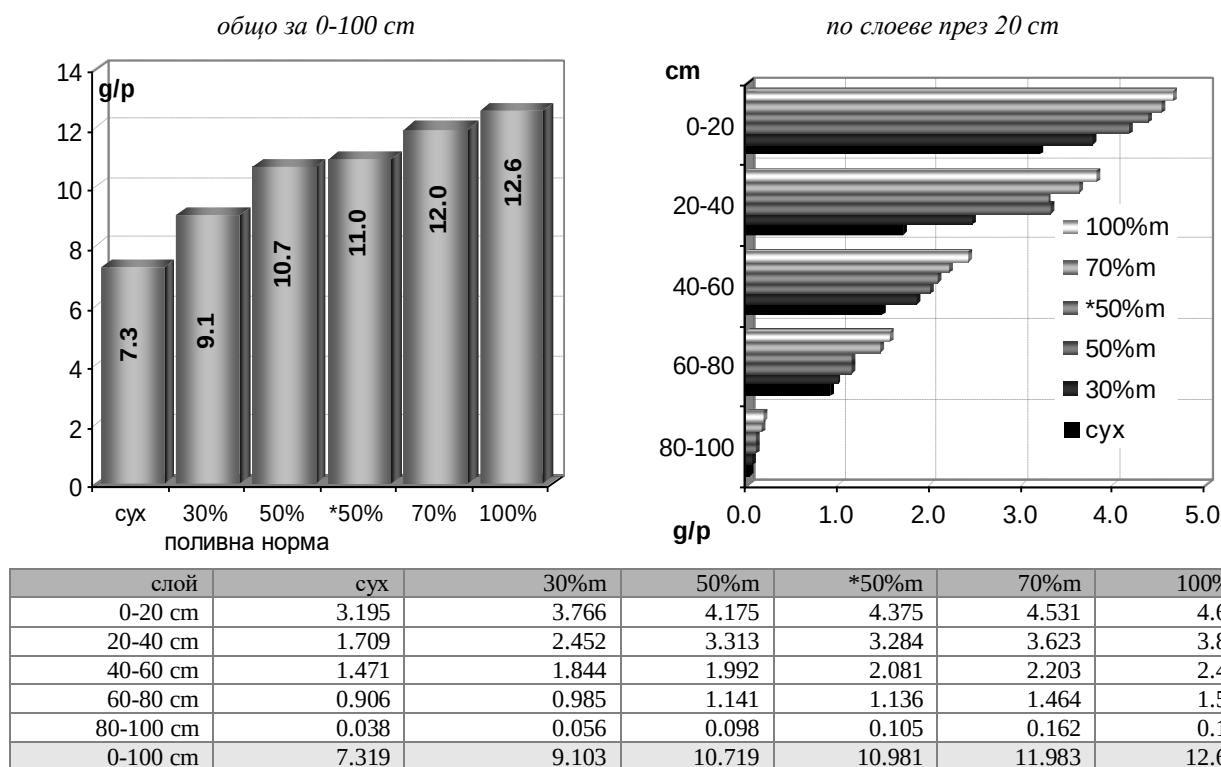
Фиг.13. Зависимост между поливната норма и ЧПФ по фенофази

До появата на разклоненията, средно 60% от продуктивността на фотосинтезата е свързана с нарастването на листната маса, а 28% е в направление – формиране и нарастване на стъблото. Към корените са насочени 12% от нея. През следващата фенофаза част от ЧПФ се пренасочва от листата към стъблата и разклоненията, в резултат на което се отчита промяна в съотношението между тях (55 към 34%). Поливният режим не оказва никакво влияние върху относителното разпределение на ЧПФ по органи през периода R1-R2. През периода R3-R4 се отчита пренасочване на значителна част от ЧПФ към бобовите, като това става за сметка на останалите три компонента. През периода R5, поливният режим оказва слабо положително влияние върху ЧПФ при листата, корените и стъблата. В същото време над 55% от ЧПФ се ориентира по направление на бобовите и по-точно – за развитие на семената и увеличаване на тяхната биомаса. Фаза R6 остава извън поливния сезон, но е възможно да има остатъчен ефект от проведените през предходните фази поливки и размера на поливните норми. По отношение на ЧПФ, този ефект може да се търси само при бобовите, тъй като при останалите органи тя е нулева.

Влияние на поливния режим върху кореновата система на соята.

Поливният режим оказва съществено влияние на кореновата маса в целия обхват на еднометровия почвен слой, като дори малките поливни норми са в състояние да увеличат сухата им маса с близо ¼. Подаването на по-големи поливни норми увеличава допълнително кореновата маса с между 64 и 73% (фиг.14). Основната част от корените на соята, независимо от поливния режим, се намира в повърхностния почвен слой 0-20cm (37-44%). По-голямата част от нея е в слоя 10-20cm. Тази закономерност не зависи от поливния режим. Тя е биологически предопределена. С подобряване водообезпечеността на растенията се наблюдава ясно очертана тенденция към намаляване дела на корените в 0-20cm спрямо тези, в еднометровия слой. То е на фона на нарастващи абсолютни стойности и се дължи на промяна в масата, отчетена в по-долния слой 20-40cm, където тенденцията е точно обратната. В този критичен за соевите растения почвен слой се формират 23% от корените на ненапоиваната соя и 30-31% при норми в диапазона 50-100%.

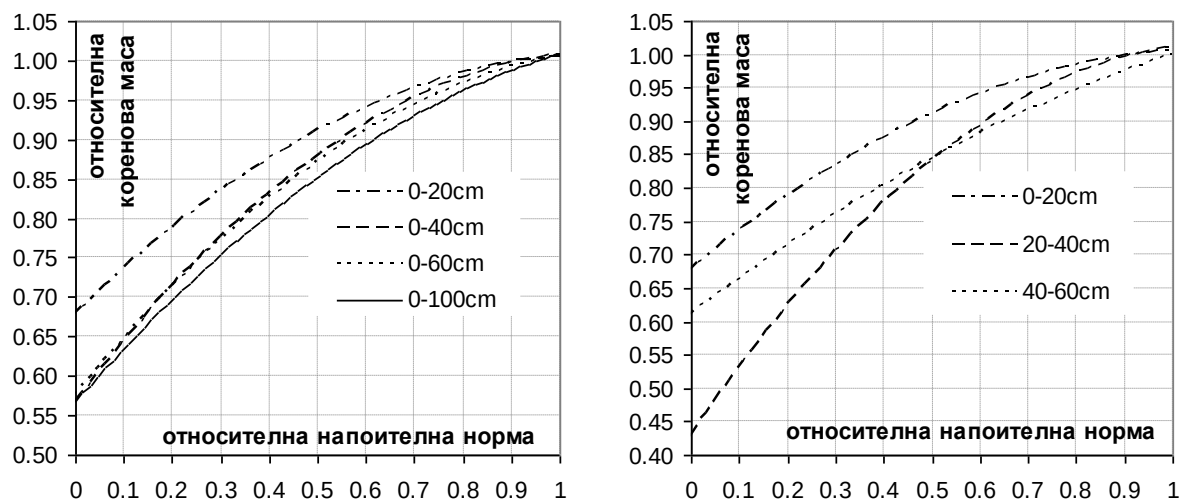
Съществува тясна зависимост между кореновата маса и поливната норма, която е квадратна при $R^2 > 0.97$. Параметрите ѝ са специфични за всеки почвен слой (фиг.15).



Фиг. 14. Суха маса на кореновата система (g/p) по почвени слоеве и в зависимост от поливната норма (сорт Бисер)

Разпределението на кореновата система по почвени слоеве дава ценна информация, относно определянето на размера на поливните норми и дълбочината, на която почвата трябва да

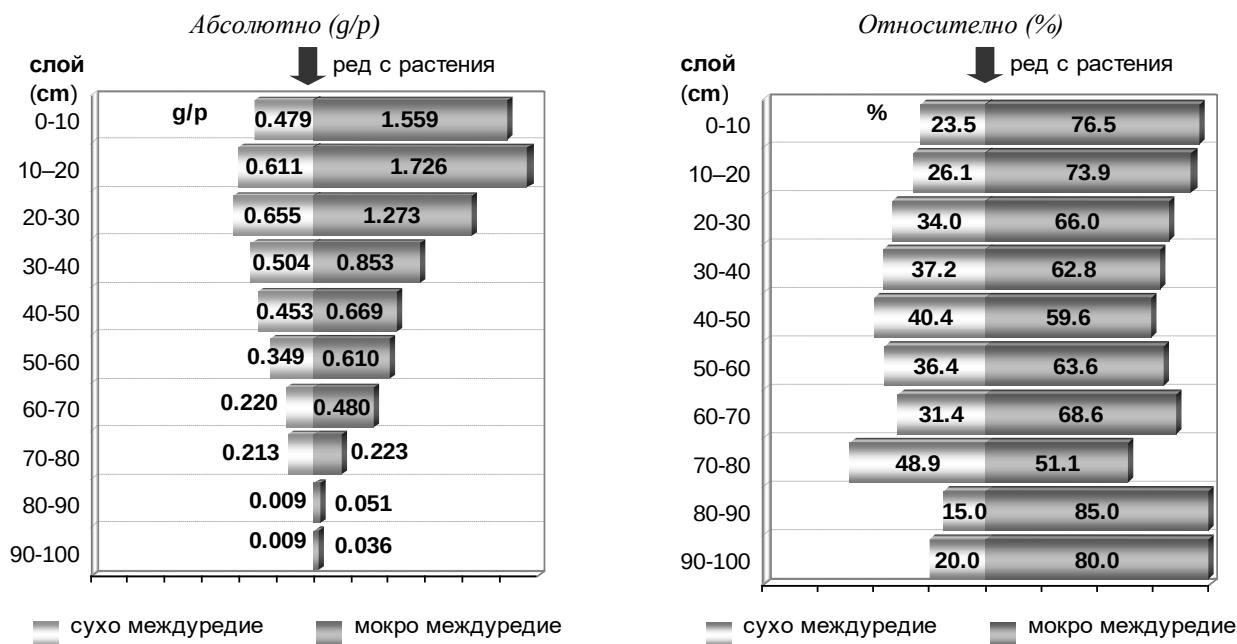
бъде навлажнявана. Ако поливните норми се изчисляват за навлажняване на слоя 0-40 cm, трябва да се има предвид, че напояването ще обезпечи до 67-70% от цялата коренова система на растенията. Ако нормите се изчисляват за слоя 0-60cm, при оптимална почвена влажност ще се развива между 86 и 89% от кореновата система. Това означава, че критерий за насрочване на поливките трябва да бъде влажността в 0-40cm, а поливните норми трябва да са такива, че да навлажняват слоя 0-60cm.



Фиг.15. Зависимост между относителната маса на корените и напоителната норма по почвени слоеве

Напояването през бразда води до преразпределение на кореновата система в посока мокрото междуредие, като съотношението на корените от двете части на реда е съответно 3:1 за 0-20cm и 2:1 за 20-60cm (фиг.16). В по-дълбоките слоеве на почвата, където поливните норми нямат влияние съотношението е променливо и не следва конкретна логика. Наблюдава се тенденция за нарастване дела на корените в сухото междуредие на дълбочина 20-50cm. Това е така, защото разпределението на водата в хоризонтално направление е по-добре изразено в този слой на почвата, в сравнение с повърхностния (0-20cm), т.е. част от поливната вода навлиза под сухото междуредие и подобрява в известна степен условията за развитието на корените.

По отношение на общата биомаса на корените, разликата при напояване във всяка бразда и през бразда е около 1%.



Фиг.16. Разпределение на кореновата система на соята (сорт Бисер) в дълбочина, при норма 50% и подаване на поливната вода през междуредие

Евапотранспирация на соята

Евапотранспирацията (ЕТ) на соята е установена при неполивни условия, при оптимално напояване и при напояване с намалени поливни норми.

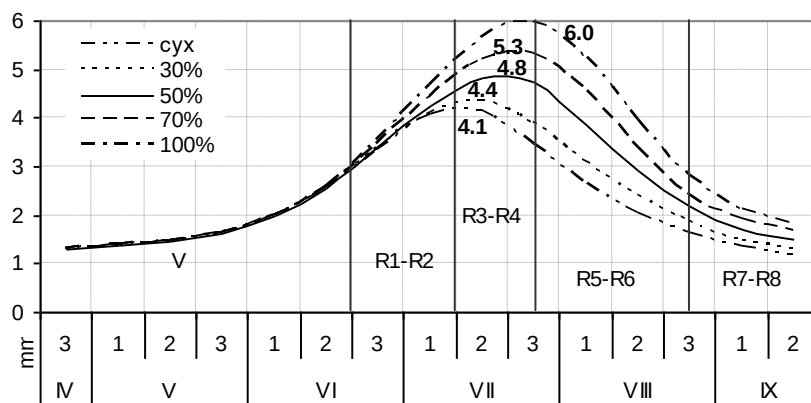
Средноденонощни стойности на евапотранспирацията

На фиг.17 е представен средноденонощният ход на ЕТ при соята, в зависимост от поливния режим, средно за експерименталния период. Графиката дава обобщена и в същото време достоверна представа за динамиката на този показател в рамките на целия еднометров почвен слой. Отчита се влиянието на три групи фактори – биологични, абиотични и степен на водообезпеченост (поливен режим).

- *Биологични фактори*: Средноденонощният ход на ЕТ при соята се описва посредством едновърха крива, представляваща изпъкнала парабола, с максимум през периода на бобообразуване (R3-R4). В много редки случаи той може да настъпи непосредствено преди R3 или в началото на R5. Този ход се обуславя от различните потребности на растенията от вода през вегетационния период. Така, до появата на първите разклонения ЕТ има ниски стойности, защото листната площ е малка, метеорологичната обстановка е „спокойна”, а растенията увеличават само вегетативната си биомаса. При появата на разклоненията интензивността на ЕТ започва постепенно да нараства, а с началото на *цъфтежа* стойностите тръгват рязко нагоре. Това е характерно за началото на *репродуктивния период* на всички селскостопански култури, като при соята продължава до достигането на максимума през периода на *бобообразуване*. До края на фенофазата стойностите могат да останат високи, в зависимост от условията на отглеждане, но поради настъпващото забавяне на жизнените процеси в растенията, застаряването и постепенната загуба на листа, интензивността на ЕТ през периода на наливане на семената започва да намалява, независимо от това, че условията на средата предполагат интензивно изпарение (висока температура на въздуха, съчетана с ниска атмосферна влажност).

- *Климатични фактори и метеорологични условия*: Тази група фактори може да повлияе слабо върху биологически обусловения ход на ЕТ, като стойностите могат да варират в известен диапазон, а максимумът ѝ календарно може да бъде изместен (по-рано или по-късно) с не повече от една десетдневка. Върху хода на ЕТ може да влияе частично и различната дата на сеитба.

- *Влияние на поливния режим*: При неполивни условия се достигат максимални стойности от около **4.0mm** за денонощие през първата или втората декада на юли във фаза R3 (*начало на бобообразуване*). Поради изчерпване на значителна част от леснодостъпната вода в почвата, както и поради започналото застаряване и отмиране на част от листата, ЕТ бързо понижава своята интензивност, достигайки първоначалните стойности през периода на *узряване*. Напояването с малки поливни норми (до 30% от максималната изчислена) не променя съществено хода на ЕТ. Незначително нарастват стойностите, без да се променя времето на максимума (R3), който е средно **4.4mm**. Малката разлика спрямо ненапояваната соя се дължи на това, че тези поливни норми влияят върху почвената влажност за кратко и само в слоя 0-20cm. Подаването на ½ от максималната поливна норма повишава по-съществено стойностите на ЕТ, тъй като освен слоя 0-20cm, се навлажнява и част от слоя 20-40cm. Ефектът от тази поливка е по-продължителен и води до изместване на максимума (средно **4.8mm**) с около 5 дни по-късно, попадайки във втората или третата декада на юли, през периода на интензивно *бобообразуване*. При напояването с норма в диапазона 70-100%, средноденонощната реална ЕТ достига най-голямата си интензивност, а максимумът (**5-6mm**) се отчита поне една декада след този при неполивни условия. Навлажняването на почвата до 40 – 60cm дълбочина (съответно за двете поливни норми) удължава времето, през което ЕТ се характеризира с висока интензивност, защото листата остават свежи за и се задържат върху растенията за по-дълъг период от време. Всяка една поливка има различно значение за хода на ЕТ, в зависимост от това, кога точно е подадена. Резултатите от изследването показват, че върху стойността на максимума влияние оказва напояването само до началото на фенофаза *бобообразуване* (R3). Поливките по време на *бобообразуването* и след това, могат само да задържат стойностите по-високи, за по-дълго време. Максималната разлика между средноденонощните стойности на ЕТ при различните поливни режими не е по време на максимума, а 1-2 десетдневки по-късно, тъй като ефектът от поливките не е моментален. Освен това, всяка следваща поливка с намалена норма води до постоянно нарастващ воден дефицит, който има пряко отношение към интензивността на ЕТ.



Фиг.17. Средноденонощна ЕТ по варианти средно за 2003-2009

Евапотранспирация на соята по периоди

Резултатите при неполивни условия са представени нагледно на фиг.18. ЕТ през вегетативния период на соята се формира основно от слоя 0-20cm (над 50%). През този период се изразходва значителна част от сумарната ЕТ, което е в резултат на по-голямата му продължителност. Относителният му дял зависи от условията и свързаният с тях водоразход през следващите два периода. Периодът *цъфтеж-бобообразуване* се характеризира с най-интензивна ЕТ в целия обхват на еднометровия почвен слой. Относителният дял на повърхностния слой намалява за сметка на слоевете, намиращи се под 40cm дълбочина. С увеличаване на дълбочината намалява участието на ЕТ през вегетативната фаза и нараства относителният дял на фенофазите, формиращи *репродуктивния период*.

Напояването, като основен фактор влияещ върху евапотранспирацията, би могло да промени в някаква степен нейното разпределение между отделните почвени слоеве и фенофази, като тук решаващо значение има размерът на поливната норма, броят на поливките и времето за тяхното извършване.

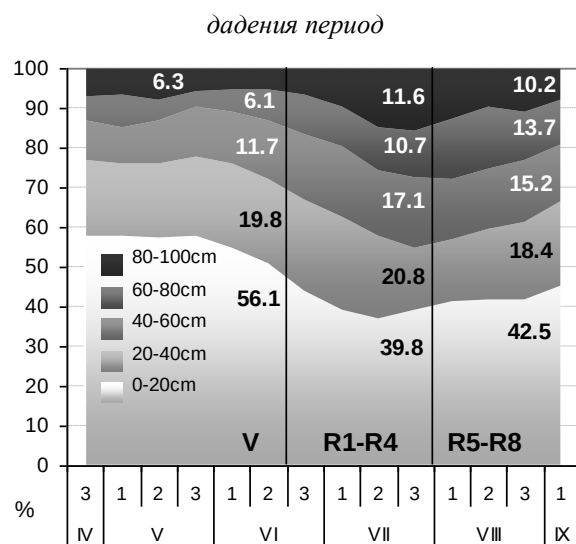
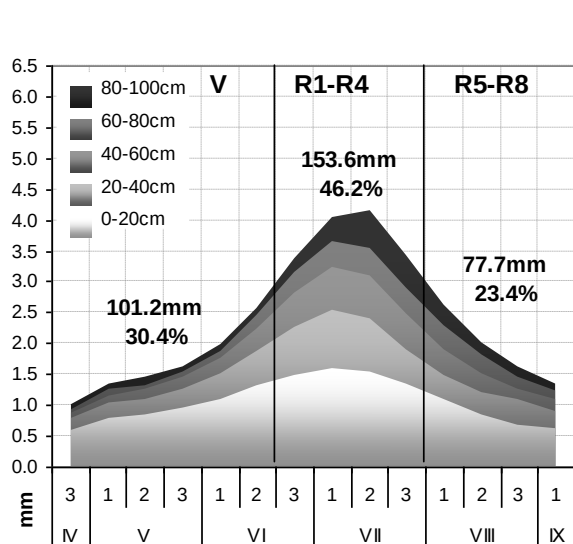
Влиянието на напояването е основно в зоната, където попада поливната вода, т.е. промените засягат пряко само този слой. Повишава се интензивността на ЕТ, а максимумът е с 1 десетдневка по-късно, в сравнение с по-долу лежащите и незасегнати от напояването слоеве. При всички поливни режими и периоди от вегетацията, водеща роля има слоя 0-20cm, който при напояване с намалени поливни норми има по-висок относителен дял в сравнение с 20-40 и 40-60cm, взети заедно. При напояване с цяла поливна норма (фиг.19), се активизира ЕТ в слоя 20-60cm и през репродуктивния период неговият относителен дял достига и дори надвишава делът на повърхностния почвен слой (0-20cm). Максимумът в целия обхват от 0-100cm се измества през третата декада на юли, т.е. той е по едно и също време във всички слоеве на почвата. При този поливен режим в слоя 0-60cm се формира средно 88% от ЕТ за целия еднометров слой (в рамките на периода), а през периода *цъфтеж-бобообразуване* – 86%. През периода на наливане на семената и узряване, този дял възлиза средно на 87%, като се има предвид, че в същия този слой се намира малко над 86% от кореновата система на соята.

Периодът на *цъфтеж и бобообразуване* има най-голям и относително постоянен дял (около 45%) в сумарната ЕТ на соята. Този дял не се променя съществено, независимо че с нарастването на поливните норми, абсолютната ЕТ в навлажнените слоеве също нараства, а от там се увеличава и сумарната стойност за 0-100cm. През периода на *наливане на семената* нарастването на поливните норми увеличава дела на фазата (от 23% при неполивни условия до над 32% при оптимално напояване). Това увеличение е за сметка на *вегетативния период*, при който абсолютните стойности са постоянни (поради липса на поливки), а относителните намаляват.

Степента на влияние на поливния режим върху относителното участие на отделните периоди във формирането на сумарната ЕТ при соята е свързано с времето през което е налице засушаване, неговата степен и продължителност. Относителният дял на вегетативния период зависи от изменението на относителното участие на останалите два периода, но с нарастване на поливните норми при тях, стойностите му винаги намаляват.

(А) ЕТ послойно в динамика по периоди

(Б) относително разпределение на ЕТ в рамките на

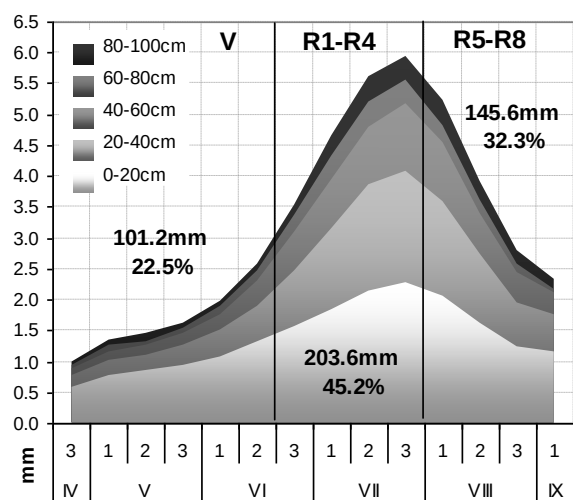


(B) Абсолютно и относително разпределение на ET по периоди и по почвени слоеве

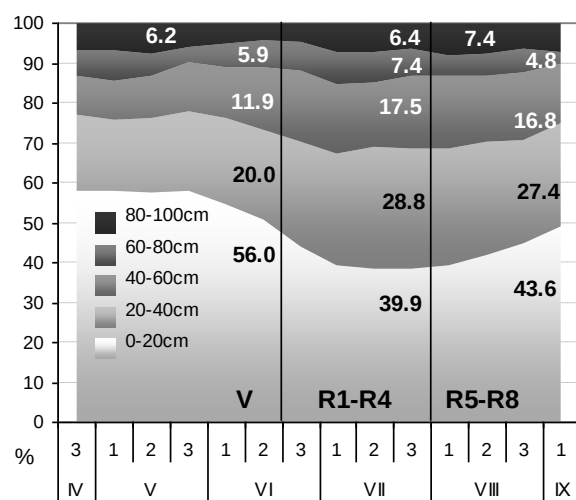
		32.8	60.9	56.0	37.4	40.7	21.9		0-20cm	
V				13.9	31.8	20.4	30.8	48.2	21.0	ET
R1-R4				11.9	26.2	12.4	24.5	51.9	23.6	%
R5-R8				10.9	16.5	6.3	18.7	49.1	32.2	
ET (mm) послойно и по периоды		8.2	18.1	6.1	18.9	55.6	25.5			

Фиг.18. Разпределение на ET на соята (сорт Бисер) по периоди и по почвени слоеве при неполивни условия

(A) ET послойно в динамика по периоди



(B) относително разпределение на ET в рамките на дадения период



(B) Абсолютно и относително разпределение на ET по периоди и по почвени слоеве

		61.9	80.4	55.9	28.2	40.5	31.3	0-20cm			
V			40.5	59.4	20.7	17.2	49.2	33.6	ET		
R1-R4				24.9	35.7	12.7	17.3	48.7	34.0	%	
R5-R8					7.3	14.9	9.0	21.0	52.9	26.1	60-80cm
ET (mm) послойно и по периоды					10.8	13.2	10.0	20.0	44.0	36.0	80-100cm

Фиг.19. Разпределение на ET на соята (сорт Бисер) по периоди и по почвени слоеве при напояване с норма 100%

Участието на втория период (цъфтеж-бобообразуване) варира в тесни граници. При засушаване през тази част от вегетацията, увеличаването на поливните норми увеличава дела на периода, докато при засушаване през периода на наливане на семената, този дял постепенно

намалява. Разликите са сравнително малки и не надвишават диапазон от 7-8%. Нарастването на поливната норма винаги води до увеличаване на дела на ЕТ от третия период, независимо от това, кога е засушаването. Времето на засушаване обаче, променя степента на влияние на поливния режим върху относителния дял на фазата, като при засушаване през предходния период (R1-R4), стъпката на нарастване е по-малка, в сравнение с тази, при засушаване в рамките на третия период.

Поливният режим оказва влияние върху сумарната ЕТ, съответно за втория и третия период. През втория период тя зависи само от степента на засушаване и от това, по кое време на периода са извършени поливките, тъй като поливките през R4 могат да влияят върху ЕТ през R5. През третия период, освен степента на засушаване, върху ЕТ оказва влияние и състоянието на растенията и основно на листната им маса. При по-богатите поливни режими (норма 70 и 100%) тя е по-голяма по обем, по-свежа и с потенциал за по-интензивна транспирация. При тези условия, разликите с сумарната ЕТ между отделните поливни режими са по-големи, в сравнение с предходния период, най-вече при засушаване през периода R5-R6.

Сумарна евапотранспирация и разпределението ѝ по почвени слоеве

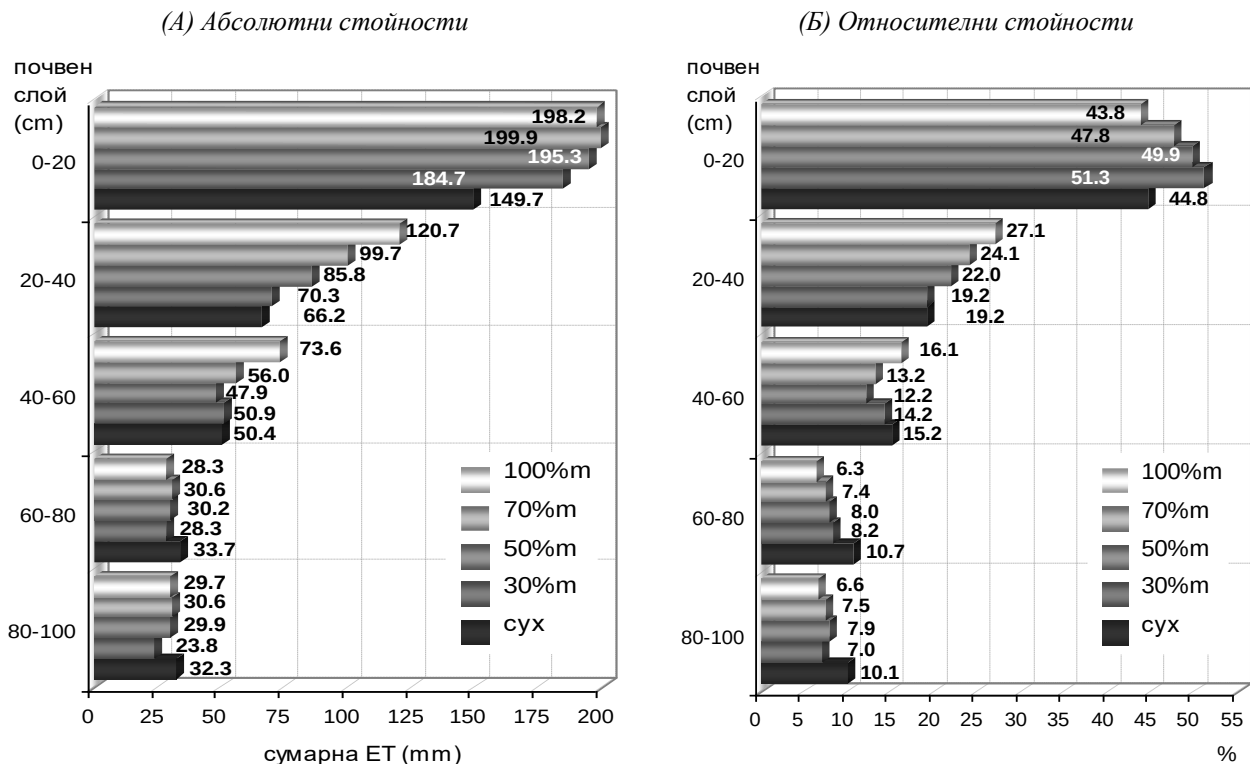
Данните за сумарната ЕТ са важни от гледна точка на това, до колко естествените източници на вода задоволяват потребностите на растенията, как различната водообезпеченост променя разхода на вода и как това се отразява върху добива. Данните за сумарната ЕТ по варианти и години е представена на таблица 7. Те са типични за соята и с в синхрон с съобщените от наши автори за други райони на страната.

Проучването на разпределението на ЕТ (относително и абсолютно) между отделните почвени слоеве, дава представа за това, до каква дълбочина растенията реално използват водата и в кой слой се концентрира основната част от водоразхода на соята. Тези данни са полезни при уточняване диапазона на разчетния почвен слой (дълбочината на навлажняване при напояване).

Както вече бе установено, слойт 0-20cm има водеща роля в ЕТ на соята, като това важи за всяка една фенофаза от вегетацията, независимо от поливния режим и характера на годината. С увеличаване на дълбочината, участието на отделните почвени слоеве се променя, като обикновено намалява. Освен това, то зависи от характера на годината и от поливния режим. За условията на настоящото изследване е установено послойното разпределение на ЕТ, като резултатите са представени на фиг.20.

Таблица 7. Сумарна евапотранспирация на соята (сортове Бисер и Сребрина) в зависимост от поливния режим

Норма (%)	ЕТ (mm)	към сухия		към оптималния		ЕТ (mm)	към сухия		към оптималния		
		±	%	±	(%)		±	%	±	%	
2003						2004					
сух	292	St.	100	-142	67	365	St.	100	-118	76	
30	337	45	115	-97	78	421	56	115	-62	87	
50	356	64	122	-78	82	446	81	122	-37	92	
70	378	86	129	-56	87	457	92	125	-26	95	
100	434	142	149	St.	100	483	118	132	St.	100	
2005						2006					
сух	399	St.	100	-38	91	319	St.	100	-115	73	
30	411	12	103	-26	94	320	1	100	-114	74	
50	427	28	107	-10	98	369	50	116	-65	85	
70	428	29	107	-9	98	409	90	128	-25	94	
100	437	38	110	St.	100	434	115	136	St.	100	
2007						2008					
сух	346	St.	100	-155	69	277	St.	100	-106	72	
30	353	7	102	-148	70	306	29	110	-77	80	
50	410	64	118	-92	82	334	57	121	-49	87	
70	465	119	134	-37	93	361	84	130	-22	94	
100	501	155	145	St.	100	383	106	138	St.	100	
2009						средно 2003-2009					
сух	327	St.	100	-154	68	332	St.	100	-118	74	
30	357	30	109	-124	74	358	26	108	-92	80	
50	382	55	117	-100	79	389	57	117	-61	86	
70	419	92	128	-62	87	417	85	126	-33	93	
100	481	154	147	St.	100	450	118	136	St.	100	



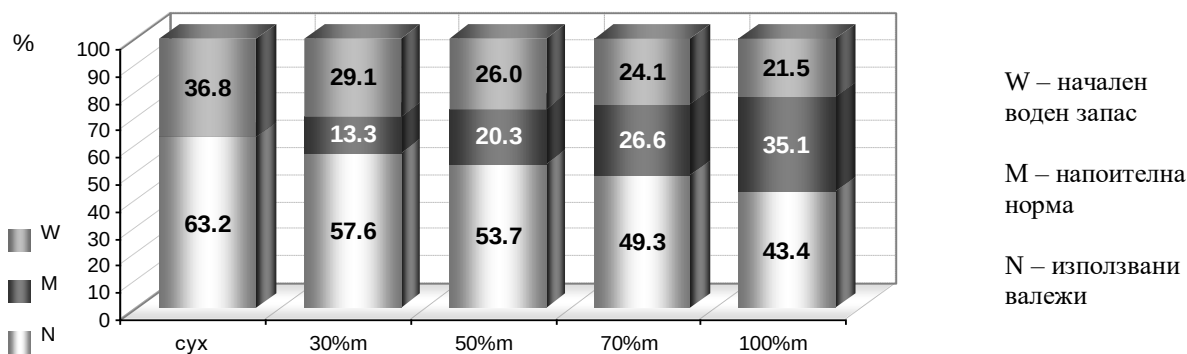
Фиг.20. Послойно разпределение на ET в зависимост от поливния режим – осреднени данни

Участие на валежите, напоителната норма и началния воден запас във формирането на сумарната ET

При неполивни условия, ET при всички селскостопански култури (включително соята) се формира благодарение на водата, натрупана в почвата през есенно-зимния и ранно-пролетен период, както и благодарение на използваемата част от вегетационните валежи. При поливни условия, към тези приходни елементи се добавя и напоителната норма.

Участие на вегетационните валежи във формирането на ET

За климатичните условия на нашата страна, вегетационните валежи осигуряват съществена част от водоразхода на селскостопанските култури, включително този – на соята. На фиг.21 са представени осреднени данни за относителното участие на валежите, напоителната норма и началния воден запас във формирането на ET. Резултатите потвърждават водещата роля на валежите, като е налице ясна тенденция към намаляване на техния относителен дял с нарастване размера на поливните норми. Въпреки това, средният относителен дял на валежите дори при оптимално напояване, надхвърля 40%.



Фиг.21. Формиране на ET при соята по варианти, средно за опитния период

Участие на напоителната норма във формирането на ET

Напоителната норма участва във формирането на ET в зависимост от своя размер и дълбочината, на която прониква поливната вода. Средно за 8 години нейният относителен дял нараства от 13.3% при най-малката норма, до значителните 35.1% при оптимално напояване.

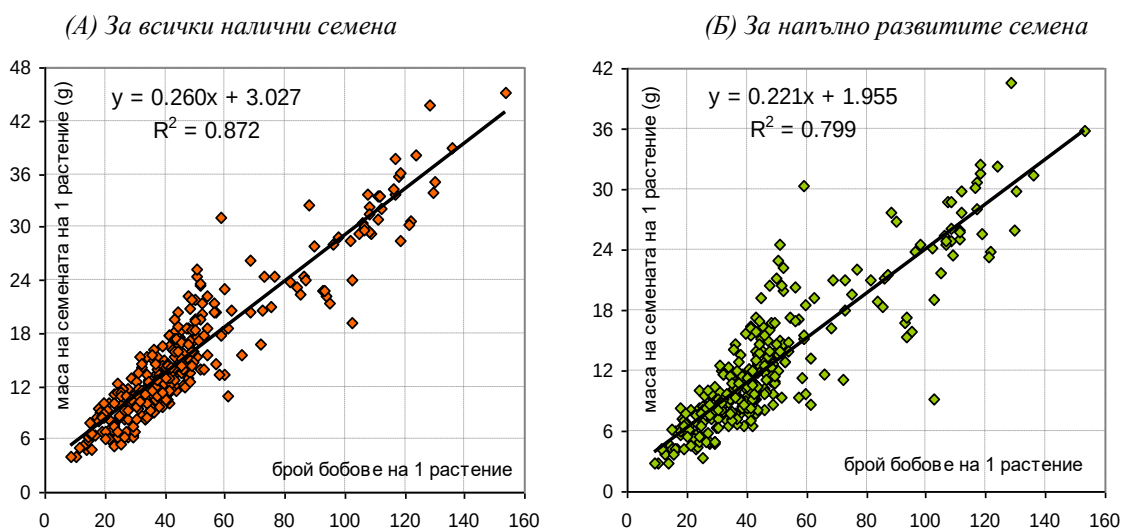
Участие на началния воден запас във формирането на ET

Началният воден запас има съществено значение при формирането на ЕТ на всяка една култура, в т.ч. и на соята. Средно за експерименталния период той осигурява около $\frac{1}{3}$ от ЕТ в еднометровия почвен слой при ненапоиваната соя. Напоиването не отменя значението на началния воден запас, но понижава неговия относителен дял, т.е. колкото по-голяма е поливната норма, толкова този дял намалява. Така, при норма 50-70(75%)%m той има участие в ЕТ съизмеримо с това при напоителната норма, а при оптимално напояване участва с най-нисък дял, в сравнение с останалите два компонента. Тази тенденция се наблюдава през всички експериментални години, като през средни и влажни години относителните му стойности са по-ниски при всички поливни режими, в сравнение с тези – през средно сухи и сухи години.

Добив от семена в зависимост от поливния режим.

В хода на направените сравнения и анализи се очертава хипотезата, че размерът на добива при соята зависи основно от броя на бобовете на едно растение и напълно развитите семена в тях, както и в известна степен от тяхната абсолютна маса. Коректността на тази хипотеза може да бъде проверена, като се потърси зависимост между добива и предполагаемите два основни фактора, от които той зависи. Проведените експерименти предлагат достатъчно голям брой данни (стойности), поради което получените зависимости са достатъчно коректни и представителни. На фиг.22 е представена зависимостта между броя на бобовете на едно растение и масата на семената в тях, като на първата графика (А) тя е по отношение масата на всички налични семена (потенциалния добив), а на втората (Б) – по отношение на напълно развитите семена (реалния добив). Високите стойности на R^2 (съответно 0.872 и 0.799) са доказателство за коректността на първото предположение. По отношение на напълно развитите семена коефициентът на детерминация е малко по-нисък, но това се дължи на различното влияние на приложените поливни режими върху степента на развитие на семената. Въпреки това двете графики потвърждават тясната зависимост между броя на бобовете на едно растение и добива от семена (потенциален и реален). Изведените две уравнения могат да послужат за прогнозиране на добива от семена към края на фаза бобообразуване.

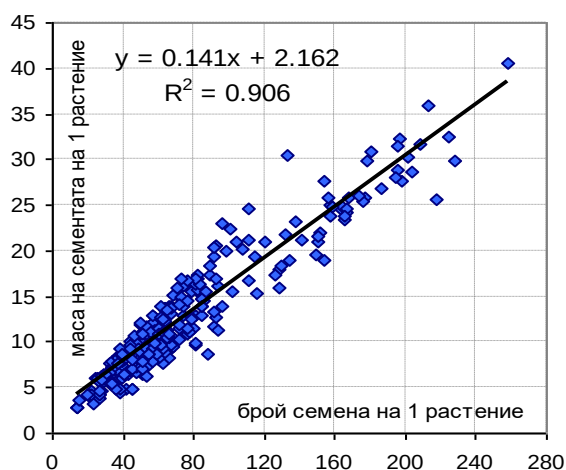
Установена е зависимост между броя на семената на 1 растение и тяхната маса (реалния добив). Според графиката на фиг.23, тя е линейна при $R^2 > 0.9$. Като се има предвид, че този резултат е постигнат въз основа на много голям брой експериментални точки, с увереност може да се твърди, че **добивът при соята зависи основно от броя на напълно развитите семена на едно растение и съответно – на единица площ.**



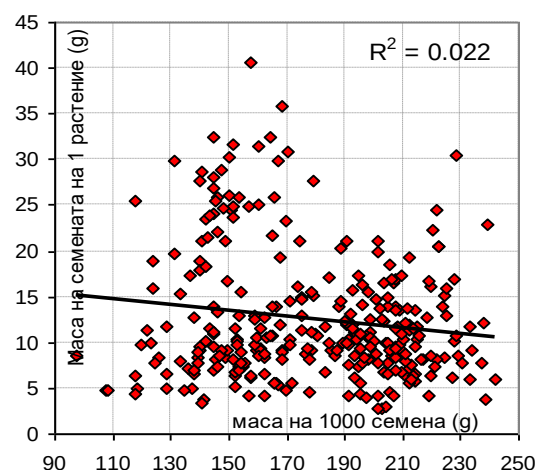
Фиг.22. Зависимост между броя на бобовете и масата на семената на едно растение

На следващата графика (фиг.24) е проверена достоверността на следващото (трето) предположение, относно влиянието на абсолютната маса на семената върху добива от соята. Резултатите показват по категоричен начин, че **този показател не е решаващ за размера на добива, независимо че поливният режим при определени обстоятелства може да влияе върху масата на 1000 семена.** Увеличаването на абсолютната маса на семената при соята не увеличава добива, дори е налице тенденция към неговото понижаване. Това се обяснява с факта,

че за установяване наличието на такава зависимост са използвани експериментални данни от всички варианти. При значителна част от случаите обаче (коментирано по-горе), растенията имат едри и тежки семена, но по-малък брой на едно растение, следователно по-нисък добив. В останалите случаи се наблюдава обратната тенденция. Това означава, че в първия случай абсолютната маса може да има известно положително влияние върху добива, а във втория – отрицателно. Когато всички тези точки се поставят едновременно в координатната система, тяхното разсейване е много голямо, като това се наблюдава визуално и се потвърждава същевременно от изключително ниската стойност на R^2 , според която търсената зависимост не съществува, а третото предположение се отхвърля.



Фиг.23. Зависимост между броя на семената и добива от едно растение



Фиг.24. Зависимост между абсолютната маса на семената и добива от 1 растение

Добивът на семена от едно растение се отчита субективно, но той е пряко отражение на условията, при които протича вегетацията на избраните за целта растения, включително влиянието на поливния режим. Логическата последователност при формирането на добива от едно растение е следната: **брой междувъзлия** → **брой фертилни цветове** → **брой бобове** → **брой семена**. Останалите структурни елементи на добива могат да влияят върху изброените четири показателя, като крайният резултат е броят на семената и респективно – реалния добив. Това заключение е направено в резултат на анализите за влиянието на поливния режим върху компонентите на добива. Този механизъм на формиране на добива при соята е проверен и анализиран въз основа на данните от всички варианти на опита. Резултатите показват следното:

- **Положително влияние на различните поливни режими – съпоставка с резултатите при неполивни условия.**

Оптимално напояване:

Прилагането на оптимален поливен режим чрез поддържането на почвената влажност в слоя 0-60cm над 80%ППВ влияе силно върху вегетативните компоненти на добива, тъй като първите две поливки най-често попадат в периода *цъфтеж-бобообразуване*, когато растенията развиват интензивно вегетативната си част. Съществено нараства броят на междувъзлията по централното стъбло и по разклоненията, като по този начин сеувеличава максимално продуктивният потенциал на растенията. Броят на разклоненията и височината на залагане на първия боб не се изменя еднопосочно под влияние на напояването, но самите разклонения се развиват по добре. Често по-голямата височина на залагане на първия боб ограничава броя на междувъзлията, върху които се залагат и развиват бобовете. Силно е положителното влияние върху общия брой на бобовете на едно растение. Доказано нараства и броят на бобовете на едно междувъзлие, допринасяйки за увеличаване на общия им брой на цялото растение. Средният брой на семената в един боб не се променя еднопосочно, следствие оптимизирането на почвената влажност, но в рамките на растението може да има коригиращи функции по отношение на общия брой на семената. Залагайки максимален брой бобове, при оптимално напояване, растенията залагат максимален брой семена в тях, но само между 50 и 60% от тях успяват да се развият напълно. В редки случаи, делът на напълно развитите семена може да достигне и до 70%. Обикновено съотношението между различните категории семена (напълно развити, недоразвити

и липсващи) при прилагане на оптимален поливен режим не е най-благоприятното, но въпреки това през средни и средно сухи години влиянието му върху общия брой на напълно развитите семена на едно растение е положително и силно изразено. Абсолютната маса на семената няма първостепенно значение по отношение на добива, но често тя има коригиращи функции, които обикновено са в положителна посока. Оптималният поливен режим не гарантира максимална абсолютна маса на семената. Това важи и за хектолитровата им маса. Той обаче гарантира максимален за конкретните условия добив, състоящ се от напълно развити семена.

Напояване през периода на бобообразуване:

Най-ефективна е поливката, подадена през периода на *бобообразуване* (R3-R4), тъй като тя изпълнява двойна функция – ускорява вегетативния растеж и създава условия за формирането на по-голям брой бобове. Влиянието ѝ по отношение на вегетативния растеж е обикновено средно и рядко слабо или силно, като се изразява посредством увеличени брой междувъзлия и по-голямата височина на растенията, увеличавайки продуктивния им потенциал. Това се отразява и върху броя на бобовете на едно растение, но влиянието е силно само през години, когато тази поливка предотвратява съществено почвено засушаване по време на бобообразуването. При благоприятно съчетание между нея и падналите валежи, влиянието ѝ върху броя на бобовете е слабо или незначително. Поливката през тази част на вегетацията може да повлияе положително върху броя на бобовете на междувъзлията, но няма ясно изразена тенденция, показваща причината, определяща това влияние. То обаче, може в известна степен да коригира общия брой на бобовете на едно растение – също в положителна посока. Когато тази поливка е подадена в условията на лек воден дефицит и при благоприятно съчетание с валежите, тя не променя съществено броя на семената на едно растение, но когато тя е приложена в условията на умерен дефицит на ЛДВ, положителното ѝ влияние върху броя на напълно развитите семена е много силно изразено, въпреки че тя най-често не допринася за подобряването на съотношението между отделните категории семена (намалява делът на напълно развитите семена). Това се наблюдава, когато след нея настъпи съществено и продължително засушаване, обхващащо периода на наливане на семената. Тази поливка не влияе еднопосочно и върху средния брой на семената в един боб, въпреки че благодарение на нея, той често нараства. Прилагането ѝ в повечето случаи не променя абсолютната маса на семената. Независимо от това, тя може да увеличи съществено добива от едно растение, което се дължи най-вече на броя на напълно развитите семена. Ефектът от поливката, подадена през периода на *бобообразуване* нараства съществено, когато тя е в комбинация с още една вегетационна поливка. По-подходящо е съчетанието ѝ с една поливка през периода на *наливане на семената*, като така в голяма степен се подобряват параметрите на репродуктивните компоненти, а делът на напълно развитите семена достига максимални стойности, които варират в сравнително малък диапазон – между 60 и 70%, а добивът е близък до максималния за съответните условия. При съчетание с една поливка през *цъфтежа*, нараства съществено положителното влияние върху вегетативните компоненти. Подобряване върху репродуктивните компоненти е възможно, но то е по-слабо изразено.

Напояване през периода на наливане на семената:

Самостоятелно проведена, тази поливка обикновено трябва да компенсира умерен до силен воден дефицит, тъй като недостатъчните валежи и максимумът на средноденонощната ЕТ водят до засушаване на активния почвен слой. Чрез реализиране на оптимална поливна норма (изчислена за припредполивна влажност 80%ППВ), тази поливка не може реално да навлажни целия коренообитаем почвен слой, поради което обхваща част от кореновата система и обикновено има краткосрочен положителен ефект. Тя практически не влияе върху вегетативните параметри, но в зависимост от условията на годината може да влияе върху репродуктивните. Ако е реализирана в началото на фаза R5, тя може да повлияе положително върху броя на напълно развитите семена, като това влияние по-често е слабо. Подадена към средата на фазата, както и към нейния край, тя благоприятства повишаването на абсолютната маса на семената (също слабо), но ако бъде подадена след продължително и силно изразено почвено засушаване, ефектът е по-скоро обратен, поради преориентиране на хранителните вещества към вегетативните части на растението, за сметка на бобовете и семената в тях. Положителното влияние на тази поливка е несигурно и зависи много от условията до началото на наливане на семената, както и от това, през коя част от тази фенофаза е подадена тя. През средни години с по-съществено засушаване до

края на *бобообразуването*, влиянието на поливката върху добива от едно растение е слабо, а при по-благоприятни условия – нулево. През средно сухи години със съществено засушаване до края на *бобообразуването* допълнителният добив е съществен, но ако поливката е подадена в края на R5 или по-късно – през R6, добивът също така не нараства. В комбинация с още една поливка, поливката през периода на *наливане на семената* увеличава ефективността си, като се препоръчва при нужда да се комбинира с една поливка през периода на *бобообразуване*, тъй като при комбинация с една поливка през *цъфтежа*, ефектът върху добива от едно растение е по-слабо изразен при съизмерими разходи за напояване.

Напояване през периода на цъфтеж:

Тази поливка е най-слабо ефективна по отношение развитието и добива при соята. Причината за това е, че след като тя бъде усвоена, растенията разчитат единствено на валежите, а те са несигурни и през периода на *бобообразуване* и *наливане на семената* настъпва дефицит на ЛДВ, който нараства значително с напредването на вегетацията. Тази поливка влияе върху вегетативните компоненти, увеличавайки броя на междувъзлията на растенията, а заедно с това – продуктивния потенциал. В повечето случаи обаче, той в последствие не може да се реализира пълноценно, поради споменатите вече причини. Почти не се изменят репродуктивните компоненти. Добивът от едно растение, благодарение на тази поливка нараства слабо или въобще не нараства, като за това допълнителен принос има ниският дял на напълно развитите семена, спрямо заложените на едно растение (между 46 и 58%). Както вече бе отбелязано, тя може да бъде комбинирана с още една поливка, която да попада в периода R3-R5, като по този начин ефектът от нея е по-голям.

Напояване с намалени поливни норми:

При редуциране на поливните норми се запазва броят на поливките, като по този начин се дава възможност за по-пълноценно използване на вегетационните валежи, в комбинация със значително или частично възстановяване на оптималната почвена влажност през всяка от критичните фазови периоди. При тези условия, увеличаването на размера на поливните норми води паралелно до подобряване параметрите на вегетативните и репродуктивни компоненти на добива. Напояването с много малки поливни норми (30%m) на практика не увеличава добива, с изключение на години с по-съществени и сравнително равномерно разпределени валежи. Прилагането на ½ норма е по-ефективно, като се наблюдава видимо положително влияние върху почти всички компоненти на добива. При този поливен режим делът на напълно развитите семена е винаги по-висок, от този – при останалите варианти, напоявани с намалени поливни норми, включително оптималният и неполивният. Напояването с ½ норма има слабо до средно и по-рядко силно положително влияние върху добива от едно растение, като през по-благоприятни в метеорологично отношение години, подаването на поливната вода във всяко междуредие е препоръчително. Тя, заедно с валежите обхваща и сравнително добре навлажнява слоя 0-40cm, докато през сухи години, това е невъзможно или се наблюдава само след първата поливка. През сухи години или години с по-продължителни летни засушавания, реализирането на норма ½ е по-добре да става чрез подаване на водата през междуредие. По този начин се обхваща в по-голяма степен кореновата система на соята, като се има предвид, че тя има способността да се преориентира в посока на навлажняваната част от активния почвен слой (към навлажняваното междуредие). Напояването с норма 70%m осигурява условия, близки до оптималните, тъй като винаги се навлажнява критичния 0-40cm почвен слой. Това се отразява положително както върху вегетативните, така и върху репродуктивните компоненти на добива. Средно до силно е положителното влияние върху броя на междувъзлията на едно растение (включително на централното стъбло), което се отразява по еквивалентен начин на височината на растенията. През средни, но с по-благоприятно разпределение на валежите години, влиянието на този поливен режим върху броя на бобовете на едно растение е средно, а през години с по-съществени и продължителни засушавания, то е силно. Този ефект се пренася паралелно върху броя на семената на едно растение и съответно добива от едно растение. Тъй като при този поливен режим се залага голям брой семена на едно растение, делът на напълно развитите е малко по-малък (47-60%), а абсолютната им маса рядко надвишава тази – при неполивни условия. Тъй като добивът от едно растение се определя основно от броя на напълно развитите семена, по-ниският им дял в общия брой, както и по-малката им абсолютна маса не оказват съществено влияние.

• **Отрицателно влияние на нарушения поливен режим – съпоставка с резултатите при оптимално напояване.**

Отмяна на поливка през периода на цъфтеж:

Тя засяга силно броят на междувъзлията на централното стъбло, като по този начин растенията остават по-ниски. При по-неблагоприятно развитие на разклоненията, средно до силно намалява общия брой на междувъзлията на цялото растение, в резултат на което продуктивният потенциал също намалява. При положение, че тази поливка се отмени точно навреме (при 80%ППВ), не се създават условия за допускане на съществен дефицит на ЛДВ, тъй като за климатичните условия на нашата страна, тази отменена поливка е обикновено първа поред. Реализирането на следващата поливка става при почвена влажност (средно за разчетния слой) не по-ниска от 70%ППВ, след което до края на поливния период, влажността на почвата се движи в благоприятни за соята граници. При тези условия формирането на бобовите и на семената в тях протича оптимално, а като доказателство за това е факта, че между 66 и 68% от заложените семена се развиват напълно. Добивът от едно растение е съизмерим с този – при оптимално напояване, с изключение на случаите, когато отмяната на тази поливка редуцира по-съществено броят на междувъзлията и възпрепятства оптималното протичане на *цъфтежа*. Така броят на бобовите намалява по-съществено и се отразява директно върху добива от едно растение посредством броя на заложените семена на едно растение. При тези обстоятелства високият процент напълно развити семена не може да компенсира тези загуби и добивът намалява. Резултатите показват, че от биологична гледна точка, отмяната на една поливка през *цъфтежа* и подаване на всички останали необходими поливки, не компрометира добива от едно растение или ако има загуба на добив, тя е малка.

Отмяна на поливка през периода на бобообразуване:

Отмяната на поливка през периода на *бобообразуване* предполага оптимална влагообезпеченост на растенията до фаза R3 или R4, както и през периода на наливане на семената R5-R6. Ако поливките, предшестващи тази отмяна са проведени навреме и с оптимална поливна норма, началото на периода на засушаване ще стартира с минимален дефицит, който поради рязкото нарастване на средноденонощната ЕТ много бързо преминава в умерен. Възможно е в отделни слоеве на почвата влажността да достигне за кратко време много ниски стойности. Средно до силно се засягат основните вегетативни компоненти, като най-съществено намалява броят на междувъзлията на растенията. През години с екстремно засушаване през тази част от вегетацията, отрицателно се повлияват и останалите вегетативни компоненти на добива, като по-съществено значение в случая има ограниченото развитие на разклоненията. Всичко това понижава значително продуктивния потенциал на растенията, попаднали при тези условия. Тъй като засушаването през тази фенофаза засяга процесът на *бобообразуване*, реализирането на този вече ограничен продуктивен потенциал е допълнително компрометирано. Броят на бобовите намалява силно, носейки директни последиствия за добива. Ако през този период паднат по-съществени валежи, които в известна степен да компенсират създалия се дефицит, отрицателното влияние върху броя на бобовите намалява до средно и дори до слабо. При по-значителни количества на валежите, които да навлажнят почвата поне до 40cm дълбочина, броят на бобовите остава незасегнат. Тъй като съществува тясна зависимост между броя на бобовите и броя на семената (общо заложените) на едно растение, то влиянието на засушаването през този период се отразява почти еднозначно върху двата показателя. Доколко ще бъде засегнат добивът от едно растение, голямо значение има процентът на напълно развитите семена, спрямо общия брой на заложените. При отмяна на поливка през тази част от вегетацията на соята, тези стойности варират в много широки граници, което потвърждава критичността на фенофазата към водата. Резултатите са категорични, че допускането на засушаване през периода на *бобообразуване* има по-силно изразен отрицателен ефект, в сравнение с последиствията за соята, причинени при отмяната на поливка през *цъфтежа*.

Отмяна на поливка през периода на наливане на семената:

Въпреки че резултатите показват известно отрицателно въздействие върху вегетативните компоненти, засушаването предизвикано през периода на *наливане на семената* има по-скоро отрицателен ефект върху някои от репродуктивните показатели. Най-силно е засегнат броят на напълно развитите семена на едно растение, който формира реалния добив. Абсолютната маса на

семената намалява по-съществено при отмяна на поливката в началото на фаза R5. Ако отмяната се реализира по-късно в рамките на тази фаза, влиянието отслабва, а в R6 не съществува. Въпреки че при този поливен режим е компрометиран основно броят на семената на едно растение, това може да се окаже достатъчно, за да се отчете слабо до средно влияние, а през години с по-високо напрежение на метеорологичните фактори то може да прерасне в силно. Като отрицателно въздействие върху развитието и добива при соята, засушаването през периода на *наливане на семената* отстъпва на това през периода на *бобообразуване*, но е по-силно от това – през *цъфтежа*.

Отрицателно влияние на намалените поливни норми:

Запазването на броя на поливките намалява отрицателното влияние на допуснатия воден дефицит, като това в известна степен важи и за най-малките поливни норми (30%*m*). Колкото по-голяма е нормата, толкова по-слабо засегнати са определени компоненти на добива, но като цяло, по-силно са повлияни репродуктивните компоненти, тъй като те се формират на по-късен етап, когато дефицитът на ЛДВ е по-голям, за разлика от вегетативните компоненти, които приключват развитието си преди това и страдат по-слабо. Щетите, които нанася върху растенията напояването с много малки поливни норми са съизмерими с тези, които се отчитат при неполивни условия. Изключение правят години, когато валежите са сравнително благоприятни като количество и разпределение, а малките поливни норми само ги допълват. Това се случва рядко, а поради незадоволителните резултати, този поливен режим не е оправдан от биологична гледна точка и не трябва да се прилага в производствени условия, дори при остър недостиг на поливна вода.

Редуцирането на поливната норма с $\frac{1}{2}$ води до силно изразено отрицателно въздействие върху броя на бобовете на едно растение, като през години с по-благоприятно разпределение на валежите този отрицателен ефект е среден. При по-съществени валежи през периода на *бобообразуване*, дори те да не са напълно достатъчни, броят на бобовете е практически равен на този – при оптимално напояване, като се осигурява близък до максималния брой напълно развити семена. Както бе отбелязано по-горе при този поливен режим те достигат най-голям от общия брой на заложените. Това през по-благоприятни години може да приближи добива максимално до този – при оптимално напояване, а през по-сухи години, да компенсира загубата на бобове. Това обаче не е достатъчно по отношение загубата на добив от едно растение. През такива години добивът намалява съществено, а негативното влияние се класифицира като силно.

Редуцирането на поливните норми с 30% не може да се счита за несъществено и както показват резултатите от опита, то се отразява на голяма част от компонентите на добива, но значително по-слабо, в сравнение с предходните два поливни режима. Наблюдава се намаление на броя на междувъзлията (слабо до средно), а по отношение броя на бобовете, това влияние е средно до силно, с изключение на години, когато валежите през периода R3-R4 са по-съществени. По същия начин този поливен режим се отразява и върху броя на развитите семена на едно растение, тъй като съотношението между различните категории семена е сходно с това при оптималното напояване. Абсолютната маса на семената не намалява вследствие на създадения дефицит, поради което добивът от едно растение се влияе по абсолютно същия начин, както броят на напълно развитите семена. На практика, през половината от експерименталните години, отрицателното влияние на 30%-ната редукция на поливните норми е силно изразено. Това трябва да се има предвид както в условията на реалното земеделие, така и при залагане на подобни полски експерименти с научна цел.

Стопански добив

Добивът от единица площ е пряко свързан с добива от едно растение, поради което направените в предходния раздел анализи са валидни и по отношение на този показател. Въпреки малките разлики между данните за добива от едно растение и добива от реколтните парцели, корелацията между двете групи данни (абсолютно всички налични опитни стойности) е $R > 0.8$. Данните за стопанския добив по варианти, години и средно за опитния период са представени на таблица 8.

Таблица 8. Стопански добив по варианти и години

№	поливна схема	%	Y	към сухия		към оптимума		Y	към сухия		към оптимума		
		m	(kg/da)	±kg/da	%	±kg/da	%	(kg/da)	±kg/da	%	±kg/da	%	
		2003						2004					
1	0000	—	131	St.	100.0	-210 ^c	38.4	184	St.	100.0	-157 ^c	54.0	
2	++++	100	341	+210 ^c	260.3	St.	100.0	341	+157 ^c	185.3	St.	100.0	
3	0+++		312	+181 ^c	238.2	- 29 ^{n.s.}	91.5	274	+ 90 ^c	148.9	- 67 ^c	80.4	
4	+0++		256	+125 ^c	195.4	- 85 ^c	75.1	231	+ 47 ^c	125.5	-110 ^c	67.7	
5	++0+		295	+164 ^c	225.2	- 46 ^b	86.5	—	—	—	—	—	
6	+++0		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7	+000		185	+ 54 ^c	141.2	-156 ^c	54.3	231	+ 47 ^c	125.5	-110 ^c	67.7	
8	0+00		228	+ 97 ^c	174.0	-113 ^c	66.9	274	+ 90 ^c	148.9	- 67 ^c	80.4	
9	00+0		170	+ 39 ^a	129.8	-171 ^c	49.9	—	—	—	—	—	
10	000+		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	++++	70	308	+177 ^c	235.1	- 33 ^a	90.3	308	+124 ^c	167.4	- 33 ^b	90.3	
12	++++	50	279	+148 ^c	213.0	- 62 ^c	81.8	265	+ 81 ^c	144.0	- 76 ^c	77.7	
13	++++	30	214	+ 83 ^c	163.4	-127 ^c	62.8	234	+ 50 ^c	127.2	-107 ^c	68.6	
14	++++	50*	264	+133 ^c	201.5	- 77 ^c	77.4	237	+ 53 ^c	128.8	-104 ^c	69.5	
		GD(kg/da): 5%=30, 1%=41, 0.1%=54						GD(kg/da): 5%=19, 1%=27, 0.1%=38					
		2005						2006					
1	0000	—	196	St.	100.0	- 27 ^{n.s.}	87.9	215	St.	100.0	-147 ^c	59.4	
2	++++	100	223	+27 ^{n.s.}	113.8	St.	100.0	362	+147 ^c	168.4	St.	100.0	
3	0+++		—	—	—	—	—	337	+122 ^c	156.7	- 25 ^{n.s.}	93.1	
4	+0++		—	—	—	—	—	273	+ 58 ^c	127.0	- 89 ^c	75.4	
5	++0+		—	—	—	—	—	270	+ 55 ^c	125.6	- 92 ^c	74.6	
6	+++0		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7	+000		—	—	—	—	—	231	+ 16 ^{n.s.}	107.4	-131 ^c	63.8	
8	0+00		—	—	—	—	—	236	+ 21 ^{n.s.}	109.8	-126 ^c	65.2	
9	00+0		—	—	—	—	—	248	+ 33 ^a	115.3	-114 ^c	68.5	
10	000+		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	++++	70	208	+12 ^{n.s.}	106.1	- 15 ^{n.s.}	93.3	322	+107 ^c	149.8	- 40 ^b	89.0	
12	++++	50	237	+41 ^{n.s.}	120.9	- 14 ^{n.s.}	106.3	313	+ 98 ^c	145.6	- 49 ^c	86.5	
13	++++	30	203	+ 7 ^{n.s.}	103.6	- 20 ^{n.s.}	91.0	245	+ 30 ^a	114.0	-117 ^c	67.7	
14	++++	50*	237	+41 ^{n.s.}	120.9	+14 ^{n.s.}	106.3	312	+ 97 ^c	145.1	- 50 ^c	86.2	
GD(kg/da): 5%=68, 1%=93, 0.1%=129								GD(kg/da): 5%=26, 1%=34, 0.1%=45					

Таблица 8. Продължение

№	поливна схема	%	Y	към сухия		към оптимума		Y	към сухия		към оптимума	
				±kg/da	%	±kg/da	%		±kg/da	%		
		2007							2008			
1	0000	—	109	St.	100.0	-209 ^c	34.3	202	St.	100.0	-152 ^c	57.1
2	++++	100	318	+209 ^c	291.7	St.	100.0	354	+152 ^c	175.2	St.	100.0
3	0+++		288	+179 ^c	264.2	- 30 ^{n.s.}	90.6	306	+104 ^c	151.5	-48 ^c	86.4
4	+0++		267	+158 ^c	245.0	- 51 ^b	84.0	298	+ 96 ^c	147.5	-56 ^c	84.2
5	++0+		244	+135 ^c	223.9	- 74 ^c	76.7	329	+127 ^c	162.9	-25 ^a	92.9
6	+++0		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	+000		136	+27 ^{n.s.}	124.8	-182 ^c	42.8	220	+18 ^{n.s.}	108.9	-134 ^c	62.1
8	0+00		195	+86 ^c	178.9	-123 ^c	61.3	278	+76 ^c	137.6	-76 ^c	78.5
9	00+0		137	+28 ^{n.s.}	125.7	-181 ^c	43.1	278	+76 ^c	137.6	-76 ^c	78.5
10	000+		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	++++	70	256	+147 ^c	234.9	- 62 ^c	80.5	324	+122 ^c	160.4	-30 ^b	91.5
12	++++	50	227	+118 ^c	208.3	- 91 ^c	71.4	304	+102 ^c	150.5	-50 ^c	85.9
13	++++	30	182	+ 73 ^c	167.0	-136 ^c	57.2	264	+ 62 ^c	130.7	-90 ^c	74.6
14	++++	50*	225	+116 ^c	206.4	- 93 ^c	70.8	314	+112 ^c	155.4	-40 ^c	88.7
		GD(kg/da): 5%=32, 1%=43, 0.1%=56						GD(kg/da): 5%=20, 1%=27, 0.1%=35				
		2009						Средно за опитния период				
1	0000	—	104	St.	100.0	-125 ^c	45.4	163	St.	100.0	-147	52.6
2	++++	100	229	+125 ^c	220.2	St.	100.0	310	+147	190.2	St.	100.0
3	0+++		208	+104 ^c	200.0	- 21 ^b	90.8	—	—	—	—	—
4	+0++		194	+ 90 ^c	186.5	- 35 ^c	84.7	—	—	—	—	—
5	++0+		173	+ 69 ^c	166.3	- 56 ^c	75.5	—	—	—	—	—
6	+++0		191	+ 87 ^c	183.7	- 38 ^c	83.4	—	—	—	—	—
7	+000		153	+ 49 ^c	147.1	- 76 ^c	66.8	—	—	—	—	—
8	0+00		163	+ 59 ^c	156.7	- 66 ^c	71.2	—	—	—	—	—
9	00+0		163	+ 59 ^c	156.7	- 66 ^c	71.2	—	—	—	—	—
10	000+		108	+ 4 ^{n.s.}	103.8	-121 ^c	47.2	—	—	—	—	—
11	++++	70	218	+114 ^c	209.6	- 11 ^{n.s.}	95.2	278	+115	170.6	- 32	89.7
12	++++	50	205	+101 ^c	197.1	- 24 ^c	89.5	261	+ 98	160.1	- 49	84.2
13	++++	30	189	+ 85 ^c	181.7	- 40 ^c	82.5	219	+ 56	134.4	- 91	70.6
14	++++	50*	208	+104 ^c	200.0	- 21 ^b	90.8	257	+ 94	157.7	- 53	82.9
GD(kg/da): 5%=13, 1%=18, 0.1%=24												

Зависимост „Вода-добив”.

Зависимост между добива и напоителната норма

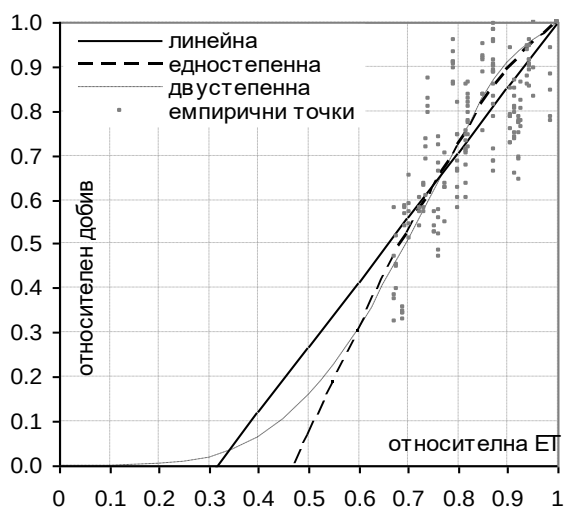
Тази зависимост се представя най-коректно чрез степенната формула на Д.Давидов. Препоръчва се вариантът, при който по данни за напоителната норма се прогнозира допълнителния добив при **R=0.964**. За условията на този експеримент (всички опити с нарушен поливен режим) уравнението има следния вид: $Y=1 - (1 - m)^{1.40}$.

Зависимост между добива и евапотранспирацията

Добив – сумарна ET

Таблица 9. Параметри на връзката „Добив-сумарна ET” валидна за слоя 0-100см по години

линейна $Y=1-Kx(1-x)$	R	степенна $Y=1-a(1-x)^n$	R	двустепенна $Y=[1-(1-x)^n]^m$	R
2003 година – сорт Бисер					
$Y=1-1.50(1-x)$	0.995	$Y=1-3.18(1-x)^{1.52}$	0.851	$Y=[1-(1-x)^{1.97}]^{7.51}$	0.999
2004 година – сорт Бисер					
$Y=1-2.15(1-x)$	0.898	$Y=1-3.08(1-x)^{1.20}$	0.874	$Y=[1-(1-x)^{1.45}]^{6.23}$	0.878
2006 година – сорт Бисер					
$Y=1-1.23(1-x)$	0.939	$Y=1-2.99(1-x)^{1.61}$	0.970	$Y=[1-(1-x)^{2.01}]^{6.24}$	0.958
2007 година – сорт Бисер					
$Y=1-1.75(1-x)$	0.939	$Y=1-2.09(1-x)^{1.12}$	0.954	$Y=[1-(1-x)^{1.47}]^{4.32}$	0.929
2008 година – сорт Сребрина					
$Y=1-1.35(1-x)$	0.963	$Y=1-2.90(1-x)^{1.50}$	0.990	$Y=[1-(1-x)^{1.46}]^{3.15}$	0.985
2009 година – сорт Сребрина					
$Y=1-1.19(1-x)$	0.699	$Y=1-38.4(1-x)^{3.76}$	0.987	$Y=[1-(1-x)^{4.76}]^{1.67}$	0.986
2004 година – сорт Мира					
$Y=1-2.03(1-x)$	0.904	$Y=1-3.10(1-x)^{1.27}$	0.894	$Y=[1-(1-x)^{1.47}]^{5.57}$	0.892
2006 година – сорт Мира					
$Y=1-1.42(1-x)$	0.944	$Y=1-2.2(1-x)^{1.31}$	0.945	$Y=[1-(1-x)^{1.59}]^{3.91}$	0.914



Фиг.25. Връзка „Добив-сумарна ET”

Параметрите на зависимостта „Добив-сумарна ET” са представени в таблица 9 и на фиг.25. Трите варианта на зависимостта демонстрират много висока и приблизително еднаква точност. Това се дължи на факта, че в зоната на реалния добив, където е концентрирана основната част от емпиричните точки, графиките са разположени близо една до друга. Ако се разглежда целият диапазон на зависимостта, предимство трябва да се даде на двустепенната формула, тъй като тя отразява по-плавно изменението на добива, в зависимост от сумарната ET. Много близка до нея е едностепенната формула, а най-накрая – линейната формула на ФАО.

Зависимост между добива и ET по фенофази (подпериоди)

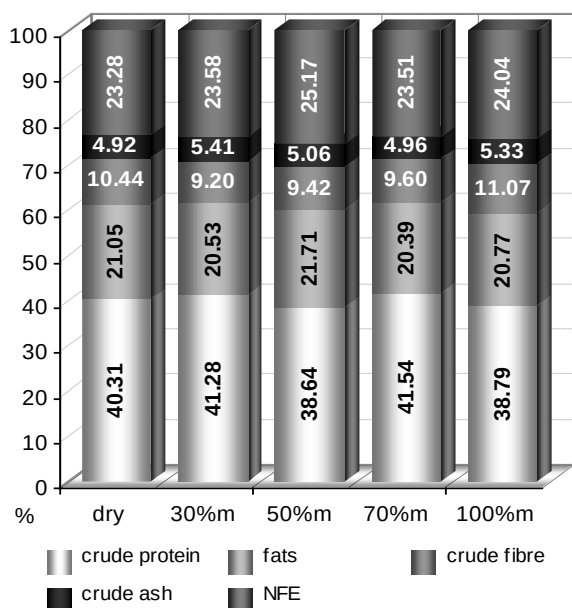
Този вариант на зависимостта е изследван за условията на проведените експерименти, като най-висока точност и прецизност демонстрира двустепенната формула, предложена от Д.Давидов. Тя отразява чувствителността на фенофазите в диапазона R1-R6. Останалите формули също показват висока математическа точност ($R>0.9$), при известно разминаване относно чувствителността на фенофазите. Независимо от използваната формула обаче, този тип зависимост не може да представи коректно и да степенува по сила реалната чувствителност на отделните фенофази. Това се дължи на факта, че по едно и също време протичат минимум две основни фенофази, всяка от които е специфична по отношение на изискванията към водата. Освен това, зависимостта се изследва на база данни, получени при **редовно** напояване с различни по размер поливни норми, т.е. няма реално допуснат дефицит на вода през конкретна фенофаза. За коректното отчитане на чувствителността на отделните фенофази оказва влияние натрупващият се във времето воден дефицит в активния почвен пласт. Това означава, че той

нараства през всяка следваща фенофаза, а същевременно разликите между вариантите с различни поливни норми също нарастват. Така се оказва, че всяка следваща фенофаза има по-голяма чувствителност, спрямо предходната, а това не винаги е така. Този недостатък не касае само соята като култура, а по-скоро начина по който се определят параметрите на тази връзка, независимо от културата.

ВЛИЯНИЕ НА ПОЛИВНИЯ РЕЖИМ ВЪРХУ КОМПОНЕНТИ ОТ ХИМИЧНИЯ СЪСТАВ НА СЕМЕНАТА ПРИ СОЯТА

При напояване с намалени поливни норми: Съдържанието на *суров протеин* в семената на соята се влияе по-силно от условията на годината, като през по-топли и сухи години то е между 41 и 42%. През хладни и влажни години стойностите спадат до 35-38%. Напояването с различни по размер поливни норми не влияе еднопосочно върху този показател. За условията на експеримента, съдържанието на *сурови мазнини* е в граници, характерни за соята (20-23%), като размерът на поливната норма не го променя съществено и еднопосочно, независимо от условията на годината. Като са използвани експерименталните данни, е установена обратнопропорционална квадратна зависимост между съдържанието на суров протеин и сурови мазнини при $R=0.66$. Напояването с различни поливни норми не влияе съществено върху съдържанието на БЕВ, сурови влакнини и сурова пепел. Налице е тенденция за намаляване на лизина при нарастване размера на поливните норми. Данните за съдържанието на изследваните химични компоненти в зависимост от поливната норма, са представени на фиг.26.

Най-висока IWUE се отчита при напояване с норма 50%, което се дължи на характера на връзката „*Напоителна норма-добив*“. WUE е най-висока при напояване с норми в диапазона 70-100%. Съществува тясна линейна зависимост между WUE при семената и тази при суровите мазнини и суровия протеин при $R \geq 0.98$. Тази зависимост по отношение на IWUE е също така много добре изразена при $R \geq 0.95$.



Фиг.26. Относително разпределение на химичните компоненти в семената на соята в зависимост от размера на поливните норми

Зависимостта между добива от СР и напоителната норма е степенна ($n=1.44$) при $R=0.96$. По отношение на суровите мазнини зависимостта е също така степенна при $n=1.26$ и $R=0.95$. Зависимостта между добива от СР е ЕТ е двустепенна функция ($n=1.87$, $m=6,05$ и $R=0.96$). По отношение на CF тя е също така двустепенна при следните параметри: $n=1.62$, $m=4,9$ и $R=0.95$. Тя се изобразява графически посредством S-образна крива. Резултатите от този експеримент дават основание да се счита, че увеличаването на добива от ценните компоненти (протеин и мазнини) при соята трябва да се постига посредством увеличаване добива от семена, чрез прилагането на подходящ поливен режим, а не чрез търсене на вариант за повишаване на тяхното съдържание в семената. Нарастването на размера на поливните норми гарантирано увеличава добива от тези два компонента.

При отмяна на поливки: Отмяната на поливките през периода на наливане на семената (R5 и R6) води до най-съществено понижение на съдържанието на суров протеин, като характерът на годината оказва допълнително влияние. Колкото по-суха е годината, толкова стойностите са по-ниски. Отмяната на поливка през периода на *бобообразуване* има незначително отрицателно влияние върху съдържанието на протеин в семената на соята или изобщо не влияе, което в известна степен компенсира по-съществените загуби на добив от семена. Водейки до понижаване добива от семена, отмяната на поливка през *репродуктивния период* води и до намаляване добива от суров протеин. Това влияние е по-ясно изразено през по-

сухи години. Загубите са в диапазона 15-20%, но при по-екстремно засушаване през периода на *наливане на семената*, те могат да превишат 30%.

По отношение на суровите мазнини най-благоприятно се отразява отмяната на поливка през периода на *наливане на семената* (R5-R6), която увеличава съдържанието им спрямо всички останали поливни режими от тази група, включително ненапооявания и оптимално напооявания вариант. Колкото по-суха е годината, толкова разликите са по-големи. Отмяната на поливки през *цъфтежа* (R2) не променя съдържанието на сурови мазнини, в сравнение с тези – при оптимално напоояване, а изменението му следствие на отмяна на поливка през *бобообразуването* (R3-R4) е слабо, колебливо и нееднопосочно. Добивът на сурови мазнини от единица площ се изменя паралелно с добива на семена. Така се потвърждава становището, че той трябва да се увеличава посредством добива от семена, а не чрез търсене на начини за увеличаване съдържанието им в семената.

Отмяната на поливка през периода на *наливане на семената* води до по-съществено понижаване съдържанието на лизин в тях. Това се дължи на промяна в метаболизма на растението. Този ефект се засилва и през години с много силно изразено засушаване през *репродуктивния период* и особено през фенофазата на *наливане на семената*.

Независимо от това в коя фенофаза е отменена поливката, провеждането на останалите две поливки увеличава съдържанието на въглехидратите в семената на соята, в сравнение с това – при неполивни условия. То е по-силно изразено през сухи години. Отмяната на поливка през периода на *наливане на семената* увеличава значително съдържанието на въглехидрати. Това се дължи на промяна в посоката на движение на асимилатите в растението, при която понижаването на почвената влажност до определени нива, дава възможност за достигане на максимум на неговото съдържание в добива.

Еднократни поливки: Най-високо е съдържанието на суров протеин при еднократно напоояване само през *цъфтежа*, поради последвалия значителен воден дефицит, включително през фенофазите R5-R6. Поливката подадена само през периода на *бобообразуването* смекчава условията на засушаване през R5-R6, в резултат на което съдържанието на протеин намалява. Поливката, проведена като единствена през R5-R6 има пряко влияние върху съдържанието на суров протеин, като го намалява до нива, съизмерими с тези – при оптимално напоояване. Това означава, че степента на водообезпеченост на соята през периода на *наливане на семената* има решаващо значение за съдържанието на суров протеин в тях.

Еднократните поливки влияят слабо върху съдържанието на сурови мазнини в семената на соята. Спрямо ненапооявания вариант, поливката през *цъфтежа* го увеличава с между 0.3 и 0.7%. Еднократната поливка по време на *бобообразуването* (R3-R4) е неефективна през много сухи години. Тя е слабо ефективна през средно сухи, като ефектът от нея нараства през по-благоприятни години, увеличавайки съдържанието на мазнини с около 1%. Поливката през периода на *наливане на семената* има положителен ефект върху съдържанието на мазнини, но само през по-сухите години. Тази фенофаза е определяща, като нивото на водообезпеченост на растенията влияе върху стойностите. Поради липсата на съществен и продължителен воден дефицит до началото на *наливане на семената*, извършването на поливка през фаза R5 или R6 не дава положителен ефект.

Поливката през *бобообразуването* осигурява 64-68% от максималния добив на мазнини. Близки са стойностите по години за останалите две фенофази, което говори за приблизително еднаква ефективност по отношение на този показател.

Еднократната поливка през R5-R6 не възстановява напълно оптималната почвена влажност, а само частично и така създава необходимите условия за синтез на максимално количество въглехидрати в семената на соята (до 24.7-25.8%). Еднократните поливки през ранните фенофази осигуряват високо съдържание на БЕВ, но в сравнение с посочените стойности, то е по-ниско (от 1 до над 4%), особено при поливката през периода R3-R4. Причината е, че освен усилен вегетативен растеж, благодарение на нея растенията трябва да осигурят формирането и развитието на максимален брой бобове.

НАПОЯВАНЕ НА СОЯТА ПРИ ВИСОКА ПРЕДПОЛИВНА ВЛАЖНОСТ

Поддържането на по-висока почвена влажност (над 90%ППВ) е свързана с даването на по-голям брой поливки (6-7), но с по-малки поливни норми. Размерът им представлява от 22 до 53 %

спрямо нормите при 80%ППВ. Поливният период при този поливен режим е по-дълъг, поради това, че започва с около една десетдневка по-рано, а междуполивният период е значително по-къс. Първите четири поливи са през II подпериод, а останалите 3-4 поливки – през III подпериод.

Евапотранспирация: Напояването при предполивна влажност на почвата 80%ППВ увеличава водоразхода средно с 50%. Напояването при 90%ППВ увеличава допълнително ЕТ с между 5 и 13%, като достига стойности от 434 – 451mm. Прилагането на такъв поливен режим практически не променя относителното разпределение на ЕТ по периоди. Максимумът на средноденоношните стойности нараства несъществено (6.3mm да денонощие) и е през втората декада на юли, като стойностите над 6mm се задържат за около 2 десетдневки (от 1 до към 20 юли). По отношение послойното формиране на ЕТ, разлики между двете предполивни влажности няма, като в 0-60cm се формира 91-92% от сумарната ЕТ установена за 0-100cm. За условията на този опит, напоителната норма осигурява над 50%, валежите обезпечават около 1/3 от сумарната ЕТ, а началният воден запас заема средно 13%. Разликите между двете предполивни влажности са минимални (около 2%) и нямат практическо значение.

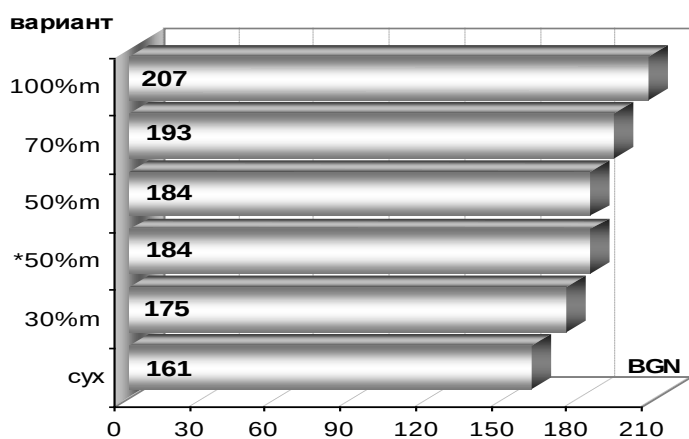
Продуктивност: Данните за добива и неговите структурни компоненти дават основание да се счита, че поддържането на висока предполивна влажност (над 90%ППВ) за соята е неоправдано от биологична гледна точка, тъй като увеличаването на продуктивния потенциал на растенията не се реализира в действителност, т.е. няма гаранция, че добивът ще е по-висок и по-качествен. Като се има предвид, че напояването в тези случаи е по-интензивно, желаният икономически ефект също не е гарантиран.

ИКОНОМИЧЕСКИ ПОКАЗАТЕЛИ

Икономическата ефективност от отглеждането на соята в условията на различна водообезпеченост и начин за напояване, е определена за всички експериментални години. Установени са параметрите на основните икономически показатели. Разходите са базирани на реално проведените агротехнически мероприятия, които са съобразени с технологичната карта за отглеждане на соята. Цените на всички проведени дейности и приложени агрохимикали са актуални за първото полугодие на 2022 година, като за целта са използвани официални източници. Включени са само мероприятията, извършвани на място (без транспортни разходи и т.н.), тъй като само те могат да бъдат относително постоянни. В този автореферат са представени резултатите само по отношение на два основни показателя – производствени разходи и чист доход

Производствени разходи

Производствени разходи в зависимост от размера на поливните норми. През годините с проведени три поливки производствените разходи са близки, като при оптимално напояване те са в диапазона 210-220BGN/da, а при две поливки, те са под 200BGN/da. Редуцирането на поливните норми води до постепенно намаляване на производствените разходи, но то не е пропорционално на степента на тяхната редукция. В сравнение с ненапояваната соя, производствените разходи при напояване с норма 30% нарастват средно с 9%, а при норма 50%, те са по-високи с 14%.

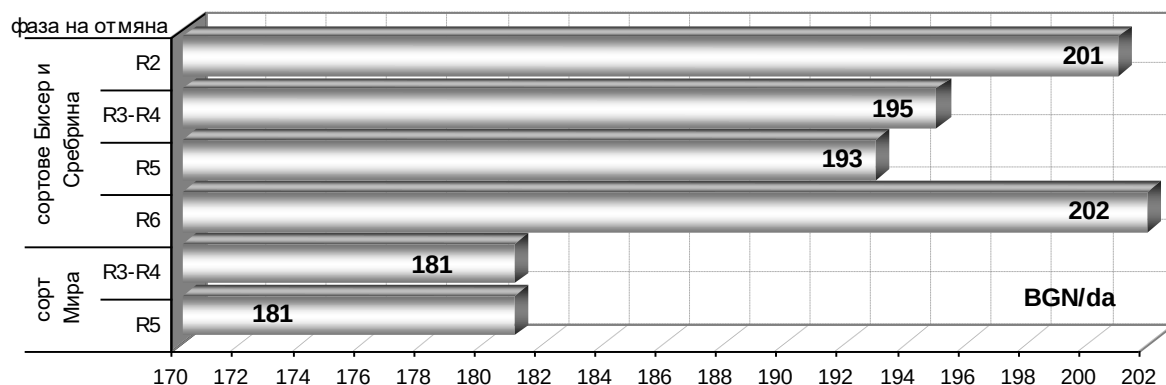


Фиг.27. Производствените разходи в зависимост от поливната норма

Напояването с по-големи поливни норми увеличава разходите средно с 20 и 29%, съответно за 70 и 100%m. Производствените разходи при неполивни представляват средно 78% от тези – при оптимално напояване, като нарастват до 84% при напояване с малки поливни норми (30%m). При напояване с норми в диапазона 50-70%m, разходите са между 89 и 93% от максималните. Данните за средните производствени разходи в зависимост от поливната норма, са представени на фиг.27.

Производствени разходи при отмяна на поливки по фенофази

При налагане на периодичен воден дефицит стойностите на този показател зависят в по-голяма степен от общия брой на поливките. Така например, при отмяна на една от общо две поливки, разходите възлизат на около 180BGN/da. При отмяна на една от общо три поливки те са в диапазона 190-200BGN/da, а при 4 поливки – надвишават 210BGN/da.

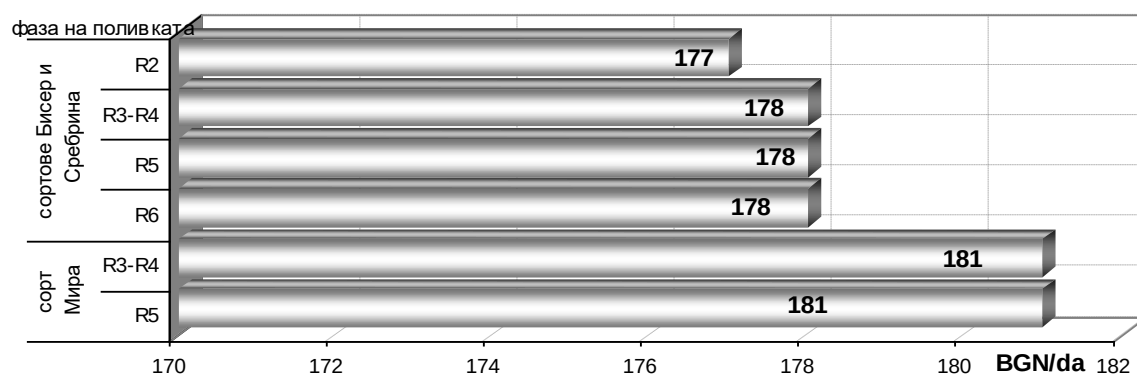


Фиг.28. Средни производствени разходи при отмяна на една поливка

Осреднените стойности са представени на фиг.28. Максималната средна разлика не достига 10BGN/da, което прави предвидими разходите, валидни за приложената в опита агротеника. Поради това, че при сорт *Мира* поливките са по две на вегетация и са през едни и същи фенофази, няма разлика в разходите.

Производствени разходи при еднократно напояване

Тук поливката е винаги само една. Поради това, разходите са малко по-ниски. Те не зависят от характера на годината и общия брой на поливките, необходими за оптимално напояване, а известна степен само от размера на подадената поливна норма. Диапазонът на вариране по варианти и години не надвишава 6BGN/da и е между 176 и 182BGN/da, т.е. при тази агротехника разходите по отглеждането на соята с включена една единствена поливка са също така предвидими. Средните производствени разходи при еднократно напояване са представени на фиг.29. Малко по-високите стойности при сорт *Мира* се дължат на по-големите поливни норми, съобразно методиката на този опит.



Фиг.29. Средни производствени разходи при еднократно напояване

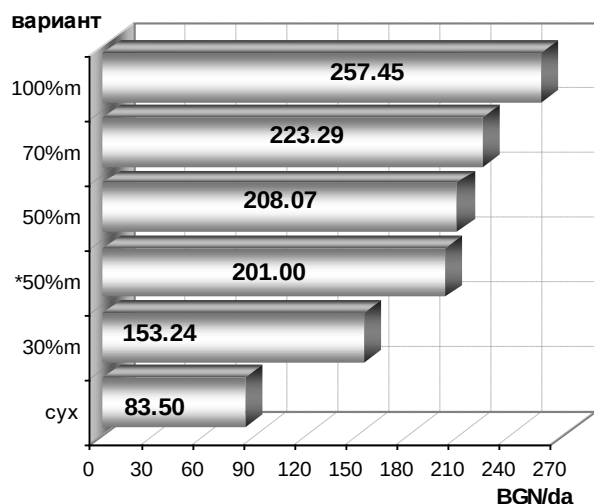
Производствени разходи в зависимост от предполивната влажност

В общи линии, разходите се изменят пропорционално на изменение нивото на предполивната влажност в диапазона 80-90%ППВ. Това означава, че за да има един и същ икономически ефект, добивът при по-богатия поливен режим трябва да нарасне с минимум 10% спрямо този – при 80%ППВ.

Чист доход

Чист доход в зависимост от размера на поливните норми

Във почти всички случаи биологически оптималния поливен режим, базиран върху предполивна влажност 80%ППВ за слоя 0-60cm е най-добър от икономическа гледна точка, тъй като при редуциране на поливните норми, чистият доход намалява.



Фиг.30. Осреднени производствени разходи в зависимост от поливната норма

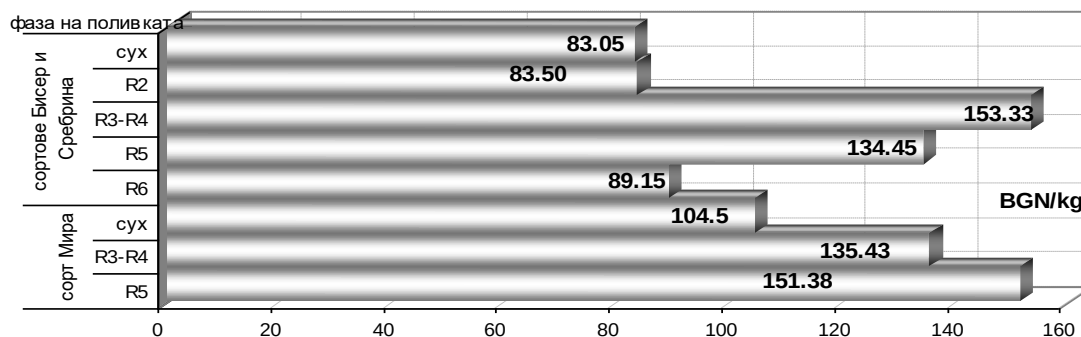
Това, че най-голямата редуцирана поливна норма (70%*m*) отстъпва по икономически показатели на биологически оптималната поливна норма, вероятно се дължи на това, разликата от 30% между двете поливни (напоителни) норми е твърде голяма. Въпреки това, разликата в чистия доход между двата поливни режима е най-малка. Тя е по-голяма между норма 70 и 50%*m* и още по-голяма – между нормите 50 и 30%*m*, като достига максимални стойности между норма 30% и неполивния вариант. Това означава, че изменението на чистия доход в зависимост от размера на поливните норми, следва тенденциите валидни за зависимостта „Добив-напоителна норма”.

На фиг.30 са представени нагледно осреднените данни за чистия доход по варианти, за двата опита. Вижда се ясно увеличаващата се разлика в стойностите при всяко следващо намаление на поливната норма. Така например между оптималния вариант и норма 70% тя е средно 34BGN/da, между нормите 50 и 30%*m* тя нараства на 55BGN/da, като достига до 70BGN/da между норма 30% и ненапоивания вариант.

Чист доход при отмяна на поливки по фенофази

Тъй като отмяната на една вегетационна поливка не води до съществени промени в производствените разходи, влиянието върху чистия доход може да има при разлики в добива. Според резултатите от направените изчисления, отмяната на една поливка през която и да е част от репродуктивния период на соята не може да осигури по-висок чист доход от този – при оптимално напояване. Най-добри са резултатите при отмяна на поливка през *цъфтежа*, но преди началото на *бобообразуването*, т.е. периода R1-R2. Чистият доход при този поливен режим представлява между 83 и 91% от максималния. Средно за 4 години той е 217BGN/da, представлявайки 87% от максималния. Отмяната на поливка през периода на *бобообразуване* и *наливане на семената* влошава икономическите параметри, намалявайки допълнително чистия доход. Като цяло, отмяната на поливка през периода на *наливане на семената* има по-силно изразено отрицателно влияние върху този показател, въпреки че през някои от годините, отмяната на поливка през периода R3-R4 генерира по-ниска доходност. Това означава, че целият този период е рисков и отмяната на поливка през всяка една част от него може да доведе до съществено влошаване на икономическите резултати, т.е. не се препоръчва допускане на воден дефицит през периода R3-R6.

Чист доход при еднократно напояване



Фиг.31. Среден чист доход при еднократно напояване

Чистият доход при неполивни условия се зависи от метеорологичните условия на годината, тъй като те влияят пряко върху добива. Той е в диапазона 130-160BGN/da. На фиг.31 са представени нагледно осреднените стойности на чистия доход при реализиране на еднократни поливки по фази. Наблюдава се ясно изразен и силен положителен ефект на поливките през периода на бобообразуване и наливане на семената, с предимство на тези – през R3-R4. Може да

се счита, че от икономическа гледна точка поливката през *цъфтежа* (R2) и тази, проведена към края на фаза R6, са неефективни.

Чист доход в зависимост от предполивната влажност

Средно за двете опитни години, чистият доход е с 4BGN/da по-висок при поддържане на 90%ППВ, но ако се погледнат данните по години, той превъзхожда оптималния поливен режим само през втората (2010) година, т.е. положителният финансов ефект при поддържане на висока почвена влажност не е гарантиран (таблица 10).

Таблица 10. Чист доход в зависимост от нивото на предполивната влажност на почвата

Вариант	Мярна единица	година		
		2009	2010	средно
Без напояване	BGN/da	-5.00	133.00	64.00
Капково напояване 80%ППВ		61.08	149.76	105.42
Капково напояване 90%ППВ		45.94	173.40	109.67

ПРОГНОЗИРАНЕ НАПОЯВАНЕТО НА СОЯТА

Прогнозиране поливките при соята на база индиректно изчисляване на ЕТ по био-климатичния метод

От всички проучени в настоящата работа биофизични коефициенти, най-добри резултати по отношение на точността показват методът на ФАО и методът на температурната сума. Поради това, тук са представени резултатите и е направен анализ само на тези два коефициента.

Обобщени резултати за коефициента K_c .

Обобщените данни за динамиката на коефициента по десетдневки са представени на фиг.32. Осреднени са всички резултати по години, опити, техники и сортове. Като се имат предвид относително постоянните и много коректни резултати, изнесени по-горе, може с основание да се счита, че представените тук стойности са достоверни и надеждни, по отношение тяхното приложение при реални условия.

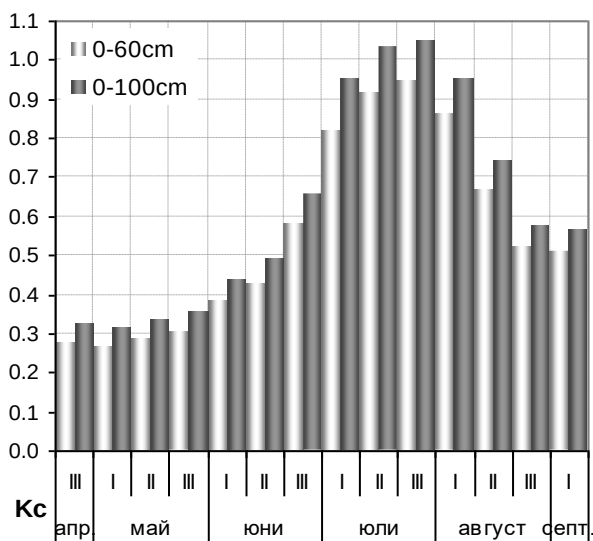
Средно по декади, K_c нараства плавно, като първоначално (до края на май) нарастването е много бавно. През първите две десетдневки на юни то става по-интензивно, след което коефициентът увеличава много бързо своите стойности, достигайки максимум през втората и третата десетдневки на юли. Практически, за период около 1 месец (от втората декада на юли до първата на август /включително/), K_c е около максимума, със стойности за слоя 0-60cm, близки до 0.9. През този период, средно за слоя 0-100cm те са близки до 1.0. Календарно, тази част от вегетацията обикновено съвпада с фазите R3-R4 и част от R5. След първата декада на август K_c започва бързо, но в същото време плавно да намалява, достигайки през последните две декади на вегетацията стойности около 0.5. Освен нагледно (на графика А), среднодесетдневните стойности на коефициента са представени в таблица, съпровождаща графиката. Те са окончателни и могат да бъдат използвани за прогнозни цели.

На графика Б са представени данните за C_v по десетдневки. Запазва се тенденцията за най-слабо вариране през периода между втората декада на юли и първата на август (включително), но в сравнение с предходните коефициенти, тук то е в пъти по-малко, дори и през десетдневките с по-съществено вариране. Осреднените стойности на C_v (за всички десетдневки) са под 25%. Варирането на K_c по декади, изразено чрез C_v са представени в придружаващата таблица към графика Б. През отбелязаните по-горе десетдневки с най-слабо вариране е първата на август ($C_v=11\div 15\%$).

На фиг.33 са представени обобщените резултати за K_c по фенофази. Той нараства постепенно със стъпка около 0.3 от периода на *вегетативно нарастване* към *цъфтежа*, достигайки максимум през фазата на *бобообразуване*, когато за слоя 0-60cm $K_c \approx 1.0$, а за слоя 0-100cm $K_c = 1.1$, т.е. може да се приеме, че през тази част от вегетацията реалната ЕТ и еталонната ЕТ практически съвпадат. Това допълнително би улеснило процедурите, свързани с прогнозиране на поливките по време на тази фенофаза. През периода на *наливане на семената* K_c намалява, но остава все още близък до единица, след което през периода на *узряване*, поради все още високата еталонна ЕТ и бързо намаляващата реална ЕТ, K_c понижава значително своите стойности. Потвърждава се минималното вариране през фенофазите *бобообразуване* и *наливане на семената*, въпреки че и през останалата

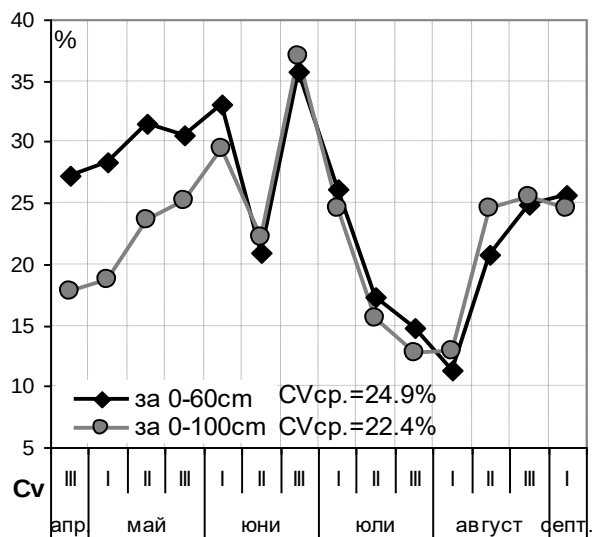
част от вегетацията на соята, то е значително по-слабо в сравнение с това – при останалите коефициенти. Като цяло, варирането в слоя 0-100cm е по-слабо, в сравнение с това – за 0-60cm, като разликата е по-ясно изразена при C_v по фенофази, в сравнение с C_v по десетдневки.

(А) K_c по декади (средно за всички години и опити)



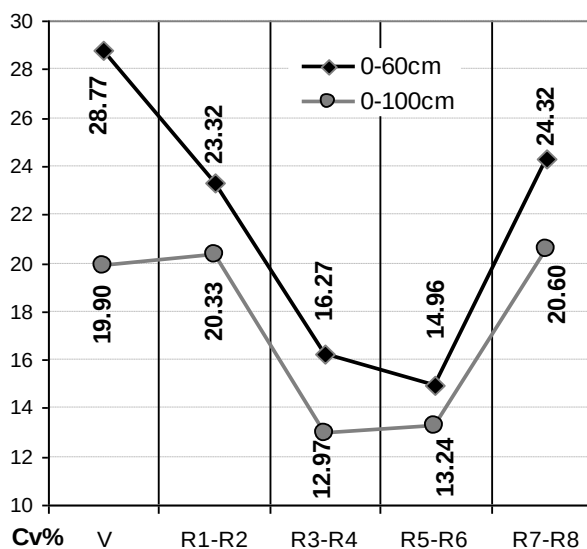
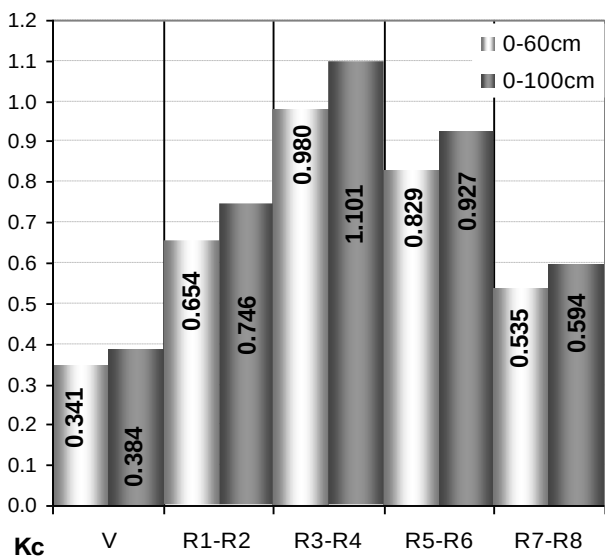
месец	декада	K_c	
		0-60cm	0-100cm
април	III	0.275	0.326
май	I	0.265	0.314
	II	0.287	0.335
	III	0.303	0.351
юни	I	0.381	0.435
	II	0.428	0.489
	III	0.581	0.660
юли	I	0.822	0.953
	II	0.920	1.037
	III	0.950	1.049
август	I	0.863	0.955
	II	0.670	0.740
	III	0.519	0.575
септ.	I	0.509	0.565

(Б) C_v по десетдневки (средно за всички години и опити)



месец	декада	$C_v\%$	
		0-60cm	0-100cm
април	III	27.3	17.7
май	I	28.3	18.8
	II	31.5	23.7
	III	30.5	25.2
юни	I	33.0	29.5
	II	20.9	22.2
	III	35.7	37.0
юли	I	26.2	24.5
	II	17.4	15.5
	III	14.8	12.7
август	I	11.3	12.9
	II	20.8	24.6
	III	24.9	25.4
септ.	I	25.7	24.5

Фиг.32. Обобщени десетдневни стойности на коефициента K_c

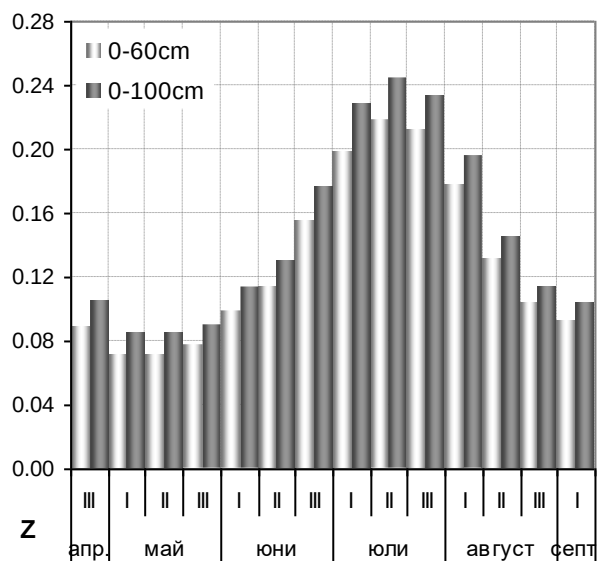


Фиг.33. Обобщени данни за коефициента K_c по фенофази

Обобщени резултати за коефициента Z .

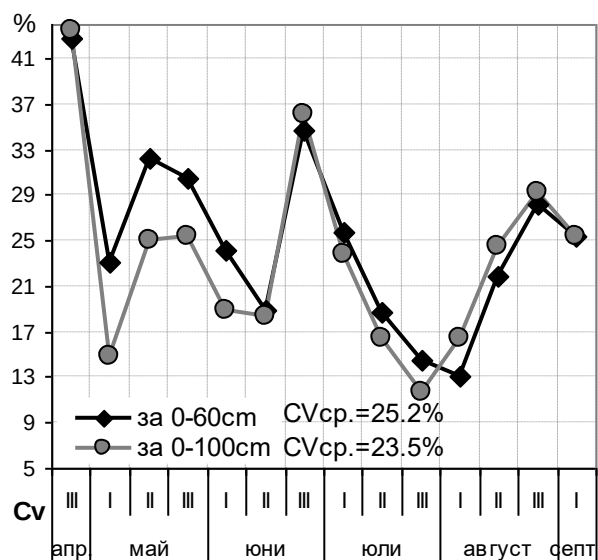
Средно по декади, Z нараства плавно, като първоначално (до края на май) той се изменя много бавно (фиг.34). След началото на юни стойностите му започват да се увеличават все по-интензивно, достигайки максимум през втората и третата десетдневки на юли. Практически, за период около 1 месец (юли), Z е около максимума, със стойности между 0.20 и 0.22, които са валидни за слоя 0-60cm. Максимумът за еднометровия слой е по същото време, но с по-високи стойности ($Z=0.23\div 0.24$). Календарно, тази част от вегетацията обикновено съвпада с фазите R3-R4 и част от R2 или R5. През първата декада на август Z е все още висок. След това той започва бързо, но в същото време плавно да намалява, достигайки през последните две декади на вегетацията стойности около 0.1. Освен нагледно (на графика А), точните среднодесетдневни стойности на коефициента са представени в таблица, съпровождаща графиката. Те са окончателни и могат да бъдат използвани за прогнозни цели.

(А) Z по декади (средно за всички години и опити)



месец	декада	Z	
		0-60cm	0-100cm
април	III	0.089	0.106
май	I	0.071	0.085
	II	0.072	0.084
	III	0.078	0.090
юни	I	0.099	0.114
	II	0.114	0.130
	III	0.155	0.177
юли	I	0.198	0.228
	II	0.218	0.245
	III	0.213	0.234
август	I	0.177	0.197
	II	0.131	0.145
	III	0.103	0.114
септ.	I	0.093	0.104

(Б) C_v по десетдневки (средно за всички години и опити)



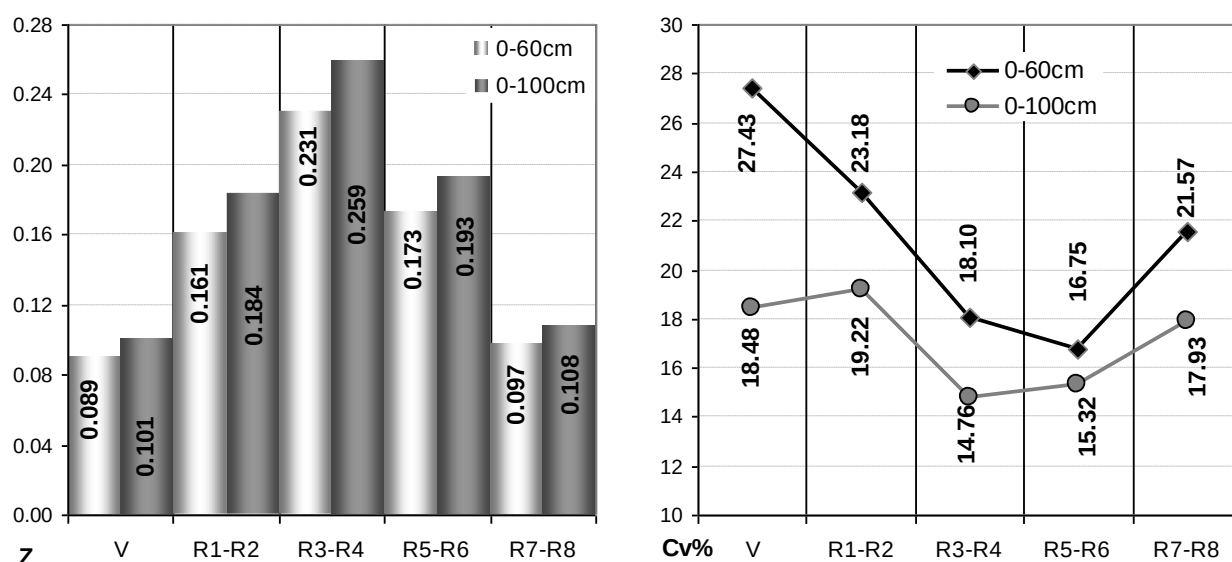
месец	декада	$C_v\%$	
		0-60cm	0-100cm
април	III	42.8	43.4
май	I	23.1	14.9
	II	32.2	24.9
	III	30.4	25.4
юни	I	24.1	18.8
	II	18.9	18.3
	III	34.8	36.1
юли	I	25.6	23.7
	II	18.6	16.4
	III	14.4	11.7
август	I	13.0	16.5
	II	21.9	24.5
	III	28.2	29.3
септ.	I	25.3	25.4

Фиг.34. Обобщени десетдневни стойности на коефициента Z

На графика Б са представени данните за C_v по десетдневки. Запазва се тенденцията за най-слабо вариране през периода между втората декада на юли и първата на август (включително), но в сравнение с останалите коефициенти, тук то е в пъти по-малко, дори и през десетдневките с по-съществено вариране. Тук може да се добави и повишената стабилност на стойностите през първите две декади на юни. Осреднените стойности на C_v (за всички десетдневки) са около и под 25%. Варирането на Z по декади, изразено чрез C_v са представени в придружаващата таблица към графика Б. През отбелязаните по-горе десетдневки с най-слабо вариране, C_v е под 20%, като

резултатите за слоя 0-100cm са по-добри. Ако се сравнят резултатите, получени по последните два метода става ясно, че еднофакторният метод на температурната сума по никакъв начин не отстъпва като точност на метода на ΦAO , който изисква много голяма по обем и обикновено скъпа информация, обработката на която изисква допълнителни средства, време и специализирани компютърни програми. Поради това, за практически цели може с увереност да се препоръча с предимство използването на Z пред Kc . Тази препоръка важи за средно-десетдневните стойности на коефициента.

На фиг.35 са представени обобщените резултати за Z по фенофази. Той нараства постепенно, като стъпката между *вегетативния период* и *цъфтежа* превишава, но несъществено тази – между *цъфтежа* и *бобообразуването*. Максимумът е през периода на *бобообразуване*, като стойностите са в характерните за културата граници. През периода на наливане на семената Z намалява, но остава малко по-висок, в сравнение с *цъфтежа*. След това, през периода на узряване, поради все още високата температура на въздуха и в същото време бързо намаляващата реална ЕТ, Z понижава значително своите стойности. Потвърждава се минималното вариране през фенофазите бобообразуване и наливане на семената, въпреки че и през останалата част от вегетацията на соята, то е значително по-слабо в сравнение с това – при останалите коефициенти. Като цяло, варирането в слоя 0-100cm е по-слабо, в сравнение с това – за 0-60cm, като разликата е по-ясно изразена при Cv по фенофази, в сравнение с Cv по десетдневки. И тук методът на температурната сума не отстъпва като точност на метода на ΦAO , поради което се препоръчва пред всички останали методи, включително с предимство пред метода на ΦAO .



Фиг.35. Обобщени данни за коефициента Z по фенофази

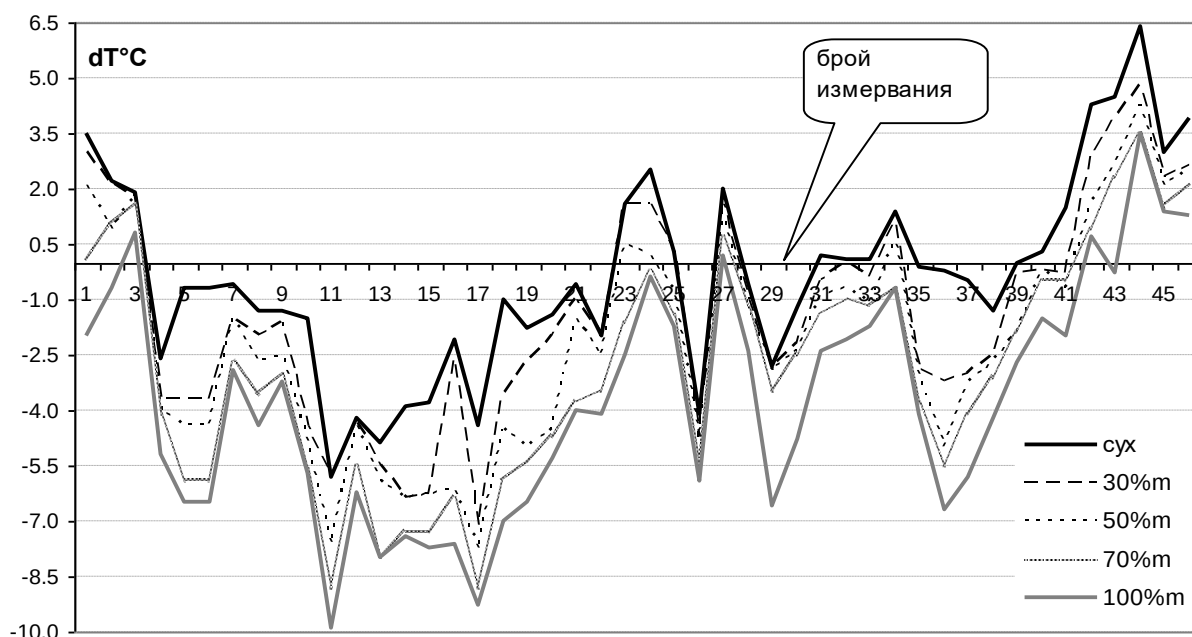
Температурата на листата като индикатор за степента на водообезпеченост на растенията и метод за прогнозиране поливките при соята

Измерването на температурата на повърхността на листата е дистанционен индиректен метод за установяване степента на водообезпеченост на растенията, включително и тези – на соята. През периода на включените в разработката експерименти са направени многобройни измервания съобразно приетата методика, като е използван инфрачервен термометър (ИЧТ). Причината за провеждането на това проучване е факта, че при понижаване на почвената влажност, водният поток през растенията намалява, в резултат на което интензивността на транспирацията също намалява. Така се компрометира охлаждането на листните петури, т.е. при равни други условия листата на растения, развиващи се при по-ниска почвена влажност имат по-висока температура от тези – с по-добра водообезпеченост. Повишената температура може да се окаже неблагоприятна за протичането на голяма част от биохимичните и физиологични процеси в растителния организъм.

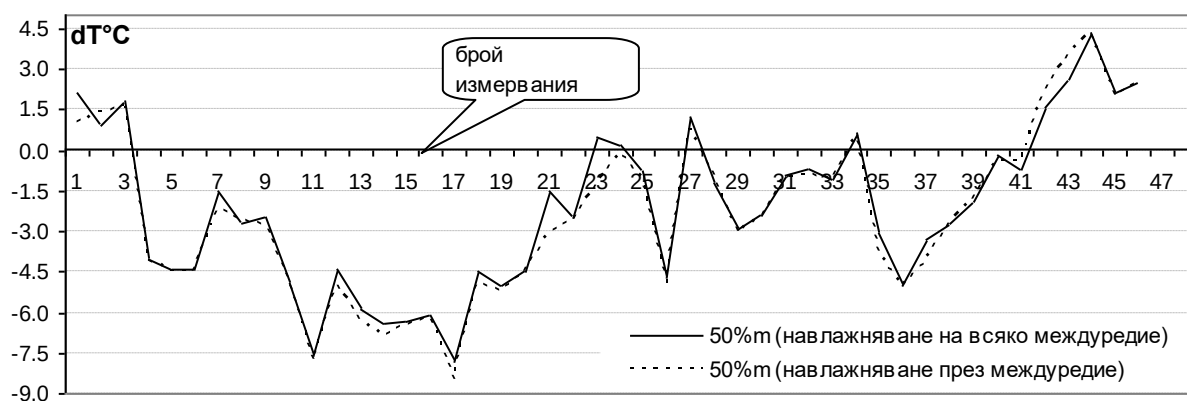
Графиката на фиг.36 доказва категорично, че колкото по-благоприятна е почвената влажност, толкова по-ниска е измерената листна температура. Разликата между ненапоиваната и

оптимално напояваната соя е ясно изразена, а стойностите при напояваните с намалени норми растения, заемат междинно положение.

Прецизирането на инфрачервения метод за прогнозиране на поливките при соята изисква много голям брой наблюдения и измервания, тъй като температурата на листата се влияе и от други фактори. Така например при засенчване от облак (колкото и малък да е той) температурата спада моментално. Вятърът влияе също, а когато растенията не покриват напълно почвената повърхност, нагрятата почва влияе положително върху температурата на листата. Вероятно възрастта на листата също влияе върху стойностите на dT° . При равни други условия различната температура на въздуха променя dT° , независимо от това, че почвената влажност може да е една и съща, т.е. налице е комплекс от странични влияния, действащи едновременно с фактора почвена влажност. Начинът на разпределяне на поливната вода в междуредията при напояване на соята с норма 50% не оказва съществено и еднопосочно влияние върху температурата на листата при соята (фиг.37).



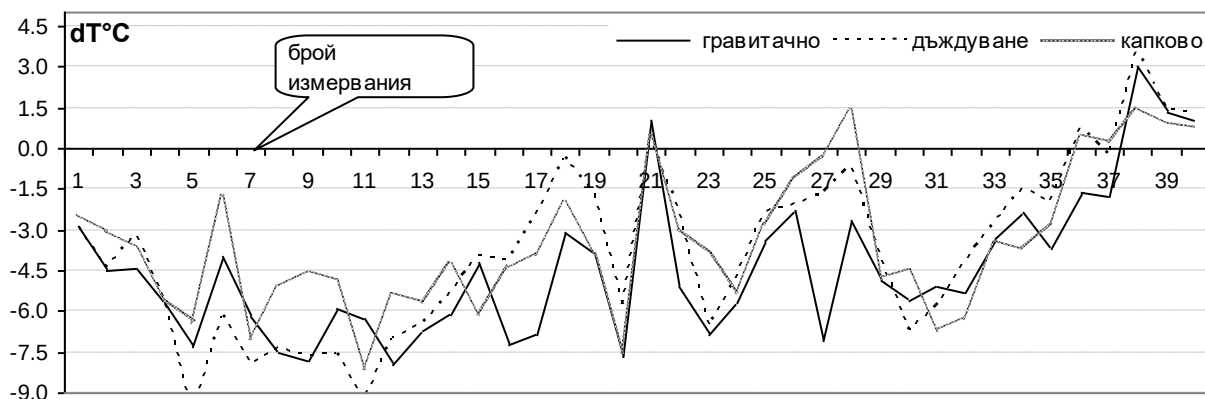
Фиг.36. Стойности на dT° в зависимост от поливния режим



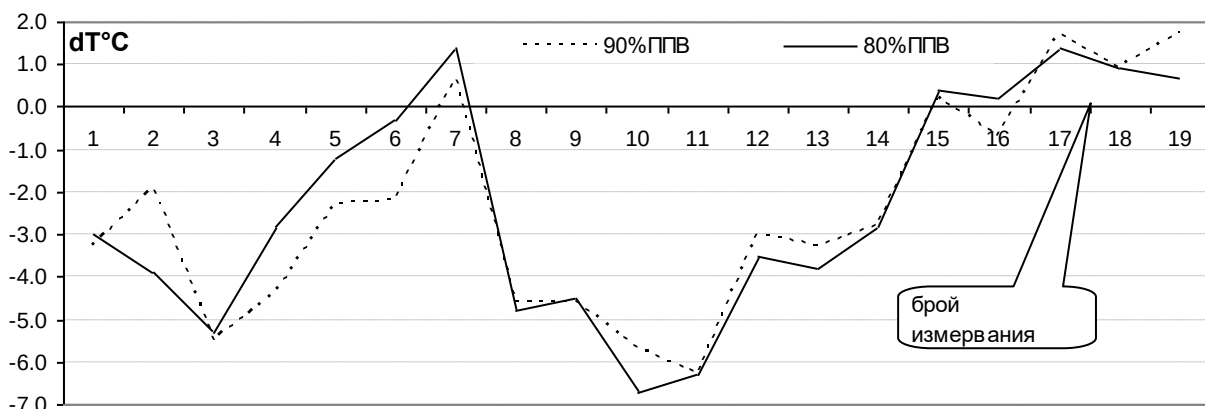
Фиг. 37. Стойности на dT° в зависимост от начина на разпределяне на поливната вода

Техниката за напояване оказва малко по-съществено влияние върху листната температура, като това влияние не е постоянно и обикновено е обвързано с времето, представляващо няколко дни непосредствено след проведена поливка. Дъждуването в повечето случаи успява да понижи допълнително температурата на листата, в сравнение с гравитачното и капковото напояване, като ги охлажда и освен това, променя краткосрочно микроклимата в рамките на посева. Ефектът от създадения воден слой в браздите и последвалото навлажняване на абсолютно цялата почвена повърхност оказват подобно влияние, но то е по-слабо изразено. Най-слабо-изразен „оазисен” ефект се наблюдава при капковото напояване, поради което температурата на листата при него е

малко по-висока, в сравнение с тази при останалите две техники (фиг.38). В сравнение с поливния режим обаче, влиянието на начина за напояване е много по-слабо и краткосрочно.

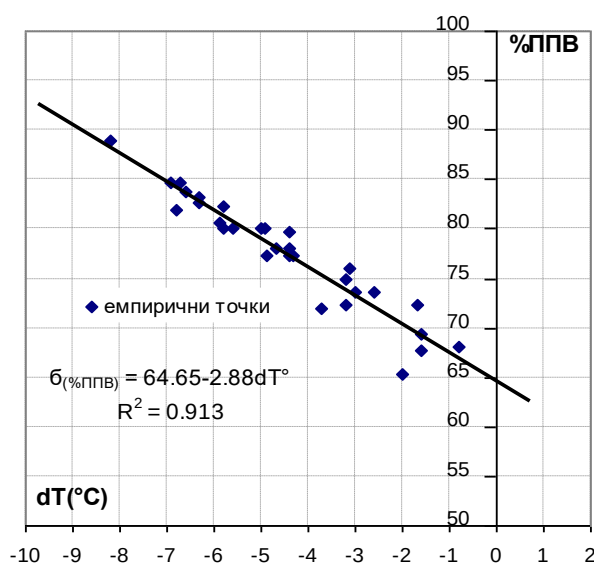


Фиг.38. Стойности на dT° в зависимост от начина за напояване



Фиг.39. Стойности на dT° в зависимост от предполивната влажност на почвата

Още едно косвено доказателство, че не е оправдано предполивната влажност да бъде над 80%ППВ, са резултатите, представени нагледно на фиг.39. Стойностите на dT° при 90%ППВ не са по-големи (със знак минус) от тези – при 80%ППВ, т.е. честите поливки и по-високата почвена влажност не оказват съществено и еднопосочно влияние върху температурата на листата на соята.



Фиг.40. Зависимост между dT° влажността на почвата (%ППВ)

От представените четири графики става ясно че температурата на листата на соята (конкретно сорт **Сребрина**) рядко достига температурата на въздуха. Причината за това е добрата способност на соята да се водоснабдява при по-ниски нива на почвената влажност. Това води до по-слабо ограничение на транспирацията и съответно – по-добро охлаждане на листната петура. За да се уточни влиянието на почвената влажност върху стойностите на dT° , е потърсена и установена зависимост между тях, като са използвани данни от паралелни измервания (на почвена влажност и dT°), направени в дадена точка по едно и също време.

Зависимостта представена на фиг.40 е валидна за почвен слой 0-60cm. Тя е линейна при $R^2=0.913$.

Графиката потвърждава изказаното по-горе становище, като според нея температурата на въздуха ($T^{\circ}a$) и температурата на листата ($T^{\circ}c$) се изравняват едва, когато почвената влажност

достигне 65%ППВ, т.е. при тази влажност на почвата $dT^{\circ}=0$, а при спадането ѝ под 65%ППВ, $dT^{\circ}>0$. При градинския фасул например, $dT^{\circ}=0$, когато влажността на почвата е около 80%ППВ, т.е. необходимо е такива изследвания да се правят поотделно за всяка една култура.

Таблица 11. Прогнозиране на предполивната влажност в слоя 0-60см по данни за dT°

%ППВ	dT°	%ППВ	dT°	%ППВ	dT°	%ППВ	dT°	%ППВ	dT°	%ППВ	dT°
51.7	4.5	60.3	1.5	69.0	-1.5	77.6	-4.5	84.8	-7.0	93.5	-10.0
53.1	4.0	61.8	1.0	70.4	-2.0	79.1	-5.0	86.3	-7.5	94.9	-10.5
54.6	3.5	63.2	0.5	71.9	-2.5	80.2	-5.4	87.7	-8.0	96.3	-11.0
56.0	3.0	64.7	0.0	73.3	-3.0	80.5	-5.5	89.1	-8.5	97.8	-11.5
57.5	2.5	66.1	-0.5	74.7	-3.5	81.9	-6.0	90.6	-9.0	99.2	-12.0
58.9	2.0	67.5	-1.0	76.2	-4.0	83.4	-6.5	92.0	-9.5	100.0	-12.3

Като е използвана формулата на зависимостта от фиг.40, е изчислена почвената влажност (%ППВ), съответстваща на различни стойности на dT° (със стъпка 0.5°C). Резултатите са нанесени в таблица 11. Освен влажността, при която двете температури се изравняват, в таблицата са включени стойностите на dT° , при които се достига предполивната влажност, препоръчвана от повечето изследователи. Така например, при $dT^{\circ} = -2^{\circ}\text{C}$, влажността на почвата е около 70%ППВ, а при $dT^{\circ} = -3.5^{\circ}\text{C}$, тя е 75%ППВ. При $dT^{\circ} = -5.4^{\circ}\text{C}$ влажността в слоя 0-60см е около 80%ППВ и т.н. По същия начин е потърсена зависимостта между dT° и влажността на почвата в различни обхвати на почвения профил. Като точност, резултатите отстъпват на тези, установени за слоя 0-60см. Тези резултати затвърждават направеното в разработката заключение, че почвеният слой 0-60см е този, въз основа на който се провежда правилния поливен режим при соята, т.е. този слой трябва да се има предвид и при прогнозиране на напояването.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фотосинтетични показатели: *Листната площ* се изменя паралелно с масата на листата. Между тях съществува линейна зависимост при $R^2=0.968$. ЛПИ при неполивни условия е между 56 и 86% от този – при оптимално напояване. Той не се изменя пропорционално на изменението на поливните норми. **ФСП** на соята нараства най-бързо през периода от *масов цъфтеж* до края на *бобообразуването* (R2-R4). Размерът на поливната норма не влияе върху времето за настъпване на максимума. **ЧПФ** при соята е най-висока през *вегетативния период*, след което намалява бързо до *началото на бобообразуване*.

Коренова система: Основната част от корените на соята се намира в повърхностния почвен слой 0-20см (37-44%). В слоя 0-40см се намира са 67-70% от цялата коренова система, а 0-60см – между 86 и 89%. Напояването през бразда води до преразпределение на кореновата система в посока мокрото междуредие, като съотношението на корените от двете части на реда е съответно 3:1 за 0-20см и 2:1 за 20-60см. По отношение на общата биомаса на корените, разликата е около 1%.

Средноденоношна евапотранспирация: Тя се описва посредством едновърха крива, (изпъкнала парабола), с максимум през периода на бобообразуване (R3-R4). При неполивни условия и при напояване с малки поливни норми максималните стойности са около и малко над **4.0mm** през първата или втората декада на юли във фаза R3. При напояване с норма в диапазона 70-100%, ЕТ достига най-голямата си интензивност, а максимумът (над **5-6mm**) се отчита поне една декада по-късно.

Евапотранспирация по периоди и почвени слоеве: ЕТ през *вегетативния период* на соята се формира основно от слоя 0-20см (над 50%). Периодът *цъфтеж-бобообразуване* се характеризира с най-интензивна ЕТ. Относителният дял на 0-20см намалява за сметка на слоевете, намиращи се под 40см дълбочина. При всички поливни режими и периоди от вегетацията, водеща роля има слоя 0-20см, който при напояване с намалени поливни норми има по-висок относителен дял в сравнение с 20-40 и 40-60см, взети заедно. При напояване с цяла поливна норма, се активизира ЕТ в слоя 20-60см и през *репродуктивния период* неговият относителен дял достига и дори надвишава делът на повърхностния почвен слой (0-20см).

Сумарна ЕТ: При оптимално напояване **сумарната ЕТ** нараства средно с 36%. Редуцирането на поливните норми с 30% осигурява от 95-96 до 98% от ЕТ при оптимално напояване. При напояване с $\frac{1}{2}$ поливни норми, тя достига между 85 и 92% от максималната ЕТ, а

през години с продължителни засушавания през репродуктивния период – 79-82%. **Напоителната норма** участва във формирането на ЕТ средно с 13.3% при най-малката норма, достигайки до значителните 35.1% при оптимално напояване. Основната част от максималната напоителна норма (между 73 и 93%) участва във водоразхода от слоя 0-40cm.

Влияние на поливния режим върху добива и неговите компоненти. В зависимост от поливния режим и условията на годината, добивът от соята варира в сравнително широки граници, но те са характерни за културата.

- **Положително влияние на различните поливни режими.**

Напояване през периода на бобообразуване (R3-R4): Тази поливка е най-ефективна. Ускорява вегетативния растеж и увеличава междувъзлията, височината на растенията и бобове. Не влияе еднородно и върху броя на семената в един боб и не променя абсолютната им маса. Нарастването на добива се дължи най-вече на броя на напълно развитите семена.

Напояване през периода на наливане на семената: Тази поливка обикновено компенсира умерен до силен воден дефицит. Тя практически не променя вегетативните параметри, но може да влияе върху репродуктивните. Ако е извършена в началото на R5, може слабо да увеличи броя на напълно развитите семена. Подадена след продължително и силно засушаване след средата R5, ефектът е обратен, поради ремобилизацията на хранителните вещества към вегетативните части на растението. През средно сухи години със съществено засушаване до края на бобообразуването допълнителният добив е съществен, но ако поливката е подадена в края на R5 или по-късно – през R6, добивът също така не нараства.

Напояване през периода на цъфтеж: Поливката през цъфтежа е най-слабо ефективна по отношение развитието и добива при соята. Тя влияе положително върху вегетативните компоненти, увеличавайки броя на междувъзлията на растенията, т.е. продуктивния потенциал, който в повечето случаи не може да се реализира. Добивът нараства слабо или въобще не нараства, като за това допълнителен принос има ниският дял на напълно развитите семена (между 46 и 58%).

Напояване с намалени поливни норми: Напояването с много малки поливни норми (30%*m*) на практика не увеличава добива и не се препоръчва. При ½ норма делът на напълно развитите семена е винаги най-висок. Въпреки това, тя има слабо до средно положително влияние върху добива. През по-благоприятни години се препоръчва подаването на поливната вода във всяко междуредие, докато през сухи години, по-добре да почвата да се навлажнява през междуредие. Напояването с норма 70%*m* осигурява условия, близки до оптималните, тъй като винаги се навлажнява критичния 0-40cm почвен слой. Това се отразява както върху вегетативните, така и върху репродуктивните компоненти на добива. При този поливен режим се залага голям брой семена, но делът на напълно развитите сравнително малък (47-60%).

Отрицателно влияние на нарушения поливен режим.

Отмяна на поливка през периода на цъфтеж: Тя засяга силно броя на междувъзлията на централното стъбло, оставяйки растенията по-ниски. Не се допуска съществен дефицит на ЛДВ. Формирането на бобовете протича оптимално, а 66 и 68% от заложените семена са напълно развити. Добивът е близък до максималния.

Отмяна на поливка през периода на бобообразуване: Средно до силно се засяга броят на междувъзлията. Засушаването през тази фенофаза ограничава броя на бобовете и относителния дял на напълно развитите семена, влияейки директно върху добива. През благоприятни години това отрицателното влияние намалява до средно или слабо.

Отмяна на поливка през периода на наливане на семената: Най-силно се засяга броят на напълно развитите семена на едно растение. Абсолютната маса на семената намалява по-съществено при отмяна на поливката в началото на фаза R5. Наблюдава се слабо до средно отрицателно влияние върху добива, а през по-неблагоприятни години – силно.

Отрицателно влияние на намалените поливни норми: Щетите, които нанася върху растенията напояването с много **малки** поливни норми са съизмерими с тези, които се отчитат при неполивни условия. Напояването с **поливна норма ½** има силно отрицателно въздействие върху броя на бобовете. Добивът намалява съществено. Редуцирането на поливните норми с **30%** се отразява отрицателно на голяма част от компонентите на добива. Намалява броят на междувъзлията, броят на бобовете и броят на развитите семена на едно растение. Абсолютната

маса на семената не намалява. В 50% от случаите отрицателното влияние на 30%-ната редукция на поливните норми е силно изразено.

Зависимост Добив-вода: По отношение на връзката „Добив-напоителната норма” максимална точност ($R=0.942$) се постига чрез уравнението $Y=1-(1-m)^{1.4}$. Тя е почти еднаква в границите $n=1.3\div 1.5$ ($R=0.941$), т.е. в този диапазон на n резултатите са максимално коректни. Това увеличава универсалността на степенната зависимост, без допълнителни компромиси с точността. Връзката „Добив-сумарна ЕТ” се изразява най-точно ($R>0.9$) чрез двустепенната формула: $Y=[1-(1-x)^{1.75}]^{5.23}$, като в зоната на реалния добив, близки резултати дават линейната и едностепенната формули. Тази зависимост трябва да се определя на база данните за ЕТ от слоя 0-100cm. Връзката „Добив-ЕТ по фенофази” не е подходяща за соята. Тя не може да представи достатъчно коректно и да степенува по сила реалната чувствителност на отделните фенофази, тъй като по едно и също време протичат минимум две основни фенофази, всяка от които е специфична по отношение на изискванията към водата.

Химичен състав на семената: Поливният режим оказва слабо влияние върху съдържанието на суров протеин и мазнини в семената на соята. Това означава, че увеличаването на добива от тези два компонента трябва да се постига посредством увеличаване добива от семена, чрез прилагането на подходящ поливен режим, а не чрез търсене на вариант за повишаване на тяхното съдържание в семената. Нарастването на размера на поливните норми гарантирано увеличава добива от тези два компонента.

Техники за напояване: Утвърдените методи за напояване на соята – гравитачно по бразди и дъждуване, имат ясно изразено предимство пред капковото напояване, тъй като то създава условия за силен вегетативен растеж и залагане на по-голям брой бобове и семена на едно растение, голяма част от които остават неразвити. Същевременно се създават предпоставки за полягане на посевите. По-малка е и масата на 1000 семена. Добивите са по-ниски, в сравнение с останалите два начина. Това не изключва неговата употреба при соята, но като се има предвид, че при полските култури изграждането на капкови инсталации създава допълнителни затруднения и ограничения, то може да бъде приложено при липса на възможност за гравитачно напояване или за дъждуване. Без категорично предимство, при напояване на соята чрез дъждуване резултатите са малко по-добри от тези при гравитачното и това е потвърждение за благоприятното влияние на тази техника при бобовите култури. Тук става въпрос само за биологичната част от ефекта и не включва допълнителните разходи, свързани с техническата част (оборудване, енергия и поддръжка). Дъждуваната соя използва най-ефективно водата, както по отношение на ЕТ, така и по отношение на напояването, като варирането през различни като характер години също е най-малко. Най-неблагоприятни са резултатите при капковото напояване.

Икономически показатели: С нарастване на поливната норма в диапазона от 0 до 40% m себестойността намалява много бързо. При увеличаване на нормата в диапазона 40-80% m , понижението става с все по-малка стъпка и по-плавно, достигайки минимум при норма 80% m . По-нататъшното нарастване на размера на поливната норма не влияе върху себестойността, като е възможно тя да започне отново да се повишава при увеличаване на поливните норми над тези – необходими за провеждане на оптимален поливен режим. В сравнение с всички изпитани поливни режими, чистият доход при оптималния поливен режим (80%ППВ) е най-висок, т.е. прилагането на какъвто и да е нарушен поливен режим при соята представлява компромис от икономическа гледна точка. Напояването при поддържане на по-висока от предполивна влажност (90%ППВ) не подобрява нито един от икономическите показатели.

Прогнозиране на поливките: Индиректното определяне на ЕТ по метода на температурната сума не отстъпва като точност и надеждност на метода на ФАО, поради което се препоръчва като добра възможност за бързо, лесно, точно и безплатно прогнозиране поливките при соята. С успех може да се прилага и метода на изпарителя, но при известен компромис с точността.

Съществува линейна зависимост (при $R^2=0.913$) между стойностите на dT° и влажността на почвата в слоя 0-60cm. Тя се изразява чрез уравнението: $\delta=64.65-2.88dT^{\circ}(\%ППВ)$. При $dT^{\circ}= -5.4^{\circ}C$ влажността в слоя 0-60cm е 80%ППВ.

ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Определена е теоретичната обезпеченост на сумата на валежите, температурната сума и сумата на дефицита на влажността на въздуха за периода май-септември. Изчертаните три криви са достатъчно точни за директно определяне на реалната обезпеченост на който и да е от посочените три метеорологични фактори за района на Пловдив. **(научно-приложен)**

2. Установени са параметрите на зависимостта между температурната сума и продължителността на фенофазите при соята. Определен е диапазонът в който тя варира за протичането на всяка една от фенофазите и съответната им продължителност. Изведени са уравнения. **(потвърдителен)**.

3. Установена е линейна зависимост между масата на бобовите на едно растение през R6 и тази – през R8, като същата може да се използва успешно за прогнозиране на добива. **(научен)**

4. Проучено развитието на листната площ на соята, в зависимост от условията през вегетационния период, включително поливния режим. Въз основа на получените данни са изведени зависимости, както следва:

- Степенна зависимост между ЛП и сухата биомаса на надземната част от растенията. Тя е валидна само до достигане на максимална ЛП при $R^2=0.924$. Графически се изразява посредством вдлъбнатата парабола. Може да се използва за прогнозни цели. **(научен)**

- Линейна зависимост между ЛП и сухата маса на листата при $R^2=0.968$. Може да се използва за директно изчисляване на ЛП по данни за масата на листата на едно растение. **(научен)**

- Степенна зависимост между ЛП и ΣT° (средно-деноношна и ефективна) при $R^2>0.91$. Може да се използва за прогнозиране на времето, през което се очаква формирането на съответната ЛП, проследявайки изменението на ΣT° или $\Sigma T^\circ_{\text{еф}}$ на въздуха. **(научен)**

5. Проучено е влиянието на поливния режим върху ЛПИ при изпитаните сортове през различни като характер години. Установено е , че той не се изменя пропорционално на размера на поливните норми. Установена е линейна зависимост между ЛПИ и почвената влажност в слоя 0-60cm при $R^2=0.704$. Тя може да служи за прогнозиране размера на ЛПИ по данни за почвената влажност. **(научен)**

6. Проучено е влиянието на напояването и поливния режим върху ФСП. Установена е неговата динамика, в зависимост от водообезпечеността на растенията. Изведена е зависимост между ФСП и надземната суха биомаса на растенията при $R^2=0.77$. **(научен)**

7. Проучена е подробно ЧПФ, в зависимост от поливния режим. Набрана е подробна информация за нейното изменение по органи и по фенофази. **(научен)**

8. Направено е детайлно проучване на кореновата система на соята при напояване с различни по размер поливни норми. Получена е и е предоставена информацията относно:

- Нейното разпределение по почвени слоеве, посредством сухата маса на корените, както и относителният дял на корените във всеки почвен слой, в зависимост от поливния режим. **(научно-приложен)**

- Зависимостта между относителната напоителна норма и относителният дял на корените в отделните почвени слоеве ($R^2>0.97$). **(научен)**

- Послойното разпределение на кореновата система в еднометровия почвен слой при напояване във всяка бразда и през бразда. **(научно-приложен)**

- Научно обоснован критерий за прогнозиране на поливките и дълбочината, на която трябва да се навлажнява почвата при напояване на соята, установен на база получената информация за масата и разпределението на кореновата система в дълбочина. **(научно-приложен)**

9. Детайлно е проучена ЕТ на соята във всички нейни аспекти, като е установен нейният средноденоношен ход при различните поливни режими, послойното ѝ разпределение (общо за вегетацията и по фенофази) и участието на формиращите я компоненти (по почвени слоеве и за целия активен почвен пласт). Тази информация е ценна както от научна, така и от практическа гледна точка. **(научно-приложен)**

10. Чрез използването на подходящи статистически методи, е изяснен механизма на формиране на добива при соята. Въз основа на него са установени причините за промените в добива (загуби на добив и допълнителен добив) при прилагане на различни поливни режими.

Степенувани са фенофазите при соята в зависимост от чувствителността към воден стрес. Установена е отзивчивостта на соята към напояване през отделните фенофази. **(научен)**

11. Установени са параметрите на зависимостта *Напоителна норма-добив* във всичките й разновидности, като се доказва, че степенната формула от вида $Y=1-(1-m)^n$, използваща допълнителния добив е най-представителна. При степенен показател $n=1.3\div 1.5$ точността й е еднаква ($R=0.941$). Това я прави в значителна степен универсална. **(научен)**

12. При анализа на зависимостта „Добив-ЕТ” се установява, че тя е коректна само по отношение на сумарната ЕТ. Обосновани са причините, поради които зависимостта базирана на ЕТ по фенофази не се препоръчва, независимо от високата точност на използваните формули. **(научен)**

13. Доказва се, че оптималната предполивна влажност за соята е 75-80%ППВ, валидна за слоя 0-60cm. **(научно-приложен)**

14. Изяснен е въпросът за поливните техники, като на първо място се препоръчва дъждуването, следвано от гравитачното напояване и на последно място – капковото напояване. **(научно-приложен)**

15. Изяснено е влиянието на поливния режим върху основни химични компоненти на соевото зърно, като са изведени полезни за науката и практиката зависимости. Препоръчва се увеличаването на добива от мазнини и протеин да се постига чрез повешаване на добива от семена при подходящ поливен режим, а не чрез търсене на начини за увеличаване съдържанието на тези компоненти в семената на соята. **(научен)**

16. Изведена е квадратна зависимост между относителната напоителна норма и относителната себестойност на продукцията при $R^2=0.94$. Тя показва, че себестойността на продукцията достига минимум при норма 80%m, след което по-големият размер на поливната норма не влияе, като дори е възможно тя да започне отново да се повишава при увеличаване на поливната норма над оптималната. Определени са икономическите параметри при допускане на периодичен воден дефицит. Доказва се, че поддържането на висока предполивната влажност над 90%ППВ не понижава себестойността на продукцията, в сравнение с тази – при 80%ППВ. Доказва се предимството на дъждуването и недостатъците на капковото напояване по отношение на икономическите резултати. **(за практиката)**

17. Доказва се, че изменението на чистия доход следва тенденциите валидни за зависимостта „Добив-напоителна норма”, т.е. той е най-висок при провеждане на биологически оптимален поливен режим. Изведена е квадратна зависимост между относителната напоителна норма и относителния чист доход при $R^2=0.97$. **(научен)**

18. Доказва се, че индиректното определяне на ЕТ по метода на температурната сума не отстъпва като точност и надеждност на метода на ФАО, поради което се препоръчва като добра възможност за бързо, лесно, точно и безплатно прогнозиране поливките при соята. **(научно-приложен)**

19. Проучени са възможностите за използването на ИЧТ за определяне водния статус на соев посев, като е установена линейна зависимост (при $R^2=0.913$) между стойностите на dT° и почвената влажност в слоя 0-60cm. При $dT^{\circ} = -5.4^{\circ}C$ тя е 80%ППВ. **(научно-приложен)**