

УДК 631.58:631.421.1

АГРОХИМИЧЕСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ОПЫТНОГО УЧАСТКА ЦЕНТРА ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

А.И. БЕЛЕНКОВ, А.Ю. ТЮМАКОВ, САБО УМАР, Д.С. МОКИЧЕВА

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

В статье дается анализ отдельных агрохимических и биологических показателей плодородия почвы опытного участка ЦТЗ.

Ключевые слова: точное земледелие, технологии, обработка почвы, варианты опыта, гумус, содержание азота, фосфора, калия, биологическая активность и токсичность почвы.

В 2007 г. в рамках инновационного общеобразовательного проекта в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева впервые в стране был создан научный Центр точного земледелия (ЦТЗ) в составе Полевой опытной станции. Основу Центра составляет полевой опыт по сравнительному изучению точного и традиционного земледелия. Традиционная технология возделывания культур основана на использовании современной техники с соблюдением рекомендуемых параметров и нормативных показателей их выполнения. Технология точного земледелия основана на использовании спутниковой системы GPS, с ее помощью корректируется выполнение агроприемов [1, 3, 7].

Объекты и методика

Наши исследования проводятся в течение шести лет, с 2008 по 2013 гг. Детальное изучение агрохимических и биологических свойств почвы под зерновыми культурами во взаимосвязи с их урожайностью наиболее комплексно и полномасштабно начаты исследоваться с 2012 г. Именно в этом году впервые проведен анализ сравнительного влияния ряда почвенных показателей по вариантам полевого опыта на урожайность зерновых культур в тесной взаимосвязи и взаимозависимости.

В рамках четырехпольного плодосменного севооборота (викоовсяная смесь на корм — озимая пшеница с пожнивным посевом горчицы на сидерат — картофель — ячмень) изучаются два фактора — технологии возделывания полевых культур (фактор А) и приемы основной обработки почвы (фактор В).

Приемы основной обработки почвы включают отвальную, минимальную и нулевую. Первая обработка проводилась оборотным плугом Eur Opal на 20-22 см под все культуры, вторая производилась культиватором Pegasus на 12-14 см под вику с овсом, картофель и ячмень. Вариант нулевой обработки предусматривался только под озимую пшеницу [2, 5, 10].

На озимой пшенице часть делянок двукратно подкармливаются аммиачной селитрой путем сканирования растений с учетом внешнего состояния посевов по точному земледелию и сплошным способом по традиционной технологии в фазу весеннего кущения и налива зерна, часть остаются без подкормки [6, 7, 8].

В полевом опыте ЦТЗ проводили следующие исследования:

- определение гумуса по Тюрину мокрым озолением органических соединений почвы хромовой смесью на электрической плитке;
- определение общего азота методом Кьельдаля изучением почвенных проб на автоматическом анализаторе;
- определение подвижного фосфора и обменного калия в одной навеске по методу Кирсанова;
- определение биологической активности методом закладки льняных полотен по Мишустину;
- определение биологической токсичности методом проращивания в чашках Петри (метод растительных тестов) по Красильникову;
- урожайность зерновых культур определялась поделяночно методом прямого комбайнирования.

Результаты и их обсуждение

Важным и интересным обстоятельством представляется выявление сравнительного влияния ряда сопутствующих агрохимических показателей на урожайность зерновых культур. По отдельным вариантам поделяночно (учетная площадь 30 м²) определялись урожайность, и там же биологическая активность и токсичность почвы, содержание гумуса, общего азота, подвижного фосфора и калия в пахотном слое почвы. Это позволило установить взаимозависимость результирующего показателя — урожайности от группы факторов, ее определяющих и формирующих [4, 9].

На озимой пшенице проводилось сравнение по трем факторам опыта: технология возделывания, обработка почвы, подкормка в период вегетации. Следует выделить различия в урожайности между двукратно удобренными в ходе вегетации озимой пшеницы аммиачной селитрой и неудобренными делянками. Средняя разница составляла от 0,3 до 0,5 т/га (табл. 1).

Наиболее контрастна разница в урожайности озимой пшеницы при сравнении неудобренных и удобренных делянок по нулевой обработке на точной и по вспашке на традиционных технологиях. Она составила соответственно 0,69 и 0,54 т/га. По отвальной обработке на точной технологии различия составляли 0,28 т/га, по нулевой при традиционной — 0,38 т/га.

Точные отвальные и нулевые технологии обеспечивали несколько большую урожайность озимой пшеницы в сравнении с традиционными как с внесением, так и без внесения аммиачной селитры в период вегетации.

Максимальной величине урожайности озимой пшеницы соответствует большинство агрохимических показателей. Так, наибольшее содержание гумуса, общего азота, подвижных форм фосфора и калия в почве отмечалось на делянках с более вы-

Таблица 1

Сравнительная характеристика зависимости урожайности озимой пшеницы и сопутствующих агрохимических показателей пахотного (0-20 см) слоя почвы в 2011-2012 гг.

Показатель	Точная (А)				Традиционная(А)			
	отвальная		нулевая		отвальная		нулевая	
	удоб.	неуд.	удоб.	неуд.	удоб.	неуд.	удоб.	неуд.
Урожайность, т/га	5,71	5,43	5,63	4,94	5,38	4,84	5,12	4,74
<i>Осень 2011 г.</i>								
Содержание гумуса, %	2,82	2,14	2,64	2,06	2,44	2,02	2,62	2,13
Содержание общего азота, %	0,120	0,107	0,129	0,105	0,120	0,110	0,112	0,108
Содержание подвижного фосфора, мг/кг почвы,	231	184	205	175	225	190	182	179
Содержание обменного калия мг/кг почвы	214	164	150	145	1967	154	198	132
<i>Весна 2012 г.</i>								
Содержание гумуса, %.	2,90	2,72	2,90	2,54	2,75	2,68	2,66	2,75
Содержание общего азота, %	0,131	0,124	0,132	0,119	0,127	0,120	0,126	0,124
Содержание подвижного фосфора, мг/кг почвы.	235	187	208	177	230	200	189	185
Содержание обменного калия, мг/кг почвы	217	168	155	149	204	161	200	137

HCP_{05} (А, технология) = 0,12; HCP_{05} (В, обработка) = 0,05; HCP_{05} (С, удобрения) = 0,10 т/га.

сокой урожайностью. Наоборот, минимальной урожайности соответствуют противоположные по значению приводимые показатели, которые обосновывают причины формирования того или иного урожая, при этом выделяется роль каждого из факторов, т.е. между урожайностью и сопутствующими учетами прямая математическая связь.

При разнице в содержании гумуса между делянками, в среднем, осенью 2011 г. 0,3-0,5%, весной 2012 г. 0,2-0,3%, урожайность варьировала в пределах 0,3-0,5 т/га. При этом наблюдается некоторое увеличение запаса гумуса к весне за счет процесса гумификации органических остатков в осенне-зимний период.

Похожие тенденции и закономерности в относительном изменении содержания азота и минеральных элементов питания отмечаются по отдельным вариантам опыта. В содержании азота отмечается его незначительное увеличение по отдельным вариантам при весеннем определении. Это объясняется мобилизацией азотного питания под влиянием ранневесенней подкормки озимой пшеницы аммиачной селитрой. Увеличение содержания минеральных элементов весной в сравнении с осенью

определяется их накоплением в процессе минерализации органического вещества почвы.

В табл. 2 приведена характеристика влияния анализируемых показателей на урожайность ячменя подобно результатам по озимой пшенице. Различия в урожайности между отдельными частями делянок зависели от комплекса сопутствующих условий.

Т а б л и ц а 2

Сравнительная характеристика зависимости урожайности ячменя и сопутствующих агрохимических показателей пахотного (0-20 см) слоя почвы в 2011-2012 гг.

Показатель	Точная				Традиционная			
	отвальная		минимальная		отвальная		минимальная	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Урожайность, т/га	4,02	3,73	4,37	3,81	4,33	3,87	4,42	4,00
<i>Осень 2011 г.</i>								
Содержание гумуса, %	2,50	2,23	2,67	2,21	2,36	1,91	2,69	2,47
Содержание общего азота, %	0,113	0,103	0,113	0,108	0,114	0,102	0,115	0,106
Содержание подвижного фосфора, мг/кг почвы	271	233	262	179	164	135	149	140
Содержание обменного калия, мг/кг почвы	229	180	184	124	196	149	22-	171
<i>Весна 2012 г.</i>								
Содержание гумуса, %	2,88	2,65	2,83	2,77	2,67	2,48	2,62	2,36
Содержание общего азота, %	0,124	0,116	0,122	0,116	0,114	0,105	0,113	0,101
Содержание подвижного фосфора, мг/кг почвы	277	240	267	182	169	139	153	144
Содержание обменного калия, мг/кг почвы	232	181	187	126	200	150	225	176

HCP_{05} (А, технология) = 0,19; HCP_{05} (В, обработка) = 0,22; HCP_{05} (С, полоса) = 0,10 т/га.

Условное деление делянок на нечетную (I) и четную (II) части позволило сделать вывод о превосходстве первой половины, на которой в предшествующие годы под озимую пшеницу вносили подкормки в фазы, указанные ранее. Таким образом, делянки, удобренные, когда на этом поле была озимая пшеница, проявили последствие под ячменем через два года чередования культур в севообороте.

При сравнении урожайности ячменя положительно зарекомендовала себя традиционная технология. Разница с точной составила от 0,1 до 0,2 т/га.

Среди обработок почвы выделялась минимальная по традиционной технологии, различие с точной составило 0,05-0,20 т/га. Между вариантами технологий внутри вспашки разница была на уровне 0,14-0,31 т/га.

Условное деление делянок на нечетную (I) и четную (II) части позволило сделать вывод о превосходстве первой половины. Так, различия внутри обработок колебались в среднем от 0,1 до 0,4 т/га.

Соответственно изменялись величины сопутствующих показателей. Соответственно изменялись агрохимические показатели плодородия почвы, имея максимальную величину на тех делянках, где была сформирована наибольшая урожайность ячменя. При этом интервал осеннего содержания гумуса составил 1,9-2,6%, весеннего — 2,50-2,90%, т.е. наблюдается прирост данной величины за счет гумификации органических остатков в осенне-зимний период. Также отмечается нарастание содержания общего азота, подвижных форм фосфора и калия от осеннего к весеннему определению.

Графическое изображение содержания гумуса почвы под озимой пшеницей и ячменем приводится на рис. 1 и 2. Здесь наглядно демонстрируется преимущество того или иного варианта с указанием принадлежности к соответствующим технологиям, обработки почвы, применения подкормок и их последствий.

Среди биологических показателей наиболее важными представляются биологическая активность и токсичность почвы, имеющие противоположные значения. При увеличении активности токсичность снижается и наоборот. На рис. 3 и 4 представлены изменения значений этих двух показателей.

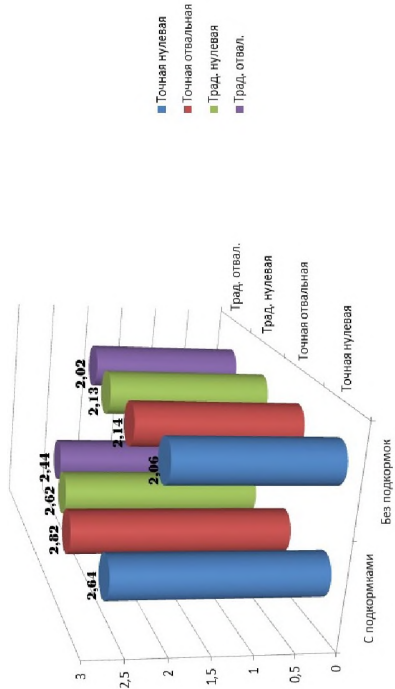
Первый показатель определялся методом распада льняных полотен в почве после нахождения в ней в течение от 45 до 50 сут. Биологическая активность почвы под озимой пшеницей характеризовалась наибольшей величиной по отвальной обработке в сравнении с нулевой с проведением подкормок в период вегетации и без таковых. Разница составляла в среднем от 2,5 до 5,5%. Различия по технологиям менее существенно, имело величину порядка 1-2%.

На полях с ячменем биологическая активность микроорганизмов на различных обработках почвы различалась в меньшей степени, достигая порядка 1,5-2,5%. Точная технология незначительно опережала по абсолютной величине традиционную в среднем на 1-2%, что связано с лучшими условиями термо — влажностного режима почвы на делянках точного земледелия.

Обратной характеристикой и величиной биологической активности почвы является ее биологическая токсичность, которую определяли методом растительных тестов с использованием семян яровой пшеницы.

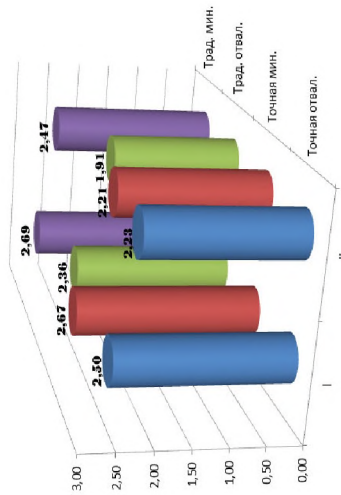
Среди зерновых культур почва более токсичной оказалась под озимой пшеницей, особенно на нулевой обработке. Вспашка снижала величину биологической токсичности почвы под этой культурой. Просматривается преимущество точной технологии, однако четкой закономерности ее влияния не установлено. Под ячменем почва оказалась менее токсичной в связи с тем, что культура меньше время произрастает на поле и почва в меньшей степени подвержена воздействию патогенной микрофлоры. Распределение вариантов схоже с озимой пшеницей, однако различия между обработками составили меньшую величину.

Приводимый показатель биологической активности тесно взаимодействует с такой важной характеристикой почвенного плодородия, как содержание гумуса в пахотном слое почвы. Нами рассчитаны уравнения регрессии и коэффициенты корреляции. Так, под озимой пшеницей регрессионное уравнение представле-

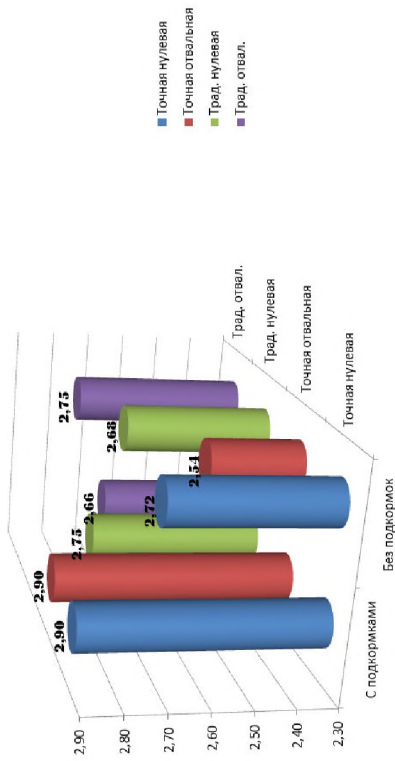


Содержание гумуса осенью 2011 г. в слое почвы 0–20 см., %

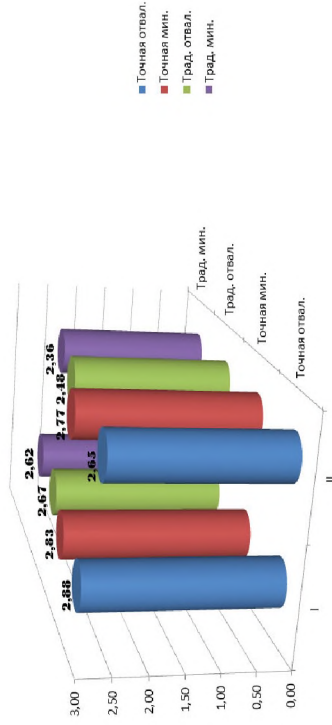
Рис. 1. Содержание гумуса в слое почвы 0–20 см под озимой пшеницей в 2011–2012 гг., %



Содержание гумуса осенью 2011 г. в слое почвы 0–20 см., %



Содержание гумуса весной 2012 г. в слое почвы 0–20 см., %



Содержание гумуса весной 2012 г. в слое почвы 0–20 см., %

Рис. 2. Содержание гумуса в слое почвы 0–20 см под ячменем в 2011–2012 гг., %

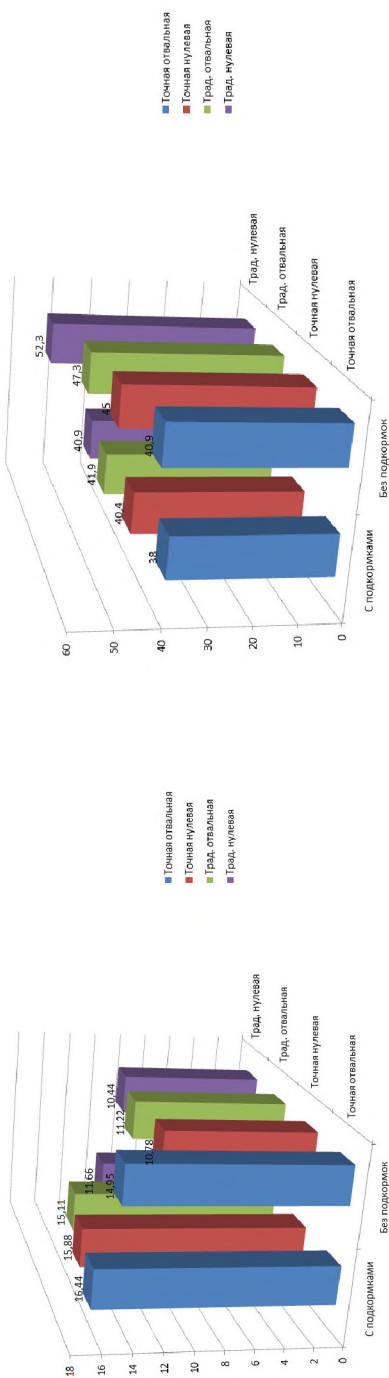


Рис. 3. Биологическая активность и токсичность почвы под озимой пшеницей в 2012 г. по вариантам опыта

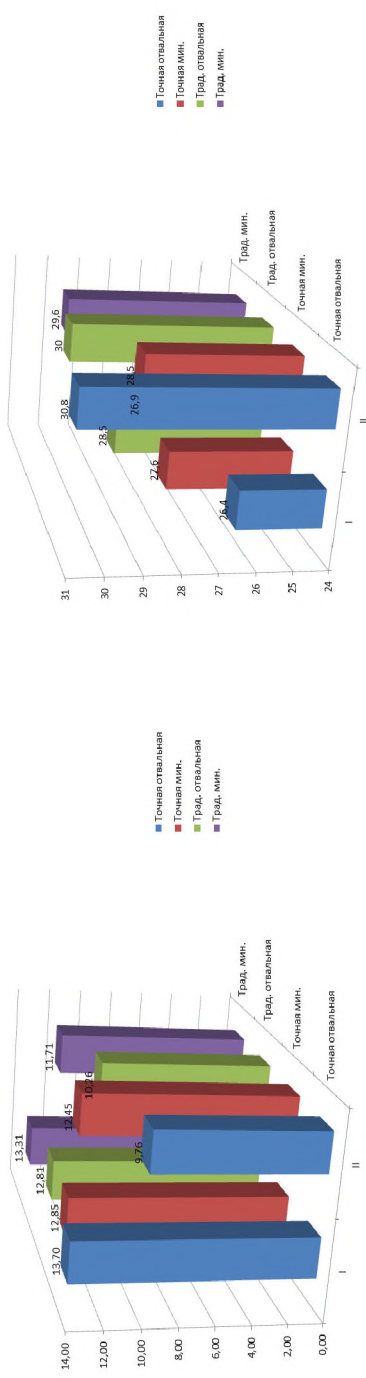


Рис. 4. Биологическая активность и токсичность почвы под ячменем в 2012 г. по вариантам полевого опыта

но как $y = 19,055x^2 - 88,332x + 112,08$, где x — содержание гумуса в 0-20 см слое почвы, %; y — биологическая активность почвы, коэффициент корреляции равен 0,77 (рис. 5).

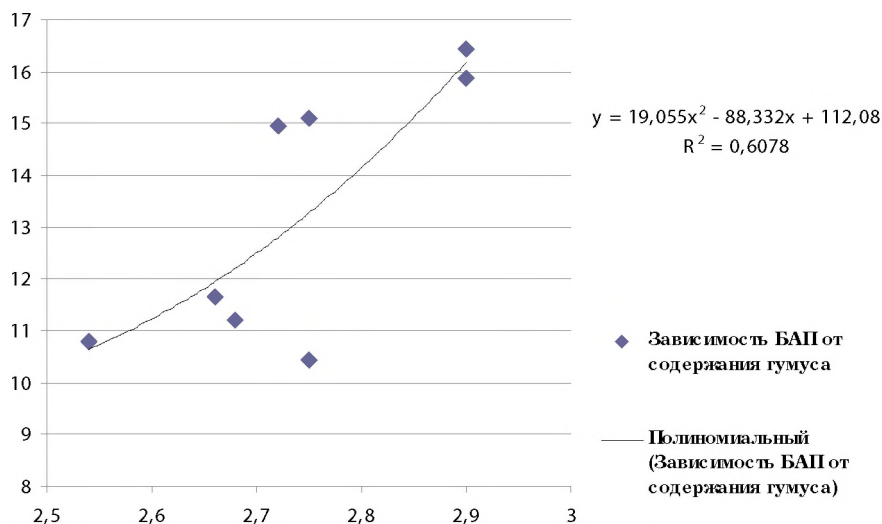


Рис. 5. Зависимость БАП от содержания гумуса в почве под озимой пшеницей

Под ячменем корреляционная зависимость выражается уравнением регрессии $y = 13,759x^2 - 67,762x + 94,643$, коэффициент корреляции 0,54 (рис. 6).

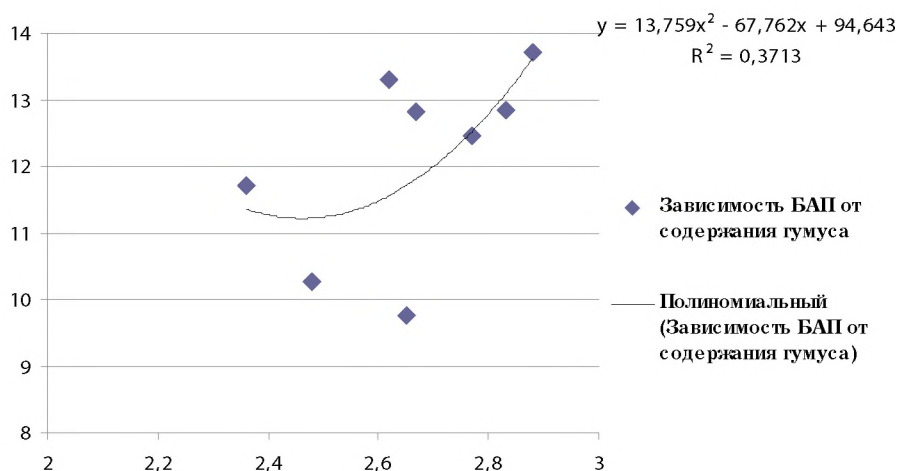


Рис. 6. Зависимость БАП от содержания гумуса в почве под ячменем

Из графиков видно, что под озимой пшеницей зависимость более значима, ввиду того, что подкормки вносились непосредственно в посевах озимой пшеницы и взаимосвязь приводимых показателей проявляется наиболее четко, чем на ячмене.

Заключение

1. На содержание гумуса и азота в 0-20 см слое почвы наибольшее влияние оказывали технологии возделывания озимой пшеницы и внесение удобрений в виде подкормок под нее.

2. Различия в содержании гумуса и азота между четными и нечетными полосами математически достоверны. При весеннем определении агрохимических показателей в зависимости от технологии возделывания разницы не наблюдалось, а при осеннем определении прослеживается преобладание варианта точной технологии.

3. Под озимой пшеницей зависимость урожайности от биологической активности и токсичности почвы прослеживается более значимо, чем на ячмене. Это связано с тем, что подкормка аммиачной селитрой проводилась непосредственно посевов озимой пшеницы.

4. Установлены и статистически доказаны различия по урожайности озимой пшеницы между всеми вариантами, изучаемыми в опыте. При сравнении вариантов по урожайности ячменя наиболее явно прослеживается влияние последствия удобренных в прошлом нечетных полос. Различия с четными полосами в пользу нечетных на величину, превышающую НСР Достоверность данных по обработке почвы наблюдается только на делянках с традиционной технологией, эффективной оказалась минимальная обработка. При сравнении технологий возделывания ячменя доказано преимущество точной в случае отвального фона обработки почвы.

Библиографический список

1. Балабанов В.И., Березовский Е.В. Технологии точного земледелия и опыт их применения//ГЛОНАСС-вестник. 2011. № 1. С. 20-25.
2. Беленков А.И. Результаты полевого опыта Центра точного земледелия в различных агрометеорологических условиях его проведения // Адаптация сельского хозяйства России к меняющимся погодно-климатическим условиям: Сб. докладов Международной научно-практической конференции. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. С.140-147.
3. Беленков А.И., Железова С.В., Березовский Е.В., Мазиров М.А. Элементы технологии точного земледелия в полевом опыте РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // Известия ТСХА. 2011. Вып. 6. С. 90-100.
4. Беленков А.И., Березовский Е.В., Железова С.В. Информационное обеспечение точных агротехнологий в полевом опыте ЦТЗ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // Информационные и телекоммуникационные технологии. 2012. № 16. С. 12-18.
5. Белошапкина О.О., Беленков А.И., Гриценко В.В., Полин В.Д. Сравнительная эффективность технологий возделывания зерновых культур в полевом опыте ЦТЗ // Земледелие. 2012. №4. С. 44-46.
6. Березовский Е.В., Железова С.В., Самсонова В.П. Опыт составления карт для точного земледелия // Аграрное обозрение. 2010. № 2. С. 43-46.
7. Боровкова А.С., Цирулев А.П. Дифференцированное внесение минеральных удобрений в условиях лесостепи Самарской области // Агрономия и защита растений. 2012. № 3. С. 11-15.
8. Точное сельское хозяйство (precision agriculture) / Под ред. Д. Шпаара, А.В. Захаренко, В.П. Якушева. СПб. Пушкин, 2009. 400 с.

9. Якушев В.В., Воронаев В.В., Лекомцев И.В. Технология точного земледелия: опыт внедрения на полях Меньковской опытной станции АФИ РАСХН // Ресурсосберегающее земледелие. 2009. № 2. С. 31-34.

10. Belenkov A.I., Gelezova S. V, Berezovky E. V, Mazirov MA. Precision agriculture methods in a field experiment of Russian Timiryazev state agricultural university // Izvestiya of Timiryazev agricultural academy. 2012. Special Issue. P. 94-101.

AGROCHEMICAL AND BIOLOGICAL SOIL FERTILITY CHARACTERISTIC OF PAC EXPERIMENTAL PLOT

A.I. BELENKOV, A.YU. TYUMAKOV, SABO UMAR, D.S. MOKICHEVA

(RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev)

The article analyzes some of agrochemical and biological soil fertility indexes of PAC experimental plot.

Keywords: precision agriculture, technologies, tillage, experiment variants, humus; nitrogen, phosphorus, potassium content; biological soil activity and toxicity.

Беленков Алексей Иванович — д.с.-х.н., профессор кафедры земледелия и МОД ФГБОУ ВПО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8 (499) 976-08-51; e-mail: mazirov@timacad.ru).

Тюмаков Александр Юрьевич — аспирант кафедры земледелия и МОД ФГБОУ ВПО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8 (499) 976-08-51; e-mail: mazirov@timacad.ru).

Сабо Умар Мохаммед — аспирант кафедры земледелия и МОД ФГБОУ ВПО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8 (499) 976-08-51; e-mail: mazirov@timacad.ru).

Мокичева Дарья Сергеевна — магистр кафедры земледелия и МОД ФГБОУ ВПО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8 (499) 976-08-51; e-mail: mazirov@timacad.ru).