

Olga A. Isachkova,
ScD (Agriculture), sciences researcher;

Boris L. Ganichev,
laboratory head;

Nikolay A. Lapshinov;
ScD, Doctor of Agricultural Sciences, director;

Vera N. Pakul,
ScD, Doctor of Agricultural Sciences, deputy director for science;
State Scientific Institution
Kemerovo Research Institute of Agriculture
of the Russian Agricultural Academy

Sergey I. Zherebtsov,
ScD, laboratory head

Zinfer R. Ismagilov,
Corresponding Member RAS, ScD (Doctor of Chemical Sciences), director
Science federal state budgetary institution Institute
of coal chemistry and chemical materials science
Siberian office Russian Academy of Sciences

Forming Elements of Productivity Naked Oats for Treatment of Humic Preparations Seed

Key words: *naked oats, humic preparation, force growth, completeness seedling, survival, yield.*

Annotation: *Carried out studies established the influence of humic substances by presowing treatment of seed on the formation of plant density, elements of productivity and yield of naked oats. The greatest effect is obtained by presowing treatment of seeds by potassium humate, derived from oxidized brown coal (HumK KBO), and sodium humate, derived from sooty brown coal (HumNa KBS).*

С развитием современных ресурсо- и энергосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур и переработки сырья повышается интерес к голозерным сортам овса, которые имеют существенные преимущества перед пленчатыми по содержанию и наилучшему соотношению в белке ряда незаменимых аминокислот, характеризуются богатым составом витаминов (В₁, В₂) и минеральных веществ, а также хорошими энергетическими свойствами, благодаря высокому содержанию масла (1), (2), (3), (4), (5). Однако более низкая урожайность по сравнению с пленчатыми сортами ограничивает широкое внедрение сортов голозерного овса в производство.

В условиях рыночной экономики сельхозтоваропроизводители ищут способы снижения затрат и получения рентабельной, конкурентоспособной продукции. Применение естественных стимуляторов роста растений позволяют достичь этой цели за счет получения дополнительных прибавок урожая, снижения затрат по использованию минеральных удобрений и средств защиты растений.

Продуктивность отдельного растения и урожайности сорта в целом зависят от влияния многих факторов. Управление количеством и качеством урожая возможно путем оптимизации и сбалансированности процессов роста, фотосинтеза и накопления хозяйственно ценных продуктов вторичного метаболизма играющих адаптивную роль. Степень чувствительности ростовых процессов к колебаниям внешних и внутренних факторов отражает большие адаптивные возможности растений к меняющимся условиям среды и может быть с успехом использована для их оптимизации при выращивании (6).

Использование экзогенных компонентов воздействия, таких как гуминовые препараты, создает объективную основу для практического регулирования ростовых процессов растений различными приемами агротехники в целях повышения урожайности и ее устойчивости (7). Гуминовые препараты получают из природного сырья: торфа, бурого угля, сапропеля. Их применение оказывает заметный положительный эффект на морфофизиологические процессы растений, что выражается не только в увеличении линейных и массовых показателей, но и в повышении объемов получаемой продукции.

С целью изучения влияния гуминовых препаратов на формирование элементов продуктивности и урожайность голозерного овса в ГНУ Кемеровский НИИСХ Россельхозакадемии совместно с ФГБУН ИУХМ СО РАН в 2011-2013 гг. были заложены полевые опыты.

Материалы и методы. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый среднемощный. Содержание гумуса в почве – 8,3 %, рН почвенного раствора – 5,5, сумма поглощенных оснований – 42 мг/экв, гидролитическая кислотность – 7 мг/экв, содержание NO_3 – 15-20 мг/кг; P_2O_5 – 110-130 мг/кг; K_2O – 120-140 мг/кг. Агротехника общепринятая в зоне исследований.

В период исследований наблюдались значительные колебания по тепло- и влагообеспеченности растений голозерного овса. Вегетационный период 2011 года сопровождался стабильно высокими температурами воздуха с резким недостатком влаги в мае-июле (ГТК = 1,0). В 2012 году наблюдалась жесткая засуха, гидротермический коэффициент за май-август составил 0,4. Погодные условия 2013 года характеризовались избытком влаги и пониженными температурами воздуха, гидротермический коэффициент – 2,1 (май-август).

Объект исследований – сорт голозерного овса Тайдон. Посев проводился в первой декаде мая сеялкой СН-10Ц с норма высева – 4,5 млн. всх. зерен, расположение делянок рендомизированное, площадь делянки 10 м², повторность трехкратная. Посев опытных делянок проводился по фону удобрений ОМУ 16:27:16 (1 ц/га). Удобрения внесены в почву локально сеялкой СЗС-2,1.

Исследования проводились с гуминовыми препаратами, полученными из бурого угля Тисульского месторождения (участок Кайчакский) Канско-Ачинского бассейна (HumNa КБР, HumK КБР) и его естественно окисленной формы (сажистого бурого

угля) – HumNa КБС и HumK КБС в результате их экстракции гидроксидами калия и натрия из углей. Характеристики образцов углей и гуминовых препаратов по данным технического, элементного анализов и функционального состава по результатам ^{13}C ЯМР спектроскопии в твердом теле приведены в таблицах 1-3.

Таблица 1

Данные технического и элементного анализов углей и гуминовых препаратов, % масс.

Образец	Аналитическая влажность	Зольность сухого образца	C^{daf} *	H^{daf}	$\text{O+N+S}^{\text{daf}}$ (по разности)	Выход свободных гуминовых кислот	
	W^{a}	A^{d}				$(\text{HA})^{\text{daf}}$, (HumNa)	$(\text{HA})^{\text{daf}}$, (HumK)
КБР	8,04	6,11	64,34	4,69	30,97	21,33	26,88
ГК HumNa КБР	4,92	9,16	59,05	4,88	36,07	-	-
ГК HumK КБР	4,97	4,01	60,84	4,18	34,98	-	-
КБС	13,5	46,64	55,08	2,66	42,26	60,91	67,98
ГК HumNa КБС	6,99	15,15	61,58	5,35	33,07	-	-
ГК HumK КБС	4,58	17,01	46,15	3,21	50,64	-	-

*daf – dry ash free – сухое беззольное состояние образца.

Выход свободных гуминовых кислот из образцов углей составляет 21-27 % для КБР и 60-68 % для КБС. Следует отметить высокое содержание суммы кислорода, азота и серы для образцов КБС и полученных из него гуматов – 33-50 %, что отражает высокое содержание кислородсодержащих функциональных групп в органической массе образцов.

Таблица 2

Интегральные интенсивности спектральных областей на спектрах ^{13}C ЯМР в твердом теле бурых углей и гуминовых препаратов, (%)

Образец	220-187 C=O	187-165 COOH	165-145 $\text{C}_{\text{ar}}\text{-O}$	145-108 C_{ar}	108-90 $\text{C}_{\text{O-alk-O}}$	90-48 $\text{C}_{\text{alk-O}}$	48-5 C_{alk}
КБР	4,4	4,7	4,2	19,1	3,5	7,5	55,6
ГК HumNa КБР	4,4	7,3	5,4	17,9	3,6	10,8	50,7
ГК HumK КБР	4,4	6,1	5	15,1	4,2	8	55,2
КБС	2,6	6	8,9	31,9	5,4	12,7	30,3
ГК HumNa КБС	3,5	7,4	8,2	31,7	6,3	14,8	26,8
ГК HumK КБС	3,8	6,7	9,5	33,1	6,3	14	25,4

Согласно результатам ЯМР спектроскопии исходные угли и полученные из них гуматы обладают различным функциональным составом. Естественно-окисленная форма угля

и извлеченные из нее гуматы имеют более ароматический характер (C_{ar}), большее содержание фенольных гидроксидов (C_{ar-O}), кислородсодержащих соединений ($C_{O-alk-O}$; C_{alk-O}) и меньшее – алифатических соединений (C_{alk}) (8), (9), (10).

Варианты опыта: 1 – контроль (сухие семена), 2 – обработка семян 0,02 %-м HumNa КБР, 3 – обработка семян 0,02 %-м гуматом калия HumK КБР, 4 – обработка семян 0,02 %-м гуматом натрия HumNa КБС, 5 – обработка семян 0,02 %-м гуматом калия HumK КБС.

Таблица 3

Состав золы образцов углей и гуминовых препаратов

Образец	Содержание в золе, %										
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	S	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
КБР	0,74	3,22	32,45	43,34	0,34	1,88	0,10	0,86	10,41	0,30	6,37
ГК HumNa КБР	56,0	0	2,5	2,7	0,4	1,8	45,9	0,5	1,1	0,3	1,0
ГК HumK КБР	3,1	0,7	0,6	1,7	0,5	3,4	36,5	50,5	0,9	0,2	1,8
КБС	0,93	1,56	18,48	59,97	0	0,35	0,04	0,47	7,66	0,27	10,28
ГК HumNa КБС	29,7	1,1	12,6	3,0	0,8	1,0	21,1	0,6	16,4	0,4	11,9
ГК HumK КБС	0,8	0,7	18,6	0,7	1,1	1,7	3,2	21,0	9,9	1,1	30,8

Учеты и наблюдения проводились согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (11), статистическая обработка экспериментальных данных проводилась по Б.А. Доспехову (12) с помощью пакета прикладных программ «SNEDEKOR» (13) и Excel.

Результаты. Опыт применения гуматов в России показал, что они оказывают положительное влияние на всех стадиях развития растений, но особенно на ранних этапах органогенеза. Предпосевная обработка семян повышает неспецифическую сопротивляемость к стрессу, способствует активизации восстановительных процессов. Действие препарата начинается только после высева семян, когда находящаяся на поверхности семян плёнка из гумата начинает растворяться в почвенной влаге, образуя вокруг прорастающего семени стимулирующую среду нужной концентрации. Гумат всасывается при набухании и прорастании, стимулируя процесс развития как корней, так и точек зародышей (14), (15).

Результаты анализа ростовой активности растений голозерного овса в начальный период роста показали, что предпосевная обработка семян гуминовыми препаратами способствовала увеличению длины корней за одни сутки на 17,8...33,2 %, длины побегов на 7,5...11,4 % по сравнению с контрольным вариантом, а также сказалась на скорости роста корней и побегов, которая повысилась на 21,4...35,7 % и 7,4... 14,8 % соответственно (таблица 4).

Таблица 4

Влияние гуминовых препаратов на рост корней и побегов голозерного овса, 2011-2013 гг.

Вариант	Длина корней		Длина побега	
	прирост за 1 сутки, мм	скорость роста, мм/ч	прирост за 1 сутки, мм	скорость роста, мм/ч
Контроль	3,37	0,14	6,40	0,27
HumNa КБР	3,97	0,17	7,09	0,29
HumK КБР	3,97	0,17	7,47	0,31
HumNa КБС	4,49	0,19	6,88	0,29
HumK КБС	4,14	0,17	7,13	0,30
НСР ₀₅	0,41	0,02	0,39	0,01

Достоверно высокие прибавки длины корней и побегов, а также скорости их роста выявлены на вариантах HumK КБР и HumNa КБС. По увеличению массы корней и побегов с одного растения за одни сутки достоверных прибавок не выявлено, в среднем по опыту они составили 0,009 г и 0,007 г. В годы с низкой влагообеспеченностью в период всходов голозерного овса отмечено увеличение длины корней на всех вариантах опыта (2011 г. – 4,36 мм, 2012 г. – 5,19 мм в среднем по опыту) и снижение их массы (2011 г. – 0,005 г, 2012 г. – 0,009 г). При высокой влагообеспеченности в этот период (2013 г.) прирост длины корней составил 2,43 мм в среднем по опыту, а их масса 0,012 г. По длине побега отмечена та же тенденция: в засушливые годы длина побега увеличивается, а его масса снижается относительно лет с большим количеством осадков в мае. Значительная ростовая активность гуминовых препаратов способствовала формированию всходов с мощной корневой системой, что повлияло на показатели полевой всхожести и сохранности растений голозерного овса к уборке.

Метеорологические условия вегетационного периода в годы исследований оказали существенное влияние на полноту всходов и сохранность растений голозерного овса к уборке. Наименьшие показатели полноты всходов отмечены в 2011 году с ярко выраженной весенней засухой (ГТК в период посев-всходы – 0,5) – 39,3...51,3 %. В 2012 году полнота всходов составила 68,2...84,0 %, в 2013 году – 50,2...66,7%. В среднем за годы исследований при обработке семян гуминовыми препаратами число взошедших растений находилось в пределах 260...278 шт./м² при 262 шт./м² на контроле (таблица 5).

Таблица 5

Полнота всходов и выживаемость растений голозерного овса в зависимости от обработки семян гуминовыми препаратами, 2011-2013 гг.

Вариант	Количество растений на 1 м ²		Полнота всходов, %	Выживаемость растений, %
	взошедших	перед уборкой		
Контроль	262	178	58,2	39,6
HumNa КБР	272	213	60,4	47,3
HumK КБР	269	239	59,8	53,1
HumNa КБС	278	210	61,8	46,7
HumK КБС	260	196	57,8	43,6

НСР ₀₅	7,4	22,5	1,6	5,0
-------------------	-----	------	-----	-----

В сложных почвенно-климатических условиях вегетационного периода, которые не редко складываются в Западной Сибири, одним из наиболее острых является вопрос о выживаемости растений, то есть их биологической устойчивости, которая рассчитывается, как отношение растений сохранившихся к уборке к высеванным семенам и является комплексным показателем, отражающим способность к прорастанию и устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды в течение вегетационного периода.

Густота стояния растений к уборке на контроле составила 178 шт./м². На вариантах с обработкой семян данный показатель находился в пределах 196...239 шт./м². Лучшая выживаемость растений наблюдалась в жесткозасушливых условиях вегетационного периода 2012 года (ГТК май-август – 0,4) – 58,9 % в среднем по опыту. В засушливом 2011 году (ГТК-1,0) сохранность растений составила 25,1 %, в избыточно увлажненном 2013 году (ГТК-2,1) – 53,8 %. Повышение показателей в экстремальных условиях профессор С.И. Гуминский (16) объясняет существующей связью между эффективностью гуматов и реакцией среды – чем больше отклонений условий среды от оптимальных для данного растения, тем заметнее эффект физиологического действия гуматов. То есть, на уровне физиологических процессов гуминовые вещества повышают общую неспецифическую сопротивляемость организма, обладая адаптогенными свойствами.

Обработка семян способствовала увеличению показателей полевой всхожести и выживаемости растений на 0,8...6,1 % и 10,1...34,3 % соответственно. Наибольшее достоверное превышение отмечено при обработке семян препаратами HumK КБР и HumNa КБС.

Согласно современным представлениям, уровень урожайности на 50 % зависит от плотности продуктивного стеблестоя, находящегося в прямой зависимости от уровня полевой всхожести и сохранности растений, на 25 % – от числа зерен в колосе и на 25 % – от массы 1000 зерен (17), (18).

В среднем за годы исследований урожайность голозерного овса находилась в пределах 1,65...2,05 т/га. Обработка семян гуматами натрия и калия способствовала повышению урожайности на 14,5...24,2 % по сравнению с контрольным вариантом (1,65 т/га). Абсолютная прибавка урожая голозерного овса составила 0,24...0,40 т/га (таблица 6).

Наибольший эффект дала обработка семян препаратами HumK КБР и HumNa КБС, где масса зерна с одного растения увеличилась по сравнению с контролем на 8,3 %, количество продуктивных стеблей на 26,3 и 10,5 %, число зерен в метелке на 5,2 и 3,5 % соответственно. Между озерненностью метелки, массой зерна с растения и урожайностью во все годы исследований отмечалась существенная корреляционная зависимость ($r = 0,826...0,903$ и $r = 0,245...0,813$). Масса 1000 зерен в большей степени определила урожайность овса только в 2012 году при резком снижении морфобиологических показателей метелки относительно других лет исследований ($r = 0,814$). В другие годы исследований между урожайностью и массой 1000 зерен отмечена отрицательная взаимосвязь ($r = -0,404...-0,679$).

Таблица 6

Урожайность и элементы ее структуры в зависимости от обработки семян голозерного овса гуминовыми препаратами, 2011-2013 гг.

Вариант	Число продуктивных стеблей, шт/м ²	Высота растений, см	Длина метелки, см	Число зерен в метелке, шт.	Масса зерна с метелки, г	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, т/га	Прибавка урожая, т/га
Контроль	285	85,3	16,9	28,6	0,72	26,3	1,65	-
HumNa	320	91,1	17,3	28,8	0,77	25,8	2,03	0,38
КБР								
HumK	360	91,0	17,3	30,1	0,78	25,3	2,05	0,40
КБР								
HumNa	315	90,8	16,8	29,6	0,78	24,9	2,01	0,36
КБС								
HumK	314	91,2	16,8	28,9	0,76	25,9	1,89	0,24
КБС								
НСР ₀₅	27,2	2,6	0,2	0,6	0,03	0,5	0,16	

В результате обработки семян гуматами отмечено морфологическое изменение растений голозерного овса. Превышение высоты растений над контрольным вариантом составило 6,7 %, длины метелки – 2,4 %. Более высокие показатели высоты растений и длины метелки выявлено у вариантов HumK КБР и HumNa КБС, что способствовало увеличению числа зерен с метелки и как следствие, повышению урожайности на данных вариантах.

Выводы. Таким образом, проведенные исследования показали, что предпосевная обработка семян гуминовыми препаратами HumNa КБС и HumK КБР оказали влияние на формирование продуктивности голозерного овса сорта Тайдон. Повышение урожайности на 0,36...0,40 т/га при использовании данного агроприема было обусловлено увеличением количества продуктивных стеблей на 10,5...26,3 %, что зависело от полевой всхожести и выживаемости растений, а также увеличением массы зерна с растения на 8 % и озерненности метелки на 3,5...5,2 % по сравнению с контролем.

Наибольшее влияние на формирование элементов продуктивности голозерного овса оказали погодные условия вегетационного периода. Наибольший эффект от применения гуминовых препаратов отмечается при неблагоприятных метеорологических условиях.

References:

1. Batalova GA. *Oats. Technology of cultivation and breeding.* Kirov: Agricultural Research Institute of the Nort-Eeast; 2000; 206.
2. Loskutov IG. *Using forms of naked barley and oats. III Intern: Congress "Russian Grain and bread". St. Peters-burg (issue Nov. 13-15. 2007); 2007; 87.*

3. Brand TS, van der Merwe JP. Naked oats (*Avena nuda*) as a substitute for maize in diets weanling and grower-finisher pigs: *Animal Feed Science and Technology*: Volume 57, Issues 1(2); 1996; 139-147.
4. Biel W, Bobko K, Maciorowski R. Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain: *Journal of Cereal Science*, Volume 49, Issue 3; 2009; 413-418.
5. Arendt EK, Zannini E. Oats: *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*; 2013; 243-283.
6. Karpova GA, Kudryashov DB. Formation of elements productivity agricoenosis oats by use of bacterial preparations and growth regulators: *Volga Niva*, 4 (17); 2010; 20-23.
7. Shevelukha VS. *Plants growth and its regulation in ontogenesis*. Moscow: Kolos; 1992; 598.
8. Silverstein RM, Webster FX, Kiemle DJ. *Spectrometric identification of organic compounds*. Seventh edition. Hoboken: John Wiley & Sons. Inc.; 2005; 502.
9. Kalaitzidis S, Georgakopoulos A, Christanis K, Iordanidis A. Early coalification features as approached by solid state ^{13}C CP/MAS NMR spectroscopy: *Geochemical et Cosmochimica Acta*. vol. 70; 2006; 947-959.
10. Mao J-D, Schimmelmann A, Mastalerz M, Hatcher PG, and Li Y. Structural Features of a Bituminous Coal and Their Changes during Low-Temperature Oxidation and Loss of Volatiles Investigated by Advanced Solid-State NMR Spectroscopy: *Energy and Fuels*, 24; 2010; 2536-2544.
11. *State method of testing varieties of crope*. Moscow; 1985; 270.
12. Dospheov BA. *Method of field experience*. Moscow; 1985; 352.
13. Sorokin OD. *Applied statistics on the computer*. Novosibirsk; 2004; 162.
14. *Seeds (Second Edition)*; 2014; 1075-1473.
15. Biofile. *Scientific Information Journal [electronic resource]* Available from www.biofile.ru 10.04.2014.
16. Guminsky SI, Guminskaya SN. *Humic fertilizers theory and practice of their application*. Kiev: Ki-evselhozizdat; 1968; 72-73.
17. Kovalev VM. 1997. *Theoretical foundations of optimization of yield formation*. Moscow: MSHA; 1997; 284.
18. Strona IG. 1966. *Total seed science of field crops*. Moscow: Kolos; 1966; 464.