

АГРАРЕН УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ

Пловдив 4000; бул. «Менделеев» № 12; тел. +359/32/654 300

Факс +359/32/633 157; www.au-plovdiv.bg



Факултет по Агрономство

Утвърждавам

Декан

(.....подпис и печат.....)

ИНДИВИДУАЛЕН УЧЕБЕН ПЛАН

на

Веселин Атанасов Севов РД-26-13/31.01.2024

(име, презиме, фамилия и номер на заповедта за зачисляване)

Област на висшето образование	Аграрни науки и ветеринарна медицина
Професионално направление	6.1 Растениевъдство
Научна специалност	Агрохимия
Форма на обучение	редовна
Продължителност на обучение	3 години
Тема на дисертационния труд	ЕФЕКТИВНОСТ НА АЗОТА ПРИ ПИВОВАРЕН ЕЧЕМИК
Научен ръководител/и или консултант	Проф. Светла Костадинова
Обсъден и приет на КС	Протокол № 4/26.02.2024 г.
Утвърден на заседание на ФС	Протокол № 2/28.02.2024 г.

ОБЩ УЧЕБЕН ПЛАН

Учебна и преподавателска работа на докторанта			
ПЪРВА ГОДИНА			
Дейност	Период	Кредити	
Участие в обучителни курсове			
Английски език	2024	5	
Научна етика и работа с информационни източници	2024	5	
Методика на обучението	2024	5	
Статистическа обработка на данни	2024	5	
Сума за I година		20	
ВТОРА ГОДИНА			
Дейност	Период	Кредити	
Участие в обучителни курсове			
Изпит минимум	2025	20	
Сума за II година		20	
ТРЕТА ГОДИНА			
Дейност	Период	Кредити	
Участие в обучителни курсове			
Извеждане на упражнения	2026	7	
Сума за III година		7	
Общо		47	

Научно-изследователска работа на докторанта	
Анотация Устойчиво земеделско производство без рискове за околната среда изисква висока ефективност на торенето и прилагане на иновативни концепции и модели за оптимизиране на препоръките за торене. В отговор на тази необходимост Международният институт по хранене на растенията (IPNI) разработва съвременна концепция от препоръки за торене „4R“ или концепцията на „четирите рационални правила“ за торене на земеделските култури включващи правилно определяне и съчетаване на нормата за торене, формата на торовете, начините и сроковете на торене. Основен принцип на тази концепция е принципа, че всяка практика за управление на храненето на растенията или група от такива практики трябва да е ефективна. Ефектът от управлението на храненето на растенията се изразява в краткосрочен план в увеличаване на добивите, качеството на земеделската продукция и печалбите, а в дългосрочен план – в запазването на почвеното плодородие и намаляване на замърсяването на околната среда. Основните стимули за проучване на ефективността на минералното хранене като специфично направление в агротехниката на житните култури са високите цени на минералните торове във връзка с енергийната криза и отрицателното влияние на интензивната химизация върху околната среда и качеството на продукцията. Основно се работи в две направления - диференциране и прецизиране на храненето и торенето; и целенасочено създаване на нови генотипи, които използват ефективно и икономично хранителните елементи (Sylvester-Bradley & Kindred, 2009; Johnson, 2004).	
Актуалност на темата Ефективността на използване на азота в повечето случаи намалява с повишаване на количеството внесен елемент на дадена почва и условия на отглеждане. Добивът и износът на елемента обикновено нарастват с повишаване на торовата норма и постепенно достигат до горна граница (плато). Нивото на платото се определя от климатичния и генетичен потенциал на добива. Нормите които повишават добива и износа на даден елемент са големи при ниски нива на този елемент в почвата, т.е.	

когато хранителния елемент е първостепенен ограничаващ добива фактор (Ortiz-Monasterio et al., 2001).

Агрономическите индекси дават точна информация за системи, които са относително стабилни по отношение на почвеното плодородие и когато различията в кореновата система при торените и неторени растения са относително малки и всеки от индексите има различна стойност за интерпретиране (Lobell, 2007). Съвременен преглед на литературни източници посочва повече от 18 различни дефиниции и изчисления за ефективност на хранителните елементи (Foulkes et al., 2009; Glass, 2003). Всеки един от параметрите на ефективност изисква внимателна интерпретация как допринася за ефективно използване на хранителните елементи в земеделските системи. Ефективността на използване на хранителния елемент от тора се изразява с ефективността на възстановяване на торовия елемент от културата. Ефективността на използване на N (или друг хранителен елемент) се измерва с образуваната биомаса като функция на N (или друг хранителен елемент) достъпен за дадената култура (Basra & Goyal, 2002).

Най-често използваните индикатори за ефективност в агрономическите изследвания са осем: (1) ефективност на използване на елемента (NUE); (2) ефективност на усвояване на елемента (NUpE); (3) ефективност на използване на усвояния елемент (NuTE) или вътрешна ефективност на елемента (IE); (4) ефективност на възвръщаемостта или на използване на хранителния елемент от тора (RE); (5) физиологична ефективност на внесения елемент (PE); (6) агрономическа ефективност на внесения елемент (AE); (7) частична продуктивност на елемента (PFP); (8) частичен хранителен баланс или отношение изнесен и внесен елемент (PNB). Те дават оценка за отзивчивостта към торенето, предимно в краткосрочен план (Cassman et al, 2002) и са пряко свързани с Добрите земеделски практики за торене (FBMPs) (Hawkesford, 2012; Snyder & Bruulsema, 2007).

Ефективността на използване на азота (NUE) при житните култури е сложен процес (Hawkesford, 2012). Състои се от две основни и независими под единици – ефективност на усвояване на азота (NUpE) и ефективност на използване на (усвояния) N (NuTE). Ефективността на усвояване NUpE се измерва с общото количество усвоен азот от културата като функция на количеството подвижен (достъпен) азот. Така този индекс измерва способността на културата да поглъща подвижен азот и се определя преди всичко от особеностите на кореновата система като дълбочина на проникване, активност, ефективност на постъпване и придвижване (Guarda et al., 2004). Количеството общ усвоен азот зависи от количеството и размера на надземната биомаса (Salvagiotti et al., 2009). Ефективността на използване на усвояния азот (NuTE) отразява функционирането на надземната биомаса и за ечемика представлява добива зърно като функция на общото количество усвоен азот (зърно + слама). Образуването на въглехидрати за растежа на зърното и добива се определят от архитектурата, активността и продължителността на посева (Godfrey et al., 2010). Нуждата от N през периода на наливане на зърното, обаче изисква ремобилизация от стареенето (така намалена функционална активност) на посева. Следователно жътвеният индекс (HI) и азотния жътвен индекс (NHI) са важни фактори за ефективна продукция при ечемика (Parry & Reynolds, 2007).

Най-често ефективността на земеделските системи се изчислява като отношение на приходите към вложенията в системата и може да се определи по различни начини в зависимост от конкретния интерес (Snyder & Bruulsema, 2007). Аграрните растениевъдни системи представляват сложен комплекс от почва, почвени микроорганизми, корени, растения и редуване на културите в сеитбообращения (Snyder, 2009). Подобряване на ефективността на един компонент може или не може да бъде ефикасно за подобряване на ефективността на земеделската система. Повисока ефективност в кратковременен срок може да води до повече разходи отнесено към по-дълъг срок. По-ниски торови норми в краткосрочен план повишават ефективността на хранителните елементи, дори когато добивите се понижават.

Обаче, в дългосрочен план при по-ниски добиви се получават по-малко растителни остатъци и това повишава риска от ерозия, води до понижаване на органичното вещество в почвата и влошаване на продуктивността на почвата (Snyder & Bruulsema, 2007).

Потенциалната продуктивност на ечемика е сложно съчетание от много компоненти: оптимална структура на кореновата система и надземната част, осигуряващи интензивно усвояване на хранителни вещества и протичане на фотосинтезата; устойчивост на полягане, болести и неблагоприятни стресови условия; оптимално съчетание на елементите на добива и други. Усвояването на азота (и фосфора) определят до голяма степен добивите от ечемика и са причина за донорното лимитиране при наливане на зърното (Alvaro et al., 2008; Marschner, 1997). Във фаза пълна зрялост повече от 80% от азота и фосфора се локализируют в зърното и по-малко от 20% от калия.

Във връзка с енергийната криза и използването на невъзобновяеми ресурси в производството на азотни торове, в световен мащаб нараства интереса на изследователи и производители към по-ефективни генотипи житни култури (Li et al., 2008; Hirel et al., 2007; LaPerche et al., 2006; Guarda et al., 2004; Ortiz-Monasterio et al., 2001) и създаване на стратегии на отглеждане за по-висока ефективност на използване (Foulkes et al., 2009; Shanahan et al., 2008; Raun et al., 2002) и адаптация към ниски нива на азот и фосфор в почвата (Goulding, 2004; Lawlor, 2002). Азотът и фосфорът са най-важните хранителни елементи, които определят количеството на асимилатите, разпределението им и засягат пряко или косвено донорно-акцепторните отношения (Arduini et al., 2006; Muchow, 1988). Добивът може да е ограничен предимно от силата и възможностите на донора за асимилати, от капацитета на акцептора или комбинирано от двете (Borrás et al., 2004). Множество фактори по време на вегетацията влияят върху взаимоотношенията донор-акцептор, най-важни от които са генотип, торене, температура, валежи (Mohammadi & Amri, 2009; Modhej et al., 2008; Miralles & Slafer, 2007; Rharrabti et al., 2003).

Наливането на зърното се извършва за сметка на текуща асимилация и на асимилати натрупани преди цъфтежа и временно съхранени в листата, стъблата, класовете и други вегетативни части на растенията (Austin et al., 1980; Van Sanford & MacKown, 1987). Временните въглеродни резерви във вегетативните части са под форма на водоразтворими въглехидрати главно фруктани (Kühbauch & Thome, 1989). При наливане на зърното стъблата могат да загубят до 50% от сухото си тегло и загубите са почти изцяло (90-100%) под форма на фруктани (Gent, 1994). Сухата биомаса на надземните вегетативни части на ечемика обикновено намалява след цъфтежа Austin et al. (1980). Според други автори (Spiertz & Ellen, 1978; Bell & Incoll, 1990) масата остава без промяна за около три седмици след цъфтежа, въпреки че зърното продължава да акумулира с висока скорост сухо вещество. Това повишаване на теглото му се дължи предимно на акумулиране на водоразтворими въглехидрати (Kühbauch & Thome, 1989; Bonnett & Incoll, 1992). В този период от наливане на зърното максималното количество на фруктани и други водоразтворими въглехидрати е два до четири пъти по-високо от това в цъфтеж (Schnyder, 1993). Следцъфтежната асимилация като донор на биомаса за наливане на зърното зависи от фотосинтезиращата площ на посева. Тя намалява в резултат на естествено стареене, под влияние на различни стресови състояния и изчерпване на въглерода и азота, използвани за наливане на зърното (Austin et al., 1980; Gaunt & Wright, 1992). Загубите също се дължат на дишане на вегетативните части през периода след цъфтеж (Rawson & Evans, 1971; Austin et al., 1980).

Използването на резервите произхождащи от доцъфтежната асимилация обикновено се изчислява от нето загубата на суха биомаса на вегетативните части от цъфтеж до зрялост. Този подход предполага, че понижаването на надземна вегетативна маса между цъфтеж и зрялост се дължат предимно на мобилизация на резервите. Участието на натрупаните асимилати в цъфтеж в наливане на зърното и масата му зависи от количеството биомаса, което е мобилизирано между фазите

цъфтеж и зрялост и ефективността на включване на мобилизираната маса в зърното (Gebbing *et al.*, 1999). Участието на доцъфтежните резерви в добива зърно на ечемика може да варира от много ниско до над 74% при силно засушаване в периода след цъфтежа (Gallagher *et al.*, 1975).

Разпределението на биомасата се определя от броя и активността на акцептора и броя зърна е тясно свързан с наличието на асимилати в цъфтеж (Guitman *et al.*, 1991; Wardlaw, 1990). При неполивни условия е важно да се повиши до максимална степен транслокирането (преизползването) на суха маса тъй като може да спомогне за по-висок добив. Подходяща селекция на сортове в допълнение на отглеждането на културите може да повиши ефективността на преизползване на сухата маса (Cox *et al.*, 1985ab).

Усвояването на фосфор продължава през целия жизнен цикъл на растенията и за разлика от усвояването на азот, продължава до физиологична зрялост (Batten, 1992). Съществува значителна ремобилизация на фосфор от листата и стъблата към растящото зърно по време на наливането му (Papakosta, 1994). Ремобилизацията на фосфора зависи от генотипа, подвижните фосфати в почвата, условията на отглеждане (суша, високи температури, засоляване) и гъстотата на посева. Малко са проучванията в света на донорно-акцепторните процеси по отношение на фосфора, специално при полски условия (Masoni *et al.*, 2007; Prystupa *et al.*, 2004).

Азотът е ключов хранителен елемент за добив и качество от пивоварния ечемик. Бързият ефект на азота го прави предпочитан елемент от земеделските производители и само при отчитане на влиянието на всички съществени фактори може да се постигне висока ефективност от използваните торове. Необходимо е практиките с цел оптимизиране на азотно торене да бъдат ефективни в агрономически, икономически и екологически аспект. В тази връзка научните изследвания с пивоварен ечемик у нас и в други страни с интензивно земеделие са недостатъчни. Ечемикът се отглеждат предимно на неполивни площи, където стресови условия през периода на наливане на зърното могат да ограничат продуктивността и да повишат зависимостта на добива от резервни асимилати. Подобро разбиране на взаимоотношенията между вегетативните резерви и зърното при пивоварния ечемик е важно за адаптиране към неблагоприятни външни въздействия, основно свързани с климатичните промени като чести засушавания и други външни фактори, които водят до модифициране на добива зърно (Borras *et al.*, 2004). Стремежа за устойчиво земеделско производство и прилагане на добри земеделски практики изискват комплексна оценка за ефективността на хранителния режим и климатичните промени върху добивите и качеството на продукцията.

ЦЕЛ: Да се установи ефективността на използване на азот, внесен с минерални торове при пивоварен ечемик и възможността за оптимизиране на азотното торене, чрез използване на съвременни подходи и индикатори за ефективност на хранителните елементи.

Задачи за осъществяване на целта:

1. Да се установи ефекта на азотното торене върху продуктивността и основни качествени показатели при ечемика.
2. Да се проучат основни индикатори за агрономическа, енергийна и икономическа ефективност на азотното торене.
3. Да се проучи ефективността на азотното торене в акумулирането, преразпределението и преизползването на суха маса, азот и фосфор между вегетативните органи и зърното.
4. Да се оцени комплексното влияние на температурата на въздуха и валежите през вегетацията на ечемика върху ефективността на азота.
5. Да се установят математически зависимости на продуктивността, качеството на зърното и основни параметри за ефективност на азота с цел оптимизиране на азотното торене при ечемика.

МЕТОДИЧНА И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ПОСТАНОВКА

1. Растителен материал

Сорт Емон е дългогодишен стандарт за зимен двуреден ечемик, създадени в Института по Земеделие – Карнобат. Имат ясно изразен зимно – пролетен тип на развитие, средно високи стъбла със средно плътни, осилести класове.

2. Експериментална постановка.

Ще бъдат изведени два опита през периода 2024-2027 г. в експерименталната база на катедра Агрохимия и почвознание, Аграрен Университет – Пловдив върху алувиална ливадна почва Mollic fluvisols (ФАО 2006) при неполивни условия. Опитите ще бъдат заложени в четирикратна повтораемост с големина на опитната парцелка 18 m².

Първи полски опит: Ще се проучва влиянието на нарастващи норми на азотно торене от 0 до 12 kg N/da:

1. Контрола - N₀
2. N₄
3. N₈
4. N₁₂

Азотното торене ще се извърши като подхранване с NH₄NO₃ на фона на предсеитбено торене с NP.

Схема на опита

N ₁₂	N ₀	N ₄	N ₈
N ₄	N ₈	N ₁₂	N ₀
N ₈	N ₁₂	N ₀	N ₄
N ₀	N ₄	N ₈	N ₁₂

Втори полски опит: Ще се проучва влиянието на нарастващи дози от листен тор NitroTOP^{NG} на Френска компания Суфле със състав: 23,1% Общ азот (15,4% Азот под формата на урея, 7,7% Азот под формата на урея-формалдехид, 2,34% Водоразтворим магнезиев оксид (MgO), 4,68% Водоразтворим серен триоксид (SO₃)

1. Контрола – 0 L/da
2. 1 L/da
3. 2 L/da
4. 3 L/da

Схема на опита

3 L/da	N ₀	1 L/da	2 L/da
1 L/da	2 L/da	3 L/da	N ₀
2 L/da	3 L/da	N ₀	1 L/da
N ₀	1L/da	2 L/da	3 L/da

Ще бъдат извършени фенологични наблюдения за настъпване на фенофазите (Zadoks et al., 1974), за поява на евентуални визуални признаци като

пожълтяване на листата или друга промяна в растенията. През периода на проучване ще се отчита стойностите на температурата на въздуха и количеството на валежите.

3. МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕ

3.1. Почвени анализи

Ежегодно преди вегетацията и след жътвата ще се проследяват основни почвени агрохимични показатели – pH, подвижни форми на хранителните елементи в почвата.

3.2. Растителни анализи

- количество на надземната суха биомаса във фази вретенене, цъфтеж и зрялост (kg/da)
- добив на зърно и зърнен протеин (kg/da)
- жътвен индекс на добива – отношение на добива зърно към надземния биологичен добив
- маса на 1000 зърна (g) - чрез претегляне на 2 проби по 500 семена – БДС 13358-76
- хектолитрова маса (kg) с либра (БДС 13381-76)
- съдържание на суров протеин в зърното (ISO 20483:2013)
- съдържание (%) и извличане (kg/da) на азот, фосфор и калий във фази вретенене, цъфтеж и зрялост
- общ износ (kg/da) и разход (kg/100 kg зърно) на N, P и K
- жътвени индекси на N, P и K – отношение на N, P и K в зърно към N, P и K в надземния биологичен добив
- отношение жътвен индекс на азота / жътвен индекс на добива

За растителните анализи ще се вземат метровки в четирикратна повтораемост, които ще се сушат при 60°C до постоянно тегло. Сухите растителни проби ще се смелят и минерализират с концентрирана H_2SO_4 при катализатор H_2O_2 . В тях ще се определя общото съдържание на азот, фосфор и калий (Томов и др., 2009).

3.3. Показатели за оценка на ефективността на азотното торене

- Частична продуктивност на азота (PFP-N; ЧП-N) – отношение добив зърно (зърнен протеин) към внесения азот (kg зърно или протеин за kg N).
 $ЧП-N = D/T$
- Агрономическа ефективност на азота (AE-N) - отношение на разликата (добив с торене – добив без торене) към N торова норма (kg увеличение на добива зърно или протеин за kg внесен N).
 $AE = (D_T - D_0)/T$
- Частичен хранителен баланс на азота (PNB-N; ЧХБ-N) – отношение изнесен N с добива и внесен N (T).
 $ЧХБ-N = N_{добив}/T$
- Ефективност на възстановяване (използване) на N от тора (RE-N; EB-N) - отношение на разликата усвоен N с торене и без торене към торовата норма (T); (kg увеличение в усвояването на азот за kg внесен елемент).
 $EB-N = (Усвоен N_{Торене} - Усвоен N_0)/T$
- Физиологична ефективност на внесен азот (PE-N; ФЕ-N) – отношение на разликата добив с торене и без торене, към разликата усвоен N с торене и без торене; (kg увеличение на добива зърно или протеин за kg увеличение в усвояването на N от тора).
 $ФЕ = (D_{Торене} - D_0)/(Усвоен N_{Торене} - Усвоен N_0)$
- Вътрешна ефективност на използване на азота (NUE-N; BEI-N) - отношение на добив зърно (протеин или надземна биомаса) към общия усвоен N в зрялост.

ВЕИ = Д/ Усвоен N

Показателите за ефективност на азотното торене са задължителна част от добрите земеделски практики по торене и се изчисляват съгласно общоприети методи (Dobermann, 2007; Fixen, 2009; Murrell, 2011; Snyder, 2009).

- Икономическа оценка на ефективността на N торене, изразена с икономическите показатели чист доход, норма на рентабилност и възвръщаемост на един лев разходи, свързани с използването на торове
- Енергийната ефективност на N торене по Минеев (2004): $\eta = E/A$, където E - енергията, получена в допълнителния добив зърно от N торене и A - енергоразходи на внесения N тор

3.4. Показатели за ефективност в преразпределяне и преизползване на сухата биомаса, азота и фосфора – по Cox *et al.* (1985a,b; 1986), Papakosta & Gagianas (1991), Youngquist & Maranville (2008)

- Нетна акумулация на суха маса, (DM; CM), азот (N), фосфор (P) след цъфтежа (kg/da):
CM, N, P в зрялост – CM, N, P в цъфтеж = $\pm$ Загуба или Печалба на CM, N, P
- Процент на загубата или печалбата на суха маса, азот, фосфор след цъфтежа:
 $\% \text{ Загуба или печалба на CM, N, P} = (\text{CM, N, P загубени или спечелени} / \text{CM, N, P в цъфтеж}) \times 100$;
- Реутилизация (преизползване) на сухата маса (DMR; PCM), азота (NR; PN), фосфора (PR; PP), усвоени до цъфтежа към зърното (kg/da):
PCM, PN, PP = PCM, PN, PP в цъфтеж – PCM, PN, PP в зрялост без зърното;
- Ефективност на преизползването (%) на сухата маса (DMRE; EPCM), азота (NRE; EPN), фосфора (PRE; EPP):
EPCM, EPN, EPP = $(\text{PCM, PN, PP} / \text{CM, N, P в цъфтеж}) \times 100$;
- Участие на ремобилизираната суха маса, азот, фосфор в зърното:
 $\text{PCM3} = (\text{PCM, PN, PP} / \text{добив зърно}) \times 100$
 $\text{PN3, PP3} = (\text{PN, PP} / \text{азот, фосфор в зърното}) \times 100$

3.5. Математически методи

При анализ на експерименталните данни ще се използват методи на дисперсионен, вариационен, корелационен и регресионен анализ. Основно ще се използва статистически пакет на програма SPSS.

V. ЛИТЕРАТУРА

- Alvaro F, Isidro J, Villegas D, García del Moral LF, Royo C., 2008. Breeding effects on grain filling, biomass partitioning, and remobilization in Mediterranean durum wheat. *Agron. J.* 100: 361-370
- Arduini, I., Masoni, A., Ercoli, L., Mariotti, M., 2006. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. *Eur. J. Agron.* 25, 309–318
- Austin, R.B., M.A. Ford, J.A. Edrich & R.D. Blackwell, 1977. The nitrogen economy of winter wheat, *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 88: 159-167
- Basra. A.S., S.S. Goyal, 2002 Mechanisms of improved nitrogen-use efficiency in cereals. In: Kang, M.S. (Ed.). *Quantitative genetics, genomics and plant breeding*. CABI publishing, pp. 269–288.
- Batten, G.D., 1992. A review of phosphorus efficiency in wheat. *Plant Soil* 146, 163–168
- Bell C., Incoll L. 1990. The redistribution of assimilate in field-grown winter wheat. *Journal of Experimental Botany* 41: 949–960
- Borras L., Slafer, G.A., Otegui, M.E., 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crop Res.* 86, 131–146
- Bonnett GD, & L.D. Incoll, 1992. The potential pre-anthesis and post-anthesis contributions of stem internodes to grain yield in crops of winter barley. *Annals of Botany* 69: 219–225

- Cox, M.C., Qualset, C.O., Rains, D.W., 1985a.** Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. I. Dry matter and nitrogen accumulation. *Crop Sci.* 25, 430–435
- Cox, M.C., Qualset, C.O., Rains, D.W., 1985b.** Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. II. Nitrogen assimilation in relation to grain yield and protein. *Crop Sci.* 25, 435–440
- Dobermann A. 2007.** Nutrient use efficiency – measurement and management. In: Krauss A, Isherwood K, Heffer P, editors. *Proceedings of the IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices*, 7–9 March 2007; Brussels, Belgium. Paris, France: International Fertilizer Industry Association, pp. 1–28.
- Dordas C., 2009.** Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation, partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source–sink relations, *Europ. J. Agronomy* 30, 129–139
- Ercolia L., Lullib L., Mariottib M., Masoni A., Iduna Arduinio I., 2008.** Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability, *European Journal of Agronomy*, Volume 28, Issue 2, 138–147
- Fixen, P. 2009.** Nutrient Use Efficiency in the Context of Sustainable Agriculture, In J. Espinosa and F. García (Eds.), *Nutrient Use Efficiency*, International Plant Nutrition Institute (IPNI), USA, 1–10.
- Foulkes M.J., M.J. Hawkesford, P.B. Barracloughb, M.J. Holdsworth, S. Kerr et al. 2009.** Identifying traits to improve the nitrogen economy of wheat: Recent advances and future prospects, *Field Crops Research* 114, 329–342
- Gallagher, J., P.V. Biscoe & R.K. Scott, 1975.** Barley and its environment, V. Stability of grain weight, *Journal of Applied Ecology* 12: 319–336
- Gaunt R., A. Wright, 1992.** Disease–yield relationship in barley. II. Contribution of stored stem reserves to grain filling, *Plant Pathology* 41, 688–701
- Gebbing, T., H. Schnyder & W. Kühbauch, 1999.** The utilization of pre-anthesis reserves in grain filling in wheat, Assessment by steady-state $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ labelling, *Plant Cell and Environment*, 22: 851–858
- Gent M., 1994.** Phosynthate reserves during grain filling in winter wheat. *Agronomic Journal* 86, 159–167
- Glass, A. 2003.** Nitrogen use efficiency of crop plants: physiological constraints upon nitrogen absorption. *Critical Reviews in Plant Sciences* 22, 453–470.
- Godfrey, D., M.J. Hawkesford, S. Powers, S. Millar, and P.R. Shewry, 2010.** Effects of Crop Nutrition on Wheat Grain Composition and End Use Quality, *J Agric Food Chem* 58, 3012–3021.
- Goulding, K.W.T., 2004.** Minimising losses of nitrogen from UK agriculture. *J. R. Agric. Soc. Engl.* 165, 1–11
- Guarda, G., Padovan, S., Delogu, G., 2004.** Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *Eur. J. Agron.* 21, 181–192
- Guitman M R, Arnozis R A and Barneix A. 1991** Effect of souce–sink relations and nitrogen nutrition on senescence and N remobilization in the flag leaf of wheat. *Physiol. Plant.* 82, 278–284.
- Hawkesford M.J. 2012.** The Diversity of Nitrogen Use Efficiency for Wheat Varieties and the Potential for Crop Improvement, *Better Crops*, Vol. 96, 3, 10–15.
- Hirel, B., Le Gouis, J., Ney, B., Gallais, A., 2007.** The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *J. Exp. Bot.* 58, 2369–2387
- Johnson A, 2004.** *Agricultural nutrients and climate change*, Crop nutrients and the environment, Progress Knowledge, Canada, 202–211
- Kuhbauch, W., Thome, U., 1989.** Nonstructural carbohydrates of wheat stems as influenced by sink–source manipulations. *J. Plant Physiol.* 134, 243–250
- Ladha, J.K., H. Pathak, T.J. Krupnik, J. Six and C. van Kessel, 2005.** Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. *Adv. Agron.* 87: 85–156.
- LaPerche, A., Brancourt-Hulmel, M., Heumez, E., Gardet, O., Le Gouis, J., 2006.** Estimation of genetic parameters of a DH wheat population grown at different N stress levels characterized by probe genotypes. *Theor. Appl. Genet.* 112, 797–807
- Lawlor, D.W., 2002.** Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. *J. Exp. Bot.* 53, 773–787
- Li, Z., Li, B., Tong, Y., 2008.** The contribution of distant hybridization with decaploid, *Agropyron elongatum* to wheat improvement in China. *J. Genet. Genomics* 35, 451–456
- Lobell, D. 2007.** Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming, *Environmental Research Letters* 2,1–7.

- Marschner, H., 1997.** Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, 379–395
- Masoni, A., Ercoli, L., Mariotti, M., Arduini, I., 2007.** Post-anthesis accumulation and remobilization of dry matter, nitrogen and phosphorus in durum wheat as affected by soil type. *Eur. J. Agron.* 26, 179–186
- Mineev, V. 2004.** Agrochemistry, University of Moscow, 710-714.
- Miralles DJ, Slafer GA. 2007.** Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced? *Journal of Agricultural Science* 145, 139–149
- Modhej, A., A. Naderi, Y. Emam, A. Ayneband, and Gh. Normohamadi. 2008.** Effect of post anthesis heat stress and nitrogen levels on grain yield in wheat (*T. durum* and *T. aestivum*) genotypes. *International Journal of Plant Production* 2:257-268.
- Mohammadi, R., A. Amri. 2008.** Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica* 159:419-432
- Muchow, R.C., 1988.** Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. I. Leaf growth and leaf nitrogen, *Field Crops Res.* 18, 1–16
- Murrell T. 2011.** Nutrient Use Efficiency: A Midwest Perspective, Nutrient Efficiency & Management Conference, Rochester MN. IPNI, USA, 23-24.
- Ortiz-Monasterio, J.I., Manske, G.G.B., van Ginkel, M., 2001.** Nitrogen and phosphorus use efficiency. In: Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio, J.I., McNab, A. (Eds.), *Application of Physiology in Wheat Breeding*. CIMMYT, Mexico, 200–207
- Papakosta, D.K., 1994.** Phosphorus accumulation and translocation in wheat as affected by cultivar and nitrogen fertilization. *J. Agron. Crop Sci.* 173, 260–270
- Papakosta, D.K., Gagianas, A.A., 1991.** Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. *Agron. J.* 83, 864–870
- Palta, J.A., Kobata, T., Turner, N.C., 1994.** Carbon and nitrogen in wheat as influenced by postanthesis water deficits, *Crop Sci.* 34, 118–124
- Prystupa P, Slafer GA, Savin R. 2004.** Grain number and its relationship with dry matter, N and P in the spikes at eading in response to NxP fertilization in barley. *Field Crops Research* 90, 245–254
- Przulj, N., Momcilovic, V., 2001a.** Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley. I. Dry matter translocation. *Eur. J. Agron.* 15, 241–254
- Przulj, N., Momcilovic, V., 2001b.** Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley. II. Nitrogen translocation. *Eur. J. Agron.* 15, 255–256
- Raun, W.R., Solie, J.B., Johnson, G.V., al., 2002.** Improving nitrogen-use efficiency in cereal grain production with optical sensing and variable rate application. *Agron. J.* 94, 351–815
- Rawson H., L. Evans, 1971.** The contribution of stem reserves to grain development in a range of wheat cultivars of different height, *Australian Journal of Agricultural Research* 22, 851-863
- Rharrabtia, Y. D. Villegasb, C. Royob, V. Martos-Núñez et al., 2003.** Durum wheat quality in Mediterranean environments: II. Influence of climatic variables and relationships between quality parameters, *Field Crops Research*, Volume 80, Issue 2, 20, 133-140
- Salvagiotti F., J. M. Castellari, D. Miralles, H. Pedrol. 2009.** Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake, *Field Crops Research* 113, 170–177.
- Schnyder, H., 2009.** The role of carbohydrate storage and redistribution in the source-sink relations of wheat and barley during grain-filling: a review, *New Phytologist* 123: 233–245
- Snyder, C., T., Bruulsema, 2007.** Nutrient Use Efficiency and Effectiveness in North America: Indices of Agronomic and Environmental Benefit. International Plant Nutrition Institute. Norcross. GA. pp 3-15.
- Shanahan, J.F., Kitchen, N.R., Raun, W.R., Schepers, J.S., 2008.** Responsive in-season nitrogen management for cereals. *Comput. Electron. Agric.* 61, 51–62
- Spiertz J., Ellen J., 1978.** Effects of nitrogen on crop development and grain growth of winter wheat in relation to assimilation and utilization of assimilates and nutrients. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 25: 210–231.
- Sylvester-Bradley, R., D. R. Kindred, 2009.** Analysing nitrogen responses of cereals to prioritize routes to the improvement of nitrogen use efficiency, *Journal of Experimental Botany*, Vol. 60, No. 7, 1939–1951
- Van Sanford, D., C. MacKown, 1987.** Cultivar differences in nitrogen remobilization during grain fill in soft red winter wheat, *Crop Science* 27: 295-300
- Youngquist J. B., J. W. Maranville, 2008.** Patterns of nitrogen mobilization in grain sorghum hybrids and the relationship to grain and dry matter production, *Journal of Plant Nutrition*, Volume 15, 1992 - Issue 4, 445-455.

Wardlaw, I.F., 1990. The control of carbon partitioning in plants, *New Phytol.* 116, 341–381

Методичен план		
ПЪРВА ГОДИНА		
Дейност	Период	Кредити
Научноизследователска работа	2024	15
Годишен отчет	2024	10
Сума за I година		25
ВТОРА ГОДИНА		
Дейност	Период	Кредити
Участие в международна конференция	2025	5
Научноизследователска работа	2025	15
Научна публикация (1 бр.)	2025	10
Годишен отчет	2025	10
Сума за II година		40
ТРЕТА ГОДИНА		
Дейност	Период	Кредити
Участие в международна конференция	2026	5
Научна публикация (2 бр.)	2026	10
Научноизследователска работа	2026	20
Годишен отчет	2026	10
Вътрешна защита	2027	50
Сума за III година		95
Общо за курса		207

Научен ръководител:
(проф. д-р Светла Костадинова)

Докторант:
(Веселин Севов)