

РАМ-ФЛУОРИМЕТРИЯ РАСТЕНИЙ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ ДИАЗОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ В РИЗОСФЕРУ ЗЕРНОФУРАЖНЫХ КУЛЬТУР

О.А. Юсова, к.с.-х.н., Н.Н. Шулико, к.с.-х.н., П.Н. Николаев, к.с.-х.н.,
ФГБНУ «Омский АНЦ»

644012, Россия, г. Омск, пр-т Королева, 26, shuliko@anc55.ru

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-10064,
<https://rscf.ru/project/23-76-10064/>.

Климатические изменения воздействуют на протекание биохимических и физиологических процессов в растениях, структуру мембран, фотосинтез, что оказывает влияние на формирование урожайности. РАМ-флуориметрию широко применяют для фиксации и диагностики параметров флуоресценции фотосинтезирующих пигментов, участвующих в защитных реакциях. Исследования выполняли в условиях Западной Сибири на ячмене сорта Омский 101, овсе сорта Сибирский геркулес. Предпосевную бактеризацию семян осуществляли инокулятом diaзотрофных бактерий родов *Arthrobacter mysoarens* 7 и *Flavobacterium* sp. Предпосевная бактеризация семян ярового ячменя способствовала росту эффективного квантового выхода первичной фотохимической реакции на свету (+2,9-13,1% к контролю) и доли энергии возбуждения (+13,2-200,0 % к контролю). Из зернофуражных культур ячмень в наибольшей степени отзывчив на применение биопрепарата Мизорин, прибавка зерна составила 0,69 т/га к контролю. Тесная взаимосвязь перечисленных показателей подтверждается коэффициентами корреляции: выход первичной фотохимической реакции на свету с активностью азотфиксации ($r=0,715$); доля энергии возбуждения с активностью азотфиксации ($r=0,508$), с урожайностью ($r=0,526$).

Ключевые слова: инокуляция, зернофуражные культуры, урожайность, РАМ-флуориметрия, индекс флуоресценции, корреляция.

Для цитирования: Юсова О.А., Шулико Н.Н., Николаев П.Н. Рам-флуориметрия растений при интродукции diaзотрофных бактерий в ризосферу зернофуражных культур// Плодородие. – 2025. – №3. – С. 12-16.
DOI: 10.25680/S19948603.2025.144.03.

Регуляция энергетического обеспечения биогенеза фотосинтетического аппарата является одной из важных и недостаточно изученных проблем физиологии, биохимии и мембранной биофизики растений, тесно связанной с механизмами взаимодействия внутриклеточных органелл. Имеются данные, указывающие на достаточно строгое количественное сцепление биогенеза мембранной системы хлоропластов с энергетическими процессами, происходящими в цитоплазме и митохондриях растений [1]. С использованием метода РАМ-флуориметрии возможна оценка эффективности функционирования переносчиков электронов в тилакоидных мембранах в переходных состояниях темнота – свет [2].

Известно, что воздействие повышенных температур, например в летний период, характерное для условий Западной Сибири, приводит к значительному изменению водного баланса растений, оказывает влияние на протекание биохимических и физиологических процессов, структуру мембран, нарушает процессы фотосинтеза [3]. В данных условиях происходят изменение экспрессии генов, содержания микро- и макромолекул в клетках, нарушение клеточного метаболизма и др., что относится к адаптационным механизмам растения [4, 5]. Особенно отчетливо данные механизмы проявляются при переходе фотосинтетического аппарата из состояния полной адаптации к темноте к адаптации к свету [6]. Наиболее чувствительна к повреждающим воздействиям световая стадия фотосинтеза [7].

РАМ-флуориметрию широко применяют для фиксации и диагностики параметров флуоресценции фотосинтезирующих пигментов, участвующих в защитных реакциях, так как сложные органические соединения

обладают способностью флуоресцировать при оптическом возбуждении с квантовым выходом [8]. Наличие взаимосвязи между данными процессами имеет большое значение для практического применения метода флуоресценции хлорофилла [9].

Различные виды азотфиксирующих бактерий успешно колонизируют корни, стебли и листья растений. Во время ассоциации бактерии приносят пользу хозяину, заметно увеличивая рост растения, силу и урожайность. Внесение в почву (с семенами) активных штаммов ризосферных микроорганизмов в большинстве случаев обеспечивает существенный рост интенсивности связывания атмосферного азота в злаковых агроценозах. Интродукция ризосферных бактерий *Arthrobacter mysoarens* 7 и *Flavobacterium* sp. стимулирует рост растений вследствие подавления фитопатогенных микроорганизмов, увеличения доступности в почве и поглощения растениями питательных элементов и активизации микробиологической азотфиксации в ризосфере [10].

Вопросы эффективности внесения этих бактерий в ризосферу зерновых, их воздействие на интенсивность роста и развития растений, а также урожайность, в условиях Западной Сибири изучены недостаточно.

Цель исследований – изучить влияние средств биологического земледелия на интенсивность роста и развития зернофуражных культур Омской селекции в условиях Западной Сибири.

Методика. Исследования проведены в полевом опыте южной лесостепи Омской области. Изучалось влияние биопрепаратов Мизорин и Флавобактерин на интенсивность роста и развития зернофуражных культур.

Схема опыта: агрокультура (фактор А) – яровой овес, яровой ячмень; бактериальный препарат для инокуляции семян (фактор В) – без препарата, Мизорин, Флаво-бактерин.

Инокуляцию семян проводили в день посева рекомендованной дозой. Площадь одной делянки – 13,5 м² (15 х 0,9), предшественник – пар. Повторность вариантов 4-кратная. Площадь под опытом 942 м². Отбор проб почвы ризосферы проводили в фазы развития растений: кущение (июнь), колошение (июль), налив зерна (август). Предшественник – чистый пар. Посев культур осуществляли в оптимальные сроки с проведением комплекса весенне-полевых работ рекомендованной нормой высева, сортами, включёнными в Государственный реестр селекционных достижений с допуском по Западно-Сибирскому региону.

Почва опытного участка лугово-черноземная среднесуглинистая. Содержание в пахотном (0-20 см) слое гумуса – 6,5%, общего азота – 0,32%, рН_{водн.} 6,5. Содержание нитратного азота в почве до 10 мг/кг в слое 0-20 см (очень низкое), подвижного фосфора и калия (по Чирикову), соответственно, 120 и 297 мг/кг (высокое и очень высокое).

Азотфиксирующую активность ризосферы определяли при помощи ацетиленового метода по восстановлению ацетилена в этилен методом газовой хроматографии на газовом хроматографе "Хроматэк – Кристалл 5000" [11].

Флуориметрия растений проведена посредством импульсного портативного флуориметра MINI-PAM-II по следующим показателям:

Y (II) (ФС II) – эффективный фотохимический квантовый выход, скорость электронного транспорта (ETR); около 90 % флуоресценции излучается хлорофиллами, входящими в состав комплексов фотосистемы II (ФС II), остальная же часть флуоресценции излучается фотосистемой I (ФС I).

NPQ, qN – показатели фото- и нефотохимического тушения флуоресценции ФС II (qP и qL);

Fv/Fm (ФС II) – максимальный фотохимический квантовый выход нефотохимического тушения на свету [Y (NPQ)] и в темноте [Y (NO)]. Для большинства видов растений его величина составляет около 0,7–0,8, уменьшение этого значения может свидетельствовать о стрессовом состоянии растения и о частичном повреждении ФС II;

Fm – максимальная флуоресценция (максимальный фотохимический выход ФС II), данный коэффициент часто используют, когда необходимо оценить отклик фотосинтеза на высокий уровень освещения;

Ft – текущий выход флуоресценции в свете;

Fo – выход флуоресценции при отсутствии актинического света (возбуждается измерительным светом с очень низкой интенсивностью, сохраняющим все реакционные центры ФС II открытыми).

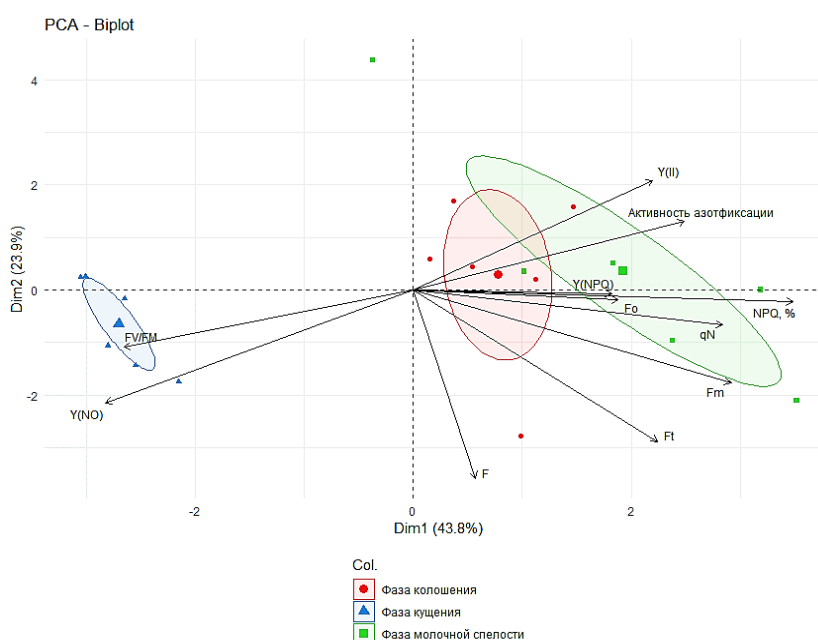
Работа прибора MINI-PAM-II заключается в том, что во время импульсной вспышки света выход флуоресценции достигает значения, равного тому, которое было бы достигнуто при отсутствии какого-либо фотохимического гашения, максимальной флуоресценции – Fm. Сравнение этого значения с текущим выходом флуоресценции в свете (Ft) и выходом флуоресценции при отсутствии актинического света (Fo) дает информацию об эффективности фотохимического выхода и, соответственно, о производительности PSII [12].

Измерения проводили на 10 флаговых листьях каждой культуры в фазах колошения и молочной спелости.

Определены эффекты аддитивных и мультипликативных взаимодействий (АММИ анализ) [13, 14].

Математическую обработку полученных данных проводили методами вариационной статистики [15] (среднее арифметическое, стандартное отклонение) с использованием программного пакета Microsoft Office Excel 2007.

Результаты и их обсуждение. Согласно данным, представленным на рисунке а, происходило изменение определяющих развитие индексов флуориметрии, в зависимости от фазы развития растений.



а

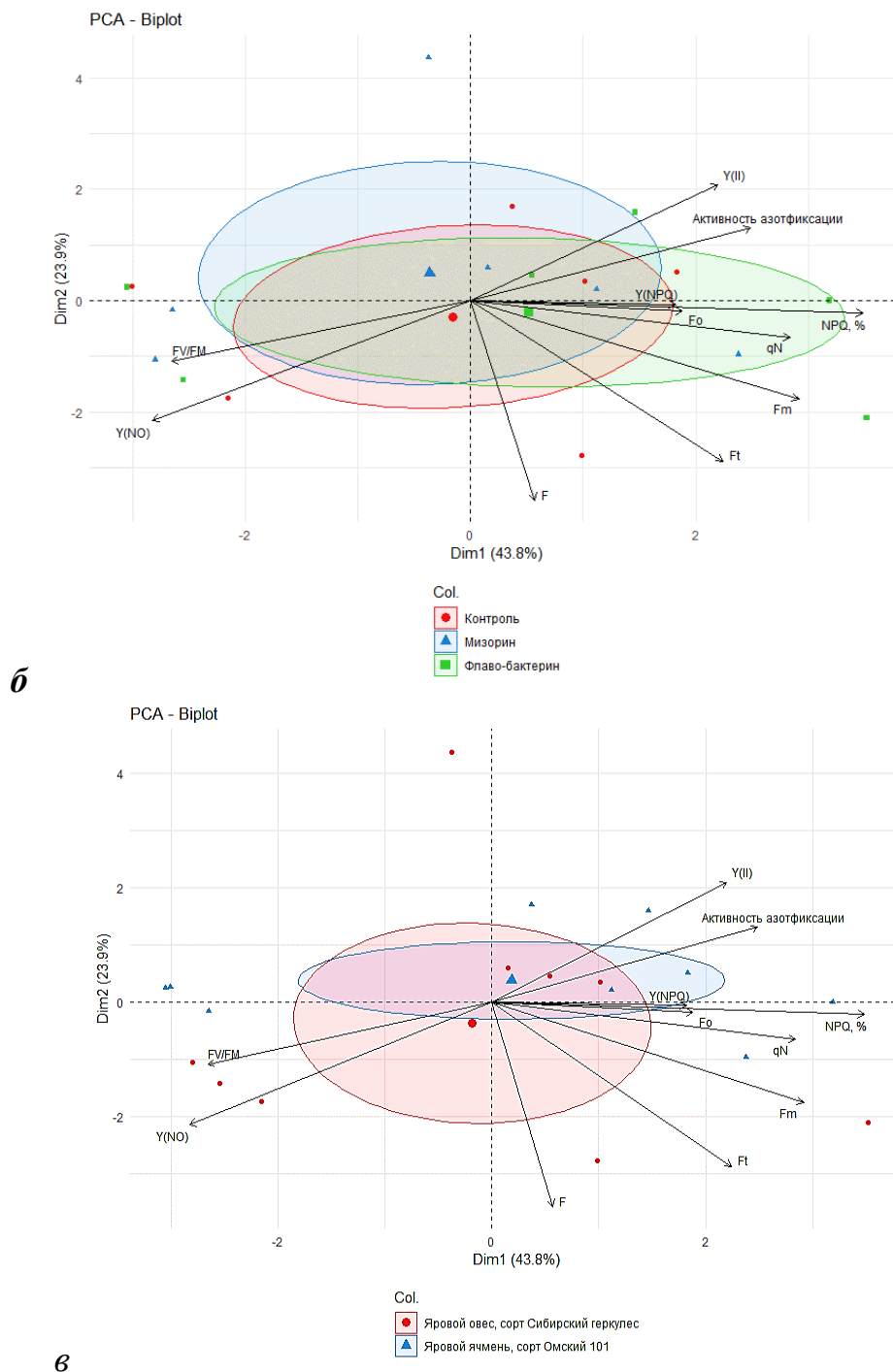


Рис. Анализ главных компонент показателей индексов импульсного портативного флуориметра MINI-PAM-II в зависимости от: *a* – фазы развития растений, *б* – фона обработки семян, *в* – возделываемых культур; ось Dim1 показывает вклад в дисперсию первой главной компоненты, Dim2 – вклад в дисперсию второй главной компоненты; эллипс концентрации характеризует достоверность каждой группы

Так, в фазе кущения отмечено стрессовое состояние растений (FV/FM составило 0,697-0,748 у ячменя, 0,657-0,791 у овса), в последующие фазы происходило его снижение на 13-25 %. Также в данной фазе наблюдался повышенный выход прочих нефотохимических потерь Y(NO), который составил 0,280-0,319 у ячменя, 0,279-0,368 у овса, в последующих фазах данный показатель снизился на 29-69 и 6-73% соответственно. Параллельные исследования активности азотфиксации показали снижение её при обработке семян Флавобактерином: на 7% (ячмень), на 20 (овес) и активацию на 291% при обработке семян Мизорином (овес).

Индексы FV/FM и Y(NO) относятся к 3-й группе биplotа, которая отрицательно коррелирует с 1-й группой (куда входят эффективный квантовый выход первичной

фотохимической реакции в ФСII на свету Y(II), доли энергии возбуждения, которая рассеивается в виде тепла посредством фотопротекторных механизмов, используются показатель Y(NPQ) и активность азотфиксации). Таким образом, можно предположить, что активность азотфиксации будет способствовать снижению стрессового состояния растений, а с увеличением Y(NPQ) будет снижаться выход прочих нефотохимических потерь Y(NO).

В фазе налива зерна усиливалась активность азотфиксации (+38% на ячмене, при обработке Флавобактерином, +26% на овсе при обработке Мизорином), а также вырастает роль следующих индексов:

- Y(NPQ) – в 3-5 раз у ячменя и в 7-11 раз у овса,

- выход флуоресценции при отсутствии актинического света (F_0) – на 48-65 и 15-32% соответственно,
- отклик на высокий уровень освещения (F_m) – на 93-122 и 17-61%,
- показатель фотохимического тушения флуоресценции ФС II (NPQ) – в 4,7-11 раз,
- показатель нефотохимического тушения флуоресценции ФС II (q_N) – в 3,9-21,3 раз по отношению к фазе кушения.

Отмечается изменение индексов флуориметрии, в зависимости от фона обработки биопрепаратом (рис. б). У ярового ячменя отмечено превышение над контролем по $Y(II)$ в течение всего периода вегетации на фоне обработки как Мизорином (на 2,9-8,7%) так и Флавобактерином (на 3,5-13,1%). У овса повышенное значение $Y(II)$ наблюдалось в фазе колошения по Флавобактерину (+8,9% к контролю) и в фазе налива зерна по Мизорину и Флавобактерину (+24,7 и 11,1 % соответственно).

Повышенные значения $Y(NPQ)$ отмечены у ячменя в фазе колошения на фоне обработки Мизорином и Флавобактерином (+13,2 и +24,6 % к контролю), а также в фазе налива зерна по Мизорину (в 2 раза выше контроля). У овса превышение над контролем данного показателя по двум фонам обработки наблюдалось в фазах кушения (в 14,8 и 1,4 раза выше контроля) и колошения (в 32,5 и 9,5 раз выше контроля), в фазе налива зерна – по Флавобактерину (+35,1%). Повышенный показатель $Y(NO)$ отмечен у ячменя по Мизорину в фазах колошения и налива зерна (соответственно, на 34,4 и 100 % выше контроля); у овса – по Мизорину в фазе кушения (+31,9 %) и по Флавобактерину в фазе налива зерна (+43,9 %).

У ячменя повышенное значение данного показателя отмечается в течение всего периода вегетации на фоне применения биопрепаратов (+10,9-72,3 % к контролю), у овса – только при наливе зерна по Флавобактерину (+63,5 %). Аналогичные показатели отмечены по F_0 : с фазы кушения до налива зерна у ячменя (+6,1-31,3 % к контролю); в фазе налива зерна по Флавобактерину у овса (+13,2 %). Также отмечен рост F_t у ячменя в фазах колошения (+30,6 и 18,2 % к контролю) и налива зерна (+19,2 и 11,9 %) по Мизорину и Флавобактерину, у овса – на 41,9 % по Флавобактерину в фазе молочной спелости.

Применение биопрепаратов ассоциативных азотфиксаторов для инокуляции семян зернофуражных культур оказало неоднозначное воздействие на урожайность зерна. Возможно, что для установления максимального эффекта от применения ассоциативных штаммов бактерий требовалось небольшое количество минерального азота удобрений для стимуляции ростовых процессов растений.

Урожайность является ключевым признаком, определяющим эффективность агрономических приемов, применяемых в течение периода вегетации [16-18].

Установлено, что из зернофуражных культур ячмень в наибольшей степени отзывчив на применение биопрепаратов. Так применение Мизорина обеспечило прибавку зерна 0,69 т/га, Флавобактерина – 0,42 т/га (табл.). Предпосевная инокуляция семян овса не оказала существенного влияния на урожайность зерна.

Данные рисунка 6 являются наглядным доказательством различной реакции исследуемых зернофуражных культур на обработку семян биопрепаратами. Так, повышенная урожайность ячменя на фоне Мизорина и Флавобактерина сформировалась благодаря повышенной

азотфиксации, в результате которой отмечен рост эффективного квантового выхода первичной фотохимической реакции в ФСII на свету [$Y(II)$] и доли энергии возбуждения $Y(NPQ)$.

Урожайность зернофуражных культур в зависимости от применения биопрепаратов (южная лесостепь, г. Омск; $n=4$, $m \pm SD$)

Вариант		К _{хоз.}	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю (\pm), т/га
Яровой ячмень	Контроль	65,5	5,03 \pm 0,48	-
	Мизорин	71,4	5,72 \pm 0,60	0,69
	Флавобактерин	68,9	5,45 \pm 0,38	0,42
Яровой овес	Контроль	66,6	4,34 \pm 0,79	-
	Мизорин	68,1	4,53 \pm 0,95	0,18
	Флавобактерин	57,2	4,26 \pm 0,80	-0,08

$HCP_{05} A=0,44$; $HCP_{05} B=0,31$; $HCP_{05} AB=0,77$

Примечание. $HCP_{05}A$ – агрокультура; $HCP_{05}B$ – применение биопрепаратов, $HCP_{05}AB$ – взаимодействие вариантов агрокультура х биопрепарат; n – количество определений; $m \pm SD$ – средняя, \pm ошибка средней.

Тесная взаимосвязь перечисленных показателей подтверждается коэффициентами корреляции: $Y(II)$ с активностью азотфиксации ($r=0,715$); $Y(NPQ)$ с активностью азотфиксации ($r=0,508$) и с урожайностью ($r=0,526$).

Закключение. Отмечены различия в отзывчивости зернофуражных культур (ячмень и овёс) на применение биопрепаратов. Данный приём способствовал улучшению активности азотфиксации лишь у ярового ячменя, что нашло отражение в увеличении следующих индексов флуоресценции:

эффективный квантовый выход первичной фотохимической реакции на свету ($Y(II)$): +2,9-13,1% к контролю; ($\gamma Y(II)$ -активность азотфиксации=0,715);

доля энергии возбуждения $Y(NPQ)$: +13,2-200,0 % к контролю; ($\gamma Y(NPQ)$ -активность азотфиксации=0,526; $\gamma Y(NPQ)$ -урожайность=0,508);

Активное развитие растений ячменя на фоне обработки биопрепаратами способствовало формированию повышенной урожайности (+0,69 т/га по Мизорину и +0,42 т/га по Флавобактерину).

Литература

1. Евдокимова, О. В. Биогенез фотосинтетического аппарата при ингибировании энергетических процессов в деэтиолированных проростках ячменя (*Hordeum vulgare* L.) / О. В. Евдокимова, Л. Ф. Кабашникова, Г. Е. Савченко // Биологические мембраны. – 2013. – Т. 30. – № 1. – С. 59. – DOI 10.7868/S0233475513010039.
2. Пишибытко, Н. Л. Влияние повышенной температуры на перенос электронов в хлоропластах ячменя / Н. Л. Пишибытко, Т. С. Бачище, Л. Ф. Кабашникова // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. – 2020. – Т. 65. – № 2. – С. 153-162. – DOI 10.29235/1029-8940-2020-65-2-153-162.
3. Plant responses and tolerance to high temperature stress: role of exogenous phytoprotectants / N. Kamrun [et al.] // Crop production and global environmental issues / ed. Kh. R. Hakeem. – Cham. – 2015. – P. 385-435.
4. Nguyen, H. C., Lin, K. H., Ho, S. L., Chiang, C. M., Yang, C. M. Enhancing the abiotic stress tolerance of plants: from chemical treatment to biotechnological approaches. *Physiologia plantarum*. 2018 –164(4). – P. 452–466. DOI: 10.1111/ppl.12812
5. He, M., He, C. Q., & Ding, N. Z. Abiotic Stresses: General Defenses of Land Plants and Chances for Engineering Multistress Tolerance. *Frontiers in plant science*. – 2018. – №9. – P. 1771. DOI: 10.3389/fpls.2018.01771
6. Derks A., Schaven K., Bruce D. Diverse mechanisms for photoprotection in photosynthesis. Dynamic regulation of photosystem II excitation in response to rapin environmental change. *Biochim. Biophys. Acta. Bioenergetics*. – 2015. – №1847(4-5). – P.468-485. DOI:10.1016/j.bbabi.2015.02.008 EDN: UOVSTR
7. Carpentier, R. Effect of high-temperature stress on the photosynthetic apparatus. *Books in soils, plants, and the environment*. New York: M. Pessarakli. 1999. – P. 337-348.

8. Булычев А.А., Верхотуров В.Н., Гуляев Б.А. Современные методы биофизических исследований: Практикум по биофизике. – М: Высшая школа, 1999. – 359 с.
9. Гэлстон А., Сэттер Р. Жизнь зеленого растения. – М., 2003. – 56 с.
10. Шабает, В. П. Азотное питание и продуктивность растений гороха и овса при инокуляции бактерией *Pseudomonas fluorescens* 20 / В. П. Шабает // Агрохимия. – 2006. – № 10. – С. 28-32.
11. Умаров М. М. Ацетиленовый метод изучения азотфиксации в почвенно-микробиологических исследованиях // Почвоведение. – 1976. – № 1. – С. 119–123.
12. Федюлов, Ю. П. Фотосинтез и дыхание растений: учебное пособие / Ю. П. Федюлов. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 101 с.
13. Mondo J. M., Kimani P. M., Narla R. D. Genotype x Environment Interactions on Seed Yield of Inter-racial Common Bean Lines in Kenya // World Journal of Agricultural Research. – 2019. – Vol. 7(3). – P.76-87.
14. Мальчиков П. М., Мясникова М. Г., Чахеева Т. В. Графический (с применением GGE biplot методов) анализ урожайности и её стабильности в процессе селекции яровой твердой пшеницы в Среднем Поволжье // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т.36. – № 6. – С.11-16.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
16. Новые перспективные линии ячменя пивоваренного направления селекции Омского аграрного научного центра / П.Н.Николаев, О.А.Юсова, А.Е. Кремпа // Земледелие. – 2022. – № 1. – С. 39-43. DOI: 10.24412/0044-39132022-1-39-43
17. Эффективность применения различных методик для расчета пластичности и стабильности сортов на примере ярового ячменя / О.А. Юсова, П.Н. Николаев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – №1(53). – С. 98-104. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-98-104
18. Изменение биологических и агрохимических свойств орошаемой лугово-черноземной почвы при длительном применении удобрений / Н.Н. Шулико, О.Ф. Хамова, А.Ю. Тимохин, Е.В. Тукмачева // Плодородие. – 2022. – № 4(127). – С. 71-78. – DOI 10.25680/S19948603.2022.127.19.

RAM-FLUORIMETRY OF PLANTS DURING THE INTRODUCTION OF DIAZOTROPHIC BACTERIA INTO THE RHIZOSPHERE OF GRAIN CROPS

Yusova O.A., PhD of agricultural sc., Shuliko N.N., PhD of agricultural sc., Nikolaev P.N., PhD of agricultural sc.
FSBT Omsk agricultural research center, 644012, Russia,
Omsk, Pr. Korolev's 26, e-mail: shuliko@anc55.ru

*Climatic changes affect the course of biochemical and physiological processes in plants, the structure of membranes, and photosynthesis processes, which affects the formation of yields. RAM fluorimetry is widely used to fix and diagnose the fluorescence parameters of photosynthetic pigments involved in protective reactions. The work was performed in the conditions of Western Siberia on the variety of barley Omsk 101, oats – Siberian hercules. Pre-sowing bacterization of seeds was carried out with an inoculant of diazotrophic bacteria of the genera *Arthrobacter myosorens* 7 and *Flavobacterium* sp. Pre-sowing bacterization of spring barley seeds of the Omsk 101 variety contributed to an increase in the effective quantum yield of the primary photochemical reaction in light (+2.9...13.1% to control) and the share of excitation energy (+13.2...200.0% to control). Of the grain crops, barley was the most responsive to the use of the Mizorin biological preparation, the grain gain was +0.69 t/ha to the control. The close relationship of these indicators is confirmed by the correlation coefficients: the output of the primary photochemical reaction in light with nitrogen fixation activity ($r=0.715$); the proportion of excitation energy with nitrogen fixation activity ($r=0.508$), with yield ($r=0.526$).*

Keywords: inoculation; grain crops; yield; RAM fluorimetry, fluorescence index, correlation.

УДК 631.833:632.95:632.951:631.559

DOI: 10.25680/S19948603.2025.144.04

ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СУЛЬФАТА МАГНИЯ И ДИМЕТОАТА НА УРОЖАЙНОСТЬ ОВСА

Н.И. Аканова, д.б.н., И.Н. Гаспарян, д.с.-х.н., ВНИИ Агрохимии имени Д.Н. Прянишникова,
П.Ю. Панова, УНКЦ «Агроэкология пестицидов и агрохимикатов»,
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
e-mail: irina150170@yandex.ru, e-mail: panova@rgau-msha.ru.

В полевом трехлетнем опыте, заложенном на дерново-подзолистой почве Смоленской области, изучали влияние совместного применения сульфата магния и инсектицида на основе д.в. диметоат на урожайность овса. Сульфат магния вносили в двух дозах: 15 и 30 кг/га, препарат на основе диметоата – в концентрациях 400 г/л и 1,5 л/га. Объектами исследования были овес голозерный Немчиновский 61 и пшеницы. Отмечено высокое положительное влияние совместного применения сульфата магния и диметоата на урожайность и качество зерна овса, а также дана оценка биологической эффективности инсектицида. Получены прибавки урожая в зависимости от количества внесенного сульфата магния: 52,8-67,4% при дозе 15 кг д.в./га и 55-75% при дозе 30 кг д.в./га. Проведен анализ образцов на содержание остаточных количеств диметоата и его метаболита ометоата. Дана эколого-токсикологическая оценка динамики разрушения пестицида в растениях овса по вариантам опыта.

Ключевые слова: пестицид, инсектицид, диметоат, сульфат магния, овес, урожайность, остаточные количества.

Для цитирования: Аканова Н.И., Гаспарян И.Н., Панова П.Ю. Влияние совместного применения сульфата магния и диметоата на урожайность овса// Плодородие. – 2025. – №3. – С. 16-20. DOI: 10.25680/S19948603.2025.144.04.

В последнее время в связи с политической и экономической обстановкой в мире наиболее остро и актуально стоит вопрос продовольственной безопасности России, которая является одним из главных факторов сохранения

ее государственности и суверенитета, важнейшей составляющей социально-экономической политики, а также необходимым условием реализации стратегического национального приоритета. В Нечерноземной зоне России, где