

## ВЛИЯНИЕ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ПИГМЕНТОВ ПРИ РАЗНЫХ СПЕКТРАХ ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ФИТОТРОНА

*К.В. Белоусова, М.О. Смирнов, к.с.-х.н., В.В. Носиков, к.б.н., В.А. Литвинский, ВНИИА, О.А. Щуклина, к.с.-х.н., РГАУ-МСХА*

*Представлены данные о влиянии спектрального состава светового излучения и форм азотных удобрений, применяемых в сельскохозяйственной практике, на содержание пигментов в листьях яровых зерновых культур. Выявлены наиболее эффективные цвета светодиодного облучения и формы азотных удобрений, способствующие наибольшему биосинтезу зеленых и оранжевых пигментов.*

*Ключевые слова:* спектральный состав светового излучения, азотные удобрения, растения, хлорофилл, каротиноиды.

Спектральный состав светового излучения и характер азотного питания растений могут заметно влиять на содержание и соотношение пигментов в листьях растений, а, следовательно, – на показатели фотометрической диагностики [1]. В отношении спектрального излучения следует учитывать суточное время проведения диагностического обследования посевов, принимая во внимание, что в утренние и вечерние часы в солнечном свете в значительной мере представлен длинноволновый, т.е. красный спектр, тогда как в полуденное время в нем преобладает коротковолновая световая энергия. При этом необходимо учитывать преобладание того или иного спектра излучения в течение вегетационного периода [3].

Важное значение имеет также характер азотного питания растений. В практике сельского хозяйства могут использоваться разные формы азотных удобрений – как аммонийные, так и нитратные, а также удобрения с обеими формами. Особенности удобрений и их метаболизм в почвенных условиях целесообразно учитывать при диагностике азотного питания растений методами фотометрии, поскольку от преобладания в почвенном растворе нитратных или аммонийных ионов, а также времени суток диагностического обследования может зависеть точность диагностического заключения [2].

Цель исследований – изучить влияние различных форм азотных удобрений на содержание хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в проростках яровых зерновых культур при выращивании их при разном цвете светового излучения в условиях фитотрона.

**Методика.** В вегетационных опытах объектом исследования служили проростки яровых зерновых культур (пшеницы, тритикале и ячменя). Их выращивали в фитотроне в чашках Петри в водных растворах (за исключением ячменя) в течение 3 нед при разном режиме освещения светодиодами белого, синего, красного и зеленого светового излучения и при обеспечении их различными формами азотных удобрений (нитратной, аммонийной и их сочетанием). Субстратом для выращивания ячменя был выбран песок, промытый в слабом растворе соляной кислоты. Поливали растения растворами аммиачной селитры (концентрация 28,6 г/л), кальциевой селитры (58,5 г/л) и сульфатом аммония (47,2 г/л) по мере иссушения корнеобитаемого слоя одинаковыми порциями во все чашки Петри. При этом для всех вариантов опыта, за исключением контрольного, предусматривалось внесение одинаковых доз азота (по элементу). В опыте с яровым ячменем концентрация питательных растворов была меньше в 2 раза. Во избежание подкисления среды, так как сульфат аммония и аммиачная селитра являются физиологически кислыми удобрениями, при приготовлении растворов использовали карбонат кальция в количестве 30 г/л.

Определение содержания различных пигментов (хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов) в проростках яровых зерновых

культур проводили по методике А.М. и Д.М. Гродзинских (1973) в прописи кафедры физиологии растений РГАУ-МСХА. Экстракцию пигментов осуществляли в этаноле, экстинцию раствора определяли на высокочувствительном лабораторном фотометре «Helios Omega» при длине волн 665, 649 и 470 нм [4, 5]. Массу проростков на разных вариантах опыта не учитывали.

**Результаты и их обсуждение.** Анализ полученных данных показал, что испытываемые способы воздействия на выращиваемые проростки яровых зерновых культур разных цветов светового излучения и форм азотных удобрений оказали неоднозначное действие на содержание и соотношение пигментов в листьях растений.

Из рисунка (А) следует, что для проростков яровой пшеницы наиболее эффективно в отношении синтеза хлорофилла *a* при разных цветах светодиодного облучения сочетание аммонийной и нитратной форм азотных удобрений, так как наибольшее содержание хлорофилла *a* наблюдалось при подкормке проростков аммиачной селитрой. Оно составило для белого светового излучения 1,7 мг/г, для зеленого – 0,8 и для красного – 1,3 мг/г сырой массы растений. Однако для синего облучения при подкормке проростков пшеницы аммонийной селитрой наиболее продуктивным был контрольный вариант (1,4 мг/г), где растения поливали дистиллированной водой. Биосинтез хлорофилла *b* при всех цветах светового излучения наиболее интенсивно проходил при обеспечении растений яровой пшеницы также аммиачно-нитратной формой. Наибольшее содержание хлорофилла *b* – 0,7 мг/г сырой массы растений было отмечено для белого светодиода, который представляет собой самый широкий спектр излучения. Что касается процесса накопления оранжевых пигментов, то здесь прослеживается та же зависимость, что и в отношении синтеза хлорофиллов *a* и *b*, т.е. наибольшее содержание каротиноидов для всех цветов облучения, за исключением белого светодиода, отмечено при питании растений аммиачной селитрой. В проростках пшеницы этого варианта не обнаружено оранжевых пигментов, что, возможно, связано с наибольшим содержанием хлорофиллов *a* и *b* по сравнению с другими вариантами удобрения. В целом, можно заключить, что белый светодиод оказался наиболее продуктивным на фоне применения подкормок разными формами азотных удобрений, красный светодиод несколько уступал по эффективности белому, а синие и зеленые светодиоды с точки зрения максимального биосинтеза пигментов наименее результативны.

У проростков яровой тритикале, как видно из данных, представленных на рисунке (Б), активный биосинтез хлорофилла *a* для наиболее продуктивных цветов светодиодного излучения – белого и красного – отмечался в контрольном варианте удобрения, а для синего и зеленого светового излучения – при обеспечении проростков яровой тритикале нитратной формой азота. Содержание хлорофилла *b* увеличивалось для всех цветов облучения, за исключением белого, при подкормке растений кальциевой селитрой. Содержание хлорофилла *b* в этом варианте было максимальным при поливе растений дистиллированной водой и составило 0,2 мг/г сырой массы растений. Относительно синтеза каротиноидов отмечалась та же зависимость, что и в отношении процесса накопления хлорофилла *a*. Также, как и в вегетационном опыте с яровой пшеницей, наиболее продуктивными с точки зрения синтеза всех в совокупности пигментов оказался белый светодиод,

красный несколько уступал по эффективности, а синий и зеленый светодиоды не способствовали усилению биосинтеза хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов.

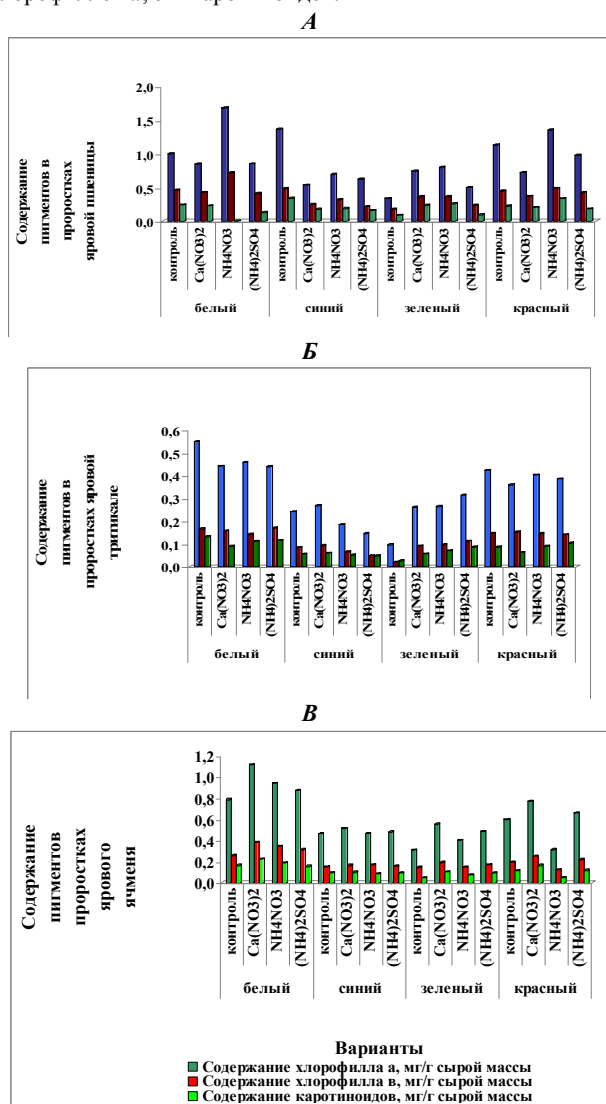


Рис. Зависимость содержания пигментов в проростках яровой пшеницы (А), яровой тритикале (Б) и ярового ячменя (В) от форм азотных удобрений и спектров светодиодного облучения в условиях фитотрона

По результатам опыта с яровым ячменем, представленным на рисунке (В), видно, что содержание хлорофилла *a* увеличивалось при подкормке проростков кальциевой селитрой, составив для белого светового излучения – 1,1 мг/г, для синего –

#### Effect of nitrogen fertilizer forms and irradiation spectra on the content of pigments in plants under phytotron conditions

*K.V. Belousova<sup>1</sup>, M.O. Smirnov<sup>1</sup>, V.V. Nosikov<sup>1</sup>, V.A. Litvinsky<sup>1</sup>, O.A. Shchuklina<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry, Russian Academy of Agricultural Sciences, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia*

<sup>2</sup>*Russian State Agricultural University – Moscow Agricultural Academy, Russian Academy of Sciences, ul. Timiryazeva 49, Moscow, 127550 Russia*

The effect of light radiation spectrum and nitrogen fertilizer forms used in agricultural practice on the content of pigments in leaves of spring cereal crops was studied. The most effective colors of LED radiation and forms of nitrogen fertilizers favoring the biosynthesis of green and orange pigments were revealed.

Keywords: spectral composition of light irradiation, nitrogen fertilizer forms, plants, chlorophyll, carotenoids.

0,5, для зеленого – 0,6 и для красного – 0,8 мг/г сырой массы растений. Биосинтез хлорофилла *b* наиболее активно шел при питании проростков кальциевой селитрой на фоне белого, зеленого и красного светового излучения. Однако при синем световом излучении наибольшее содержание этого зеленого пигмента (0,5 мг/г) было отмечено для варианта с применением раствора аммиачной селитры. Содержание каротиноидов в зависимости от форм азотных удобрений и цветов светового излучения характеризуется такой же связью с этими параметрами, что и содержание хлорофилла *b*, то есть накопление оранжевых пигментов увеличивалось при обеспечении проростков ячменя нитратной формой, за исключением содержания этого же пигмента в проростках, выращенных на синем светодиоде. Наряду с этим общее содержание пигментов для белого и красного светового излучения было максимальным, как и в опыте с яровыми пшеницей и тритикале.

**Заключение.** Лучшему биосинтезу растительных пигментов в проростках яровой тритикале и ярового ячменя способствовала подкормка растений нитратной формой азота, а яровой пшеницы – сочетанием нитратной и аммонийной форм. Наиболее эффективно процесс накопления пигментов происходил при выращивании растений в условиях белого и красного светового излучения.

Лучшими сроками фотометрической диагностики следует считать полуденные часы, когда изменение спектрального состава солнечного света из-за атмосферных искажений оказывает минимальное влияние на показания фотометрических приборов.

Наиболее корректные данные при диагностическом обследовании посевов получают при нормальных агрометеорологических условиях произрастания растений, включая обеспечение их влагой.

#### Литература

1. Александров М.Т. Лазерная флуоресцентная диагностика в медицине и биологии (теория и возможности применения) / М.Т. Александров, Р.А. Афанасьев, О.Г. Гапоненко и др. – «НПЦ Спектролюкс», 2007. – 272 с.
2. Афанасьев Р.А. Диагностика питания растений // Земледелие. – 1985. – №11. – С. 41 – 47.
3. Афанасьев Р.А. Физические методы диагностики азотного питания зерновых культур / Р.А. Афанасьев, Г.И. Ваулина, А.В. Ваулин, М.Т. Александров, Е.В. Березовский, А.А. Кондратьев // Совершенствование организации и методологии агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями. Материалы Всероссийской научно-практической конференции Геосети. – М.: ВНИИА, 2006. – С. 19-21.
4. Белоусова К.В., Литвинский В.А., Щуклина О.А. Влияние различных форм азотных удобрений на содержание пигментов при разном режиме освещения проростков яровой пшеницы. «Применение средств химизации для повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур». Материалы 45-й международной научной конференции молодых ученых и специалистов – М.: ВНИИА, 2011. – С. 10-12.
5. Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. Краткий справочник по физиологии растений. – Киев: Наукова думка, 1973. – 591 с.