

ПРОДУКТИВНОСТ НА СОЯТА, ОТГЛЕЖДАНА В УСЛОВИЯТА НА ВОДЕН ДЕФИЦИТ ПРЕЗ ОТДЕЛНИТЕ ФАЗИ ОТ ВЕГЕТАЦИЯТА

РАДОСТ ПЕТРОВА, АЛЕКСАНДЪР МАТЕВ
Аграрен университет, Пловдив

Soybean Productivity by Water Deficit Conditions during Different Vegetative Stages

R. Petrova, A. Matev
Agricultural University, Plovdiv, Bulgaria

Abstract

The experiment was conducted during 2004 – 2006 period in the experimental field of Agricultural University – Plovdiv. The aim of the study was to determine the influence of different irrigation regime on the productivity of soybean (variety of "Mira"). Following variants were tested: without irrigation; optimum irrigation; without the first, second or third irrigations; only first, second or third irrigation. The additional yield by irrigation conditions is 37 – 92%. Depending on the amount and distribution of precipitations, reduction of yield by water stress during the flowering is 6 – 29%. From beginning to full seed (R5 – R6) yield losses amounted to 20 – 23%.

Key words: soybean, water deficit, irrigation, yield

Повишаването на икономическия ефект от напояването на селскостопанските култури, отглеждани в райони с неустойчиво естествено овлажняване, е свързано с оптимизиране параметрите на поливния режим чрез отглеждане на културата в условията на регулиран воден дефицит. Търсеният краен резултат е реализирането на максимална икономия от поливна вода при минимални загуби на добив. Това може да стане по следните начини: чрез промяна размера на една или повече поливни норми, отмяна на поливки с доказана необходимост от извършването им, както и чрез удължаване на междуполивните периоди.

Отмянето на поливки с доказана необходимост, или създаването на т. нар. периодичен воден дефицит при соята, е свързано с критичността на фазите по отношение на чувствителността към воден дефицит. Тъй като соята се отглежда предимно за зърно, тази критичност е ясно изразена.

Изследванията върху поведението на соята при условията на нарушен поливен режим, проведени в Института по соята – Павликени от Хр. Горанов и др. (1976; 1982) доказват важността на фенофазата през която растенията са лишени от една или повече необходими поливки. Поради това ефективността на отделните поливки е различна, както в рамките на една вегетация, така и през отделните години. Според авторите няма друго културно рас-

тение, което така ясно „да записва” върху себе си точно в кой период е страдало от недостиг на вода и с колко това засушаване е намалило добива.

Димитрова и др. (1987) смятат, че соята е най-чувствителна към воден стрес през периода цъфтеж – бобообразуване. При наличие на такъв, през този период, добивът намалява чувствително. За условията на Канелените горски почви в района на Софийската напоителна система според Живков (2004) и В. Петрова (2010), отмяната на поливки с доказана необходимост води до намаляване на добивите в зависимост от фазата, в която се намира културата и в съчетание с конкретното проявление на метеорологичните фактори през вегетационния период. Според двамата автори растежният период на соята в района на София протича най-често при условията на естествено овлажняване, поради което напояване не се налага. Отмяната на поливка в самото начало на цъфтежа на соята води до намаляване на добива до 15%. През периода на масов цъфтеж – бобообразуване отмяната на поливки води до значителни загуби на зърно, които в зависимост от напрежението на метеорологичните фактори са в границите от 32 – 34% до 37 – 40%. Допускането на воден дефицит през периода на наливане на зърното, загубите на добив са също така сравнително високи, като през по-влажни и благоприятни години те са около 20%, а през горе-

щи и екстремно сухи години същите могат да достигнат около и над 40%.

Мухова и др. (2005) разглеждат влиянието на различния воден режим като коефициент на ефективност на напоителната норма, изразен като отношение между допълнителния добив и напоителната норма. За условията на Старозагорската напоителна система този коефициент при оптимално напояване е 0,54, а при отмяната на поливка във фаза формиране на бобовете – 0,44.

Целта на експеримента беше да се установи ефектът от отмяната на поливки през отделните периоди от вегетацията на соята (сорт *Мира*), както и ефектът от реализирането само на една поливка през определена фенофаза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Анализът за влиянието на периодичния воден дефицит върху продуктивността на соята е направен въз основа на данни от полски опит, проведен през периода 2004 – 2006 г. в района на УОП на Катедра „Мелиорации и геодезия” при АУ – Пловдив на почвен тип Алувиално-ливадна почва (бивша заблатена). Характеристиките на почвата в района на опитното поле според Меранзова (1990) са следните: обемна плътност $\alpha = 1,39 \text{ t/m}^3$; $\delta^{\text{ППВ}} = 29,4$ (влажност при ППВ в тегловни %); $W^{\text{max}} = 326,9 \text{ mm}$; $W^{\text{min}} = 245,2 \text{ mm}$ (при 75% от ППВ).

Опитът е залаган по блоковия метод в 4 повторения с големина на опитните парцели 30 m^2 , а на реколтните – 10 m^2 . Използван е сорт *Мира*, отглеждан при гъстота на посева 250 – 300 000 раст./ha и междуредово разстояние 70 cm и следните варианти: 1) без напояване; 2) оптимално напояване; 3), 4) и 5) с отмяна съответно на първа, втора и трета поливки; 6), 7) и 8) съответно с подадена само първа, втора и трета поливки. Динамиката на фактическата почвена влажност е установявана през 7 – 10 дни по тегловния метод.

Поливките за вариант 2 са давани при предполивна влажност 75% от ППВ за слоя 0 – 80 cm, като размерът на поливните норми е изчисляван за допълване на почвената влажност до ППВ на същия този слой. Използвана е познатата формулата:

$$m = 10 \cdot H \cdot \alpha (\delta^{\text{ППВ}} - \delta^{\text{min}}) \text{ (mm)},$$

където m е размерът на поливната норма (mm); H – дълбочината на активния почвен слой (m); α – обемната плътност на почвата (t/m^3); $\delta^{\text{ППВ}}$ и δ^{min} са съответно влажността при ППВ и предполивната влажност в % от масата на абсолютно сухата почва.

Поливките при всички останали варианти са давани заедно с тези при вариант 2, без промяна на размера на поливната норма. Напояването е извършвано гравитационно по къси затворени

бразди. Времето за реализиране на всяка една от поливките е обвързано с фазата, в която се намира културата. Данните за добива по варианти и повторения са обработени чрез софтуерния продукт ANOVA – 1, като е установена доказаността на разликите между отделните варианти на опита. Продуктивността на напоителната норма е установена като отношение между допълнителния добив и съответната напоителна норма.

Семената са третирани предсеитбено с бактериалния препарат „Нитрагин”, а в последствие всички варианти са торени с $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ азот, внесен като подхранване преди последната междуредова обработка под формата на амониева селитра. Като предшественик на соята е използвана царевича за зърно.

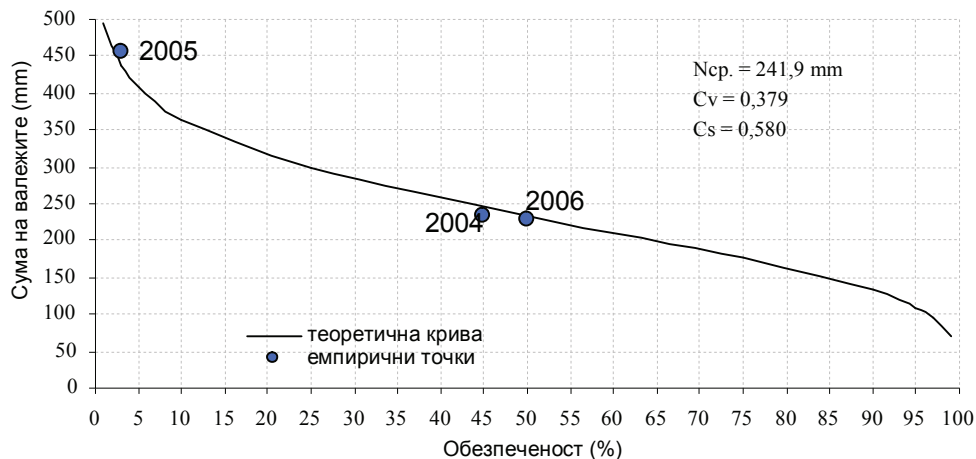
През годините на експеримента са спазвани всички основни агротехнически мероприятия, свързани с възприетата за страната технология за отглеждането на културата.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

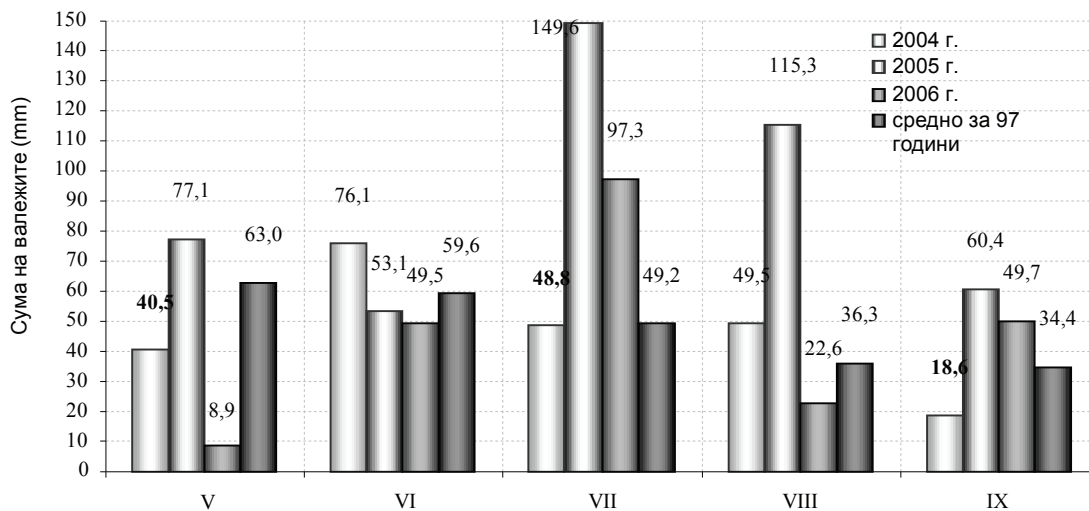
Както биологическият, така и стопанският ефект от отмяната на поливки в голяма степен зависи от метеорологичните условия през конкретната година. В този смисъл най-голямо значение имат количеството и разпределението на валежите, а температурата и дефицитът на влажността на въздуха имат по-скоро косвено влияние като фактори, въздействащи върху интензивността на евапотранспирацията.

На фиг. 1 е представена теоретичната крива на обезпеченост на валежите за района на Пловдив. Кривата е построена на база 97-членен статистически ред, съдържащ данните за валежната сума през периода V – IX. Според графиката първата година на опита е средна със сума на валежите за периода май – септември 233,5 mm и обезпеченост 44,9%. Експерименталната 2005 г. се характеризира като влажна с обезпеченост 3,1% и сума на валежите 455,5 mm и е трета по влажност в реда – след 1960 и 2007 г. Третата година на опита (2006) е също така средна с обезпеченост 50,0% и с количество на вегетационните валежи 228,0 mm. На фиг. 2 е представено разпределението на вегетационните валежи по месеци.

През опитната 2004 г. валежите са, общо взето, равномерно разпределени, като растенията са оптимално водообезпечени до края на юни. Това означава, че от поникването до началото на репродуктивния период влагата в почвата не е лимитиращ фактор при всички варианти на опита. Първата десетдневка на юли (началото на цъфтежа) е без валежи, а през следващите две, по време



Фиг. 1. Обезпеченост на вегетационните валежи (за периода V – IX)



Фиг. 2. Количество и разпределение на валежите по месеци

на масовия цъфтеж и бобообразуването, същите са недостатъчни за поддържането на възприетата долна граница на оптималната почвена влажност. Подобна е ситуацията и през август, когато валежи не липсват, но същите не могат да компенсират ЕТ, при все още твърде високо напрежение на метеорологичните фактори. През първата десетдневка на август приключва цъфтежът и образуването на бобове, след което през втората десетдневка на месеца започва интензивно наливане на зърното. Септември е сух с количество на валежите едва 18,6 mm. Това обстоятелство обаче е благоприятно за навременно узряване на соята и приключване на вегетацията.

През 2005 г. растежният период на соята (май и юни) протича при естествено овлажняване близко до нормата, докато през репродуктивния период (юли и август), когато растенията са по чувствител-

ни към недостига на леснодостъпна влага, валежите надвишават с около три пъти средните многогодишни стойности. Въпреки това през много важен за соята период (от средата на юли до към 5 – 6 август) е налице засушаване с продължителност около 20 дни. Като се има предвид високият водоразход на соята през периода масов цъфтеж и бобообразуване, може да се смята, че леснодостъпната почвена влага се е изчерпала за 13 – 15 дни, т. е. ненапомянатата соя е преживяла воден стрес в продължение на около една седмица. През тази опитна година септемврийските валежи са почти два пъти над нормата, което бе предпоставка за известно забавяне на узряването.

Количеството на валежите през третата опитна година (2006) на практика е равно с това през 2004 г. и почти съвпада със средните многогодишни стойности. Що се отнася до тяхното разпределение, те

обезпечават напълно културата с естествена влага през целия растежен период. През периода масов цъфтеж и начало на бобообразуване, който е изключително критичен по отношение на фактора почвена влага, те са с общо количество, равно на една поливна норма. През по-късните периоди от вегетацията обаче валежите в района на опита са недостатъчни за осигуряване оптималния водоразход на културата. При ненапоиваната соя периодът на наливане на зърното протича при условията на значително почвено засушаване.

На табл. 1 са представени данните за обезпечеността на трите основни метеорологични фактора за всяка от трите опитни години. Като цяло опитните години са благоприятни в метеорологично отношение за отглеждане на соя. Стойностите на разглежданите показатели често се разграничават съществено от съответната норма за района на Пловдив, но при правилна агротехника, включително и напояване, са предпоставка за получаване на високи и стабилни добиви.

Поливен режим

Поливният режим, реализиран през трите опитни години е в зависимост от количеството и разпределението на валежите през вегетацията, както и от напрежението на метеорологичните фактори, особено през критичния период, съвпадащ кален-

дарно с месеците юли и август.

На табл. 2 са представени данните по години за броя на поливките при оптималния вариант и тяхното разпределение по фази, както и размерът на съответстващите им поливни норми.

През първата опитна година са реализирани общо две поливки при оптималния вариант и по една поливка при вариантите с периодичен воден дефицит.

При така стеклите се обстоятелства не са реализирани вариантите 5, 6, 7 и 8, поливните режими на които през тази година съвпадат съответно с тези при вариантите 2, 4, 3 и 1. Междуполивният период е 21 дена и в голяма степен е предопределен от количеството и разпределението на валежите през периода между първата и втората поливка. Двете поливки са дадени при налична почвена влажност 76,2% от ППВ, поради което реализираните поливни норми и в двата случая са 77,8 mm. Първата поливка е дадена през периода на масов цъфтеж и интензивно бобообразуване (12. VII), а втората – в края на цъфтежа и интензивно наливане на зърното (2. VIII).

През влажната 2005 г.е дадена една поливка, във фаза край на цъфтеж – наливане на зърното. Наличната почвена влажност за слоя 0 – 80 cm непосредствено преди поливката е 22,7% от масата на сухата почва, или 77% от ППВ. Размерът на по-

Таблица 1. Обезпеченост на валежите, температурната сума и сумата на дефицита на влажността на въздуха за района на Пловдив, за периода V - IX по години

| Фактор | | Всички опитни години | | | |
|--------|-----|---------------------------------|-------|-------|-------|
| | | средно | 2004 | 2005 | 2006 |
| ΣT° | °C | 3181 °C (за 93-годишен период) | 3135 | 3141 | 3239 |
| | P % | | 60,64 | 57,45 | 36,17 |
| ΣD | hPa | 1430 hPa (за 74-годишен период) | 1675 | 1137 | 1590 |
| | P % | | 13,33 | 90,67 | 21,33 |
| N | mm | 241,9 mm (за 97-годишен период) | 233,5 | 455,5 | 228,0 |
| | P % | | 44,90 | 3,06 | 50,00 |

ΣT° – температурна сума; ΣD – сума на дефицита на влажността на въздуха;
N – валежи; P% – емпирична обезпеченост на метеорологичните фактори.

Таблица 2. Брой поливки, поливни норми и разпределението им по фази

| Година | Брой поливки | № | *m | Период от вегетацията (фаза) |
|--------|--------------|---|------|--------------------------------------|
| 2004 | 2 | 1 | 77,8 | цъфтеж и бобообразуване |
| | | 2 | 77,8 | наливане на зърното |
| 2005 | 1 | 1 | 75,0 | край на цъфтеж – наливане на зърното |
| 2006 | 2 | 1 | 90,1 | масов цъфтеж и бобообразуване |
| | | 2 | 86,7 | наливане на зърното |

*m – поливна норма, mm.

Таблица 3. Влияние на поливния режим върху продуктивността на соята по години

| Вариант | Добив, kg.ha ⁻¹ | Спрямо вариант 1 | | | Спрямо вариант 2 | | |
|---|----------------------------|----------------------------------|-------|------------|------------------------------------|-------|------------|
| | | +/-Y | % | доказаност | +/-Y | % | доказаност |
| 2004 г. | | | | | | | |
| 0 0 | 1500 | St. | 100,0 | St. | -1385 | 52,0 | C |
| + + | 2885 | +1385 | 192,3 | C | St. | 100,0 | St. |
| 0 + | 2050 | +550 | 136,7 | C | -835 | 71,1 | C |
| + 0 | 2209 | +709 | 147,3 | C | -676 | 76,6 | C |
| GD при P 5% = 143 kg.ha ⁻¹ ; | | P 1% = 195 kg.ha ⁻¹ ; | | | P 0,1% = 263 kg.ha ⁻¹ | | |
| 2005 г. | | | | | | | |
| 0 | 2344 | St. | 100,0 | St. | -876 | 72,8 | C |
| + | 3220 | +876 | 137,4 | C | St. | 100,0 | St. |
| GD при P 5% = 424 kg.ha ⁻¹ ; | | P 1% = 586 kg.ha ⁻¹ ; | | | P 0,1% = 810 kg.ha ⁻¹ | | |
| 2006 г. | | | | | | | |
| 0 0 | 1473 | St. | 100,0 | St. | -1056 | 58,2 | C |
| + + | 2529 | +1056 | 171,7 | C | St. | 100,0 | St. |
| 0 + | 2378 | +905 | 161,4 | C | -151 | 94,0 | n.s. |
| + 0 | 2011 | +538 | 136,5 | C | -518 | 79,5 | C |
| GD при P 5% = 232 kg.ha ⁻¹ ; | | P 1% = 316 kg.ha ⁻¹ ; | | | P 0,1% = 426 kg.ha ⁻¹ . | | |

Таблица 4. Продуктивност на напоителната норма по варианти и години

| Вариант | 2004 г. | | | 2005 г. | | | 2006 г. | | |
|---------|---------|-------|------|---------|------|-------|---------|-------|-------|
| | +Y | M | PR | +Y | M | PR | +Y | M | PR |
| + + | 1385 | 155,6 | 8,90 | 876 | 75,0 | 11,70 | 1056 | 176,8 | 5,97 |
| 0 + | 550 | 77,8 | 7,07 | * | * | * | 905 | 86,7 | 10,45 |
| + 0 | 709 | 77,8 | 9,11 | * | * | * | 538 | 90,1 | 5,97 |

+Y – допълнителен добив, kg/ha; M – напоителна норма, mm;
PR – продуктивност на напоителната норма kg.ha⁻¹.mm⁻¹.

ливните норми по варианти е съобразно методика на опита.

През вегетационната 2006 г. на соята са дадени две поливки през периода 25. VII – 16. VIII. Поливният и междуполивният период съвпадат и имат продължителност 22 дни. Първата поливка е реализирана през периода интензивно бобообразуване и начало на наливане на зърното. Втората поливка е реализирана в средата на август във фаза наливане на зърното, като същата гарантира оптимални стойности на почвената влага до края на критичния период (20. VIII). Така, както през първата година и тук не са реализирани вариантите 5, 6, 7 и 8. Поливните им режими съвпадат съответно с тези при вариантите 2, 4, 3 и 1.

Различията в размера на поливните норми при едноименните варианти за отделните поливки са продиктувани от обстоятелството, че при полски условия наличната предполивна влажност неви-

наги е еднаква. По отношение големината на напоителната норма най-съществено е влиянието на броя на поливките през вегетацията.

Влияние на различния поливен режим върху продуктивността на соята

Данните за влиянието на различния поливен режим върху добива от соя през всяка от опитните години са систематизирани в табл. 3.

Поддържането на оптимален воден режим в активния почвен слой на соята през 2004 г. (определена като средна) води до получаването на добиви 2885 kg.ha⁻¹. Спрямо резултатите, получени при неполивни условия, добивите са почти два пъти по-високи (92,3%), въпреки общо взето, благоприятно разпределение на валежите. Загубите на добив при неполивния вариант спрямо оптималния са 48,0%. Получените добиви при вариантите 3 и 4 доказват отзивчивостта на соята към напояване не

само през сухи и много сухи години, а и през такива като средната 2004 г. Въпреки че отмяната на поливка (съответно през периода масов цъфтеж – начало на бобообразуване и през фаза наливане на зърното) води до 19 – 23% загуба на зърно, то спрямо неполивната контрола допълнителният добив е 550 – 709 kg.ha⁻¹, или 37 – 47%. Резултатите при сравнението между тези два варианта показват по-голямото значение на първата поливка, но разликите не са статистически доказани. Сравнително еднакво е количеството и разпределението на валежите през периода на наложен воден дефицит, както при единия, така и при другия вариант, поради което основната тежест пада върху критичността на фазата.

Поддържането на оптимален воден режим в разчетния почвен слой през цялата вегетация на соята, през влажната 2005 г., води до получаването на високи и стабилни добиви (над 3000 kg.ha⁻¹). Спрямо резултатите, получени при неполивни условия, добивите са с 37% по-високи, въпреки обилните и благоприятно разпределени вегетационни валежи. Загубите на добив при неполивния вариант спрямо оптималния са 27% и както бе изтъкнато по-горе, се дължат на водния дефицит с продължителност 7 – 10 дни в началото на периода на наливане на зърното.

Поддържането на оптимална почвена влага през третата опитна година (2006) осигурява добив от над 2500 kg.ha⁻¹, като допълнителният добив спрямо ненапоиваната соя е 1056 kg.ha⁻¹ (72%) и се доказва статистически. Високи добиви през тази година са получени и при останалите поливни варианти, като надбавката е в съответствие с приложения поливен режим. Незначителната загуба на добив (6%) при отмяна на поливка през периода на масов цъфтеж и бобообразуване се дължи на падналите общо над 100 mm валежи в началото на цъфтежа и реализираната поливка в края на фазата. Намалението на добива при този вариант спрямо оптимално напоявания е 151 kg.ha⁻¹ и статистически не се доказва. Поддържането на оптимална влажност до началото на периода на наливане на зърното благоприятства вегетативното развитие на соята, както и образуването на голям брой бобове на едно растение. При последваща отмяна на поливки, съчетана с продължително засушаване и висока въздушна температура, растенията не са в състояние да „изхранят“ зърната в многото на брой бобове, поради което добивът намалява съществено в сравнение с този при оптимално напояване. Точно такъв е и основната причина за резултатите, получени при варианта с отмяна на поливка през фаза наливане на зърното. Намалението на добива е 20% и се доказва статистически.

Ефектът от напояването дава своето изражение посредством допълнителния добив и продуктивността на напоителната норма, като данните по години са представени в табл. 4.

Продуктивността на напоителната норма при оптимално напояване е винаги сравнително висока. Доказано е, че в условията на регулиран воден дефицит добивът не се променя пропорционално на изменението на големината на напоителната норма. Поради това продуктивността на по-малката напоителна норма често е по-висока. За условията на опита стойностите варират, като няма ясно изразена тенденция при нито един от вариантите. През първата година разликите са много малки поради сравнително равномерното разпределение на валежите през периодите, касаещи отмяната съответно на първата и на втората поливки. Все пак, предимството на поливката през периода масов цъфтеж и бобообразуване е налице. През втората опитна година продуктивността на напоителната норма е висока, тъй като поливката е обезпечила с влага важния за соята период на наливане на зърното, като през останалата част от вегетацията почвената влажност не е спадала под 70 – 75% о ППВ. През третата 2006 г. резултатите са противоположни на получените през първата година, въпреки че като цяло те са близки в метеорологично отношение. Съществена е обаче разликата в разпределението на валежите през отделните периоди от вегетацията и както бе коментирано по-горе, ефектът на всяка от поливките по отношение на добива е много различен, а оттам се променят и стойностите на продуктивността на нормата.

ИЗВОДИ

Изпитаният сорт *Мира* е високопродуктивен, като за условията на Пловдив при неполивни условия дава добиви от 1500 до 2300 kg.ha⁻¹.

Поддържането на предполивна влажност 75% от ППВ за слоя 0 – 80 cm през влажни години е свързано с даването на не повече от една поливка с поливна норма 80 mm. През средни по обезпеченост на валежите години броят на поливките е две, а големината на напоителната норма е 156 – 177 mm.

Оптимизирането на фактора влага в активния почвен слой допринася за значително увеличаване и стабилизиране на добивите, които за условията на опита са от 2500 до 3200 kg.ha⁻¹, като допълнителният добив варира в границите от 1060 до 2090 kg.ha⁻¹, или от 72 до 192%.

Отмяната на една поливка през периода на цъфтеж и бобообразуване води до загуби на добив от 6 до 29% в зависимост от количеството и разпределението на валежите през периода непосредствено

след отмяната. Отмяната на поливка през периода на наливане на зърното води до загуби от 20 до 27%.

През средни по обезпеченост на валежите години реализирането на една поливка през периода на масов цъфтеж и бобообразуване води до увеличаване на добива с 37 – 47%, а допълнителният добив, следствие на напояването само през периода на наливане на зърното, е 37 – 61% в зависимост от количеството и разпределението на валежите.

Продуктивността на напоителната норма при оптимално напояване е от 5,97 до 11,70 kg.ha⁻¹.mm⁻¹. Най-високи са стойностите на показателя при напояване през периода на наливане на зърното (7,07 – 10,45 kg.ha⁻¹.mm⁻¹). При напояване през периода на масов цъфтеж и бобообразуване от 1 mm поливна вода се получава 5,97 – 9,11 kg.ha⁻¹ допълнителен добив.

ЛИТЕРАТУРА

Горанов, Хр., Г. Крафти, К. Горанова. 1976. Напояване на соята. *В помощ на техническия прогрес във водното стопанство*, № 1, 29-39

Горанов, Хр., Г. Крафти. 1982. Възможности за намаляване на напоителните норми при оптимален и нарушен поливен режим на соя и царевица в Северна България. В *помощ на техническия прогрес във водното стопанство*, № 1, 35-36

Димитрова, З., З. Димитров. 1987. Изследвания върху водния режим на соята. *В помощ на техническия прогрес във водното стопанство*, № 2, 13-14

Живков, Ж., А. Матев. 2004. Отглеждане на соя в условията на дефицит на вода за напояване. *Field Crops Studies*, т. 1, кн. 3, 470-477

Меранзова, Р. 1990. Вътрепочвено напояване на царевица с микропорести поливни шлаухи. Дисертация.

Мухова, Р., Р. Петкова, А. Стоянова, Д. Павлов. 2005. Ефективност при напояването на соя, отглеждана в условията на воден дефицит.–В: Сб. доклади на Съюза на учените. Научна конференция – Стара Загора, т. II Растениевъдство, 352-355