

Lands area of Kazakhstan // Environmental Research Letters. – 2015. – Vol. 10 (5). [Elektronnyi resurs]: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/5/054012/pdf>. (data obrashcheniya 23.03.2016).

6. Garkusha A.A., Nikitina E.D. O novykh nauchnykh dostizheniyakh Altaiskogo NIISKh v oblasti seleksii polevykh kul'tur // Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaistvu: sbornik statei: v 3 kn. / XI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (4-5 fevralya 2016 g.). – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2016. – Kn. 2. – S. 8-10.

7. V 33 sel'skikh raionakh Altaiskogo kraia i stolitse regiona – gorode Barnaule –

vvoditsya rezhim chrezvychainoi situatsii v svyazi s anomal'nymi pogodnymi usloviyami. 26.07.2012 g. // Ofitsial'nyi sait Altaiskogo kraia [Elektronnyi resurs]: http://www.altaregion22.ru/region_news/e211473.html. (data obrashcheniya 23.03.2016).

8. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy). – M.: Kolos, 1979. – 416 s.

9. Raspisanie pogody [Elektronnyi resurs]: <http://rp5.ru>. (data obrashcheniya 22.03.2016).



УДК 631.84:631.415:631.418

В.И. Макаров
V.I. Makarov

**ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ
НА КИСЛОТНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ
И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИХ ВОД**

**THE EFFECT OF NITROGEN FERTILIZERS ON THE ACIDITY OF SOD-PODZOLIC SANDY LOAM
SOIL AND LYSIMETRIC WATER CHEMICAL COMPOSITION**

Ключевые слова: кислотность почвы, азотные удобрения, сульфат аммония, аммиачная селитра, карбамид, физиологическая кислотность, подкисление почвы, нитрификация, вымывание нитратов, лизиметрические воды, дерново-подзолистые почвы.

В вегетационных опытах (2014-2015 гг.) изучали влияние сульфата аммония (Na), аммиачной селитры (Naa) и карбамида (Nm) на кислотность дерново-подзолистой супесчаной почвы и состав лизиметрических вод. В эксперименте моделировали промывной водный режим и разную периодичность внесения удобрений на двух фонах (без растений и бархатцы отклоненные). Применение Na в парующей почве сопровождается сильным подкислением почвы: pH солевой вытяжки (pH_{KCl}) – на 1,27 ед. и гидролитической кислотности (Hг) – на 2,31 ммоль/100 г. Подкисляющее действие Na при его использовании для удобрения бархатцев ниже: pH_{KCl} сместилась на 1,08 ед. и Hг – на 2,13 ммоль/100 г. При компостировании почвы Naa обладает подкисляющим действием аналогичным Na. Использование Naa в качестве удобрения бархатцев существенно снижает это негативное свойство агрохимиката: pH_{KCl} снизилась всего на 0,47 ед., Hг – на 1,02 ммоль/100 г. С повышением частоты применения Na и Naa физиологической кислотности этих удобрений снижается. Карбамид, по сравнению с Na и Naa, вызывает слабое подкисление компостируемой почвы и нет влияния периодичности внесения Nm на кислотность почвы. Внесение в почву всех форм азотных удобрений приводит к возрастанию удельной электропроводности лизиметрических вод. В вариантах с растениями минерализованность лизи-

метрических вод ниже. Наибольшие потери NO₃⁻ с дренажными водами установлены при внесении Naa. Сульфат аммония достоверно повышает концентрацию NO₃⁻ в лизиметрических водах только при его применении в парующей почве. Увеличение частоты внесения азотных удобрений снижает концентрацию NO₃⁻ в лизиметрических водах, за исключением варианта с Nm. Установлена тесная корреляционная связь между обменной кислотностью почвы (pH_{KCl}) с составом лизиметрических вод: удельной электропроводностью (R= 0,77), содержанием Ca²⁺ и Mg²⁺ (R= 0,73) и нитратов (R= 0,97). Концентрация калия в лизиметрических водах низкая и слабо зависела от использованных удобрений.

Keywords: soil acidity, nitrogen fertilizers, ammonium sulphate, ammonium nitrate, carbamide, physiological acidity, soil acidification, nitrification, nitrate washing-out, lysimetric water, sod-podzolic soil.

The effects of ammonium sulphate (Na), ammonium nitrate (Naa) and carbamide (Nm) on the acidity of sod-podzolic sandy loam soil and lysimetric water chemical composition were studied in greenhouse trials in 2014 and 2015. A washout water regime and various time-frames of fertilizer application against two backgrounds (no plants and spreading marigolds) were simulated in the trials. The application of Na in fallow soil is accompanied by heavy soil acidification: pH of salt extract (pH_{KCl}) – by 1.27 units and hydrolytic acidity – by 2.31 mmol per 100 g. The acidifying effect of Na when fertilizing marigolds is lower: pH_{KCl} has shifted by 1.08 units and hydrolytic acidity – by 2.13 mmol 100g. In soil composting,

Naa has the acidifying effect similar to Na. The use of Naa as marigolds fertilizer substantively decreases this negative property of the chemical: pH_{KCl} decreases only by 0.47 units, and hydrolytic acidity – by 1.02 mmol 100 g. With more frequent use of Na and Naa their physiological acidity decreases. Carbamide, as compared to Na and Naa, causes minor acidification of composted soil, and there is no effect of Nm application frequency on soil acidity. The application of all forms of nitrogen fertilizers leads to increased specific electrical conductivity of lysimetric water. In the variant with plants, the extent of lysimetric water mineralization is lower. The greatest

loss of NO_3^- with drainage water is found by Naa application. Ammonium sulphate significantly increases NO_3^- concentration in lysimetric water only when applied to fallow soil. More frequent use of nitrogen fertilizers reduces NO_3^- concentration in lysimetric water except for the variant with Nm. A close correlation of exchangeable soil acidity (pH_{KCl}) with lysimetric water chemical composition is revealed: specific electrical conductivity ($R = 0.77$), the content of Ca^{2+} and Mg^{2+} ($R = 0.73$), and nitrates ($R = 0.97$). Potassium concentration in lysimetric water is low and weakly depends on the applied fertilizers.

Макаров Вячеслав Иванович, к.с.-х.н., доцент, проф. каф. агрохимии и почвоведения, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. Тел.: (3412) 73-30-77. E-mail: makaroffVI@yandex.ru.

Makarov Vyacheslav Ivanovich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Prof., Chair of Agro-Chemistry and Soil Science, Izhevsk State Agricultural Academy. Ph.: (3412) 73-30-77. E-mail: makaroffVI@yandex.ru.

Азотным удобрениям принадлежит ведущая роль в формировании урожая сельскохозяйственных культур. Однако эти агрохимикаты характеризуются рядом свойств, негативно сказывающихся на состоянии окружающей природной среды. Длительное применение азотных удобрений может привести и к неблагоприятным экологическим последствиям для плодородия почвы – к существенному изменению их кислотно-щелочного состояния [1, 2].

Учеными установлены несколько механизмов подкисляющего действия минеральных удобрений [3]. Наиболее известным из них является «Физиологическая кислотность солей». При внесении таких агрохимикатов подкисляется почва из-за преимущественного использования растениями катионов. В научных публикациях и производственных изданиях конструируется сильное подкисляющее действие аммонийных, аммонийно-нитратных, амидных, аммиачных форм агрохимикатов [4-7]. Однако, по данным Н.Г. Фадькина с соавторами [8], даже длительное использование (45 лет) аммиачной селитры, карбамида, аммиачной воды, относящихся к «физиологически кислым» [9], не приводит к подкислению серой лесной тяжелосуглинистой почвы. По сведениям А.С. Башкова [10] двадцатичетырехлетнее применение азотных удобрений с ежегодными дозами N51 в форме аммиачной селитры на дерново-подзолистых суглинистых почвах Удмуртии привело к увеличению гидролитической кислотности всего на 0,88 ммоль/100 г, что явно меньше расчетных значений. Кроме того, установлено, что подкисляющее действие агрохимикатов может существенно варьировать от различных ландшафтно-экологических условий [11, 12]. Следует отметить, что почвы аг-

роценозов с промывным водным режимом даже без применения минеральных удобрений подвержены к возрастанию активной и потенциальной кислотности [6].

«Физиологическая кислотность» как механизм подкисляющего действия солей не объясняет фактически установленные экспериментальные данные изменения кислотно-щелочного состояния почвы под воздействием минеральных удобрений. На наш взгляд, существует множество других процессов, протекающих в почве, прямо или косвенно влияющих на подкисляющее действие агрохимикатов [13, 14]. Так, нитрификация азота удобрений и последующее вымывание нитратов из почвы могут привести к следующим результатам:

- подкисляющее действие аммонийных, аммиачных, амидных форм удобрений будет больше величины теоретической физиологической кислотности;
- формируется подкисляющее действие у аммонийно-нитратных, амидных и жидких аммиачных удобрений, которые по нашим расчетам являются «физиологически нейтральными»;
- подщелачивающее действие нитратных форм удобрений будет меньше величины теоретической физиологической щелочности.

Целью исследований явилось изучение влияния форм азотных удобрений и периодичности их использования на кислотность дерново-подзолистой супесчаной почвы и состав лизиметрических вод.

Методика исследований

Исследования проведены в 2014-2015 гг. в ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА путем постановки краткосрочного вегетационного опыта. Для закладки были использованы сосу-

ды Кирсанова с поддонами. Масса почвы в сосуде 6 кг. Количество повторностей 4 в вариантах с чистым паром и 6 – с растениями.

Объектом исследований явилась дерново-подзолистая супесчаная почва со следующей агрохимической характеристикой: рН солевой суспензии (рН_{KCl}) 5,62 ед.; гидролитическая кислотность (Нг) 2,31 ммоль/100 г; сумма обменных оснований 12,6 ммоль/100 г; содержание подвижных форм фосфора и калия 79 и 83 мг/кг соответственно, обменного аммония 25,5 мг/кг; нитратов 1,41 мг/кг; органического вещества (гумуса) – 1,51%. Почва в вариантах 1, 3, 6, 9 содержалась в виде чистого пара, в остальных выращивались бархатцы отклоненные (*Tagetes patula* L.) – растения, обладающие высоким выносом биогенных элементов. В качестве азотных удобрений использовались сульфат аммония (Na), аммиачная селитра (Naa) и карбамид (Nm). Общая ежегодная доза удобрений 0,12 гN/кг почвы. В вариантах 3, 4, 6, 7, 9, 10 удобрения в виде 5%-ных водных растворов вносились в почву ежемесячно 15 числа мая, июня, июля и августа (4 раза за вегетационный период), а в вариантах 5, 8, 11 – ежедекадно (12 раз). Перед закладкой опыта в почву внесли фоновый монофосфат калия в дозе 0,3 г/кг почвы.

Закладка опыта 10.05.2014 г. Отбор проб почв для агрохимического анализа проведен в два срока – 10.09.2014 г. и 15.09.2015 г. Лизиметрические воды в количестве 0,5 л на сосуд получены при избыточном поливе 30.07.2014 г.

Гидролитическую кислотность почв и рН солевой суспензии анализировали потенциометрически [15], химический состав лизиметрических вод – по методам, реко-

мендованным для исследования водных почвенных вытяжек [16].

Результаты исследований

Установлено, что кислотность дерново-подзолистой супесчаной почвы является динамичным показателем во времени. Даже компостирование почвы без удобрений сопровождается снижением кислотности почвы – в первый срок наблюдений (10.09.2014) рН солевой вытяжки изменилась с 5,62 ед. до 5,73 рН (табл. 1). В последующем этот процесс продолжился. В то же время выращивание растений на дерново-подзолистой супесчаной почве сопровождается небольшим подкислением, установленным как по величине рН_{KCl}, так и Нг.

Внесение азотных удобрений также существенно влияет на кислотно-щелочное состояние почвы. Применение аммонийной формы удобрения – сульфата аммония – сопровождается сильным подкислением почвы. Причем, выявлено существенное возрастание потенциальной кислотности почвы при ее компостировании (без растений): рН_{KCl} – на 1,27 ед. рН и Нг – на 2,31 ммоль/100 г. В последующем гидролитическая кислотность почвы еще усилилась до 4,47 ммоль/100 г. Следует отметить, что подкисляющее действие сульфата аммония при его использовании для удобрения растений значительно ниже: обменная кислотность сместилась на 1,08 ед. рН и гидролитическая – на 2,13 ммоль/100 г. На более высокий потенциал подкисления почв от азотных удобрений при отсутствии растений указывали и другие исследователи [17]. Увеличение частоты внесения Na с ежемесячного до еженедельного также достоверно снижает физиологическую кислотность агрохимиката.

Таблица 1

Влияние форм азотных удобрений на кислотно-щелочное состояние дерново-подзолистой супесчаной почвы. Вегетационный опыт, 2014 г.

Вариант: наименование удобрения, наличие растений, кратность применения	рН солевой суспензии		Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г	
	10.09.2014	15.09.2015	10.09.2014	15.09.2015
1. Без удобрений – чистый пар	5,73	5,93	1,83	1,86
2. Без удобрений – растения	5,93	5,80	1,53	2,14
3. Na – чистый пар (4 раза)	4,46	4,62	4,14	4,47
4. Na – растения (4 раза)	4,84	4,96	3,66	4,23
5. Na – растения (12 раз)	4,99	5,17	3,41	3,48
6. Naa – чистый пар (4 раза)	4,45	4,46	4,07	4,98
7. Naa – растения (4 раза)	5,46	5,47	2,55	2,86
8. Naa – растения (12 раз)	5,77	5,68	2,06	2,43
9. Nm – чистый пар (4 раза)	4,73	5,47	3,51	2,80
10. Nm – растения (4 раза)	5,76	5,43	1,82	2,83
11. Nm – растения (12 раз)	5,31	5,43	2,36	2,65
НСР ₀₅	0,18	0,10	0,39	0,23

Аммиачная селитра при компостировании почвы обладает подкисляющим действием, аналогичным сульфату аммония. Однако использование Naa в качестве удобрения бархатцев существенно снижает это негативное свойство агрохимиката. Так, в первый срок наблюдений pH солевой суспензии снизилась всего на 0,47 ед., гидролитическая кислотность – на 1,02 ммоль/100 г. Установлено, что повышение периодичности применения аммиачной селитры сопровождается снижением физиологической кислотности этого удобрения.

Закономерности подкисляющего действия карбамида несколько отличались. Данная форма удобрения, по сравнению с аммонийными и аммонийно-нитратными, вызывает не столь сильное подкисление компостируемой почвы. Кроме того, не установлено существенной разницы влияния периодичности внесения карбамида на потенциальную кислотность почвы к завершению вегетационного опыта.

Лизиметрический метод является востребованным в агрохимических экспериментах. Задачей исследований явилось выявление влияния азотных удобрений на содержание главных компонентов в лизиметрических водах – катионов кальция, магния и анионов нитратов. Дополнительно определяли pH среды и общую концентрацию солей в растворе кондуктометрическим методом – удельную электропроводность (УЭП).

Химический состав лизиметрических вод существенно изменился под воздействием использованных азотных удобрений (табл. 2).

Установлено, что в отличие от самой почвы лизиметрические воды характеризуются

значительно более высокой величиной pH среды. Однако диапазон определяемых значений был уже от 6,64 до 7,41 ед. pH, и различия по отдельным вариантам чаще были в пределах ошибки эксперимента. Установлено, что лизиметрические воды, полученные из компостируемых почв, подкисляются при использовании нитратной формы удобрения и подщелачиваются при применении амидной. Корреляционный анализ выявил, что между pH солевой вытяжки почвы и pH лизиметрических вод наблюдается слабая связь – $R=0,29$.

На общую концентрацию солей в лизиметрических водах влияли как использованные удобрения, так и выращиваемые в опыте растения. Так, при компостировании почвы без удобрений и растений УЭП составила 385 мСм/см, а в вариантах с бархатцами она снизилась до 168. Внесение же удобрений в компостируемую дерново-подзолистую почву сопровождается существенным возрастанием УЭП лизиметрических вод. Наибольшее значение было выявлено при использовании сульфата аммония при ежемесячном удобрении бархатцев (2351 мСм/см) и в чистом пару (1904). Несколько ниже значения установлены при применении аммонийно-нитратной формы удобрения. Выявлено, что в вариантах с растениями минерализованность лизиметрических вод проявляется существенно, наиболее сильно – при ежедекадном использовании агрохимикатов. Совершенно иная ситуация сложилась при использовании карбамида – выявлена сравнительно низкая величина УЭП лизиметрических вод, она слабо отличалась от периодичности применения и наличия растений.

Таблица 2

Влияние форм азотных удобрений на состав лизиметрических вод дерново-подзолистой супесчаной почвы. Дата отбора проб 30.07.2014. Вегетационный опыт, 2014 г.

Вариант: наименование удобрения, наличие растений, кратность применения	pH	УЭП, мСм/см	N-NO ₃ ⁻ /л	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ , ммоль/л	K ⁺ , ммоль/л
1. Без удобрений – чистый пар	7,05	385	15,9	4,3	0,038
2. Без удобрений – растения	7,15	168	1,9	2,5	0,015
3. Na – чистый пар (4 раза)	6,81	1904	41,9	25,9	0,038
4. Na – растения (4 раза)	6,54	2351	3,8	31,1	0,040
5. Na – растения (12 раз)	7,04	892	0,3	11,9	0,019
6. Naa – чистый пар (4 раза)	6,66	1569	120,1	17,1	0,043
7. Naa – растения (4 раза)	6,83	1295	115,9	13,0	0,023
8. Naa – растения (12 раз)	7,14	209	3,1	3,7	0,043
9. Nm – чистый пар (4 раза)	7,41	823	63,2	7,5	0,036
10. Nm – растения (4 раза)	6,80	720	39,2	7,1	0,009
11. Nm – растения (12 раз)	6,84	696	40,2	6,9	0,013
HCP ₀₅	0,28	248	26,8	1,8	0,019

Известно, что нитраты характеризуются слабой способностью к поглощению почвами. Поэтому большие потери NO_3^- нисходящим током воды обнаруживаются при использовании нитратсодержащих удобрений. Так, при применении аммиачной селитры содержание нитратов в лизиметрических водах достигло 120,1 мг $\text{N-NO}_3^-/\text{л}$ в варианте без растений и 115,9 – с бархатцами. Сульфат аммония достоверно повышает концентрацию NO_3^- в дренирующих водах только при его применении в парующей почве. Содержание нитратов при использовании карбамида также достоверно повышается. Увеличение периодичности внесения азотных удобрений достоверно снижает концентрацию NO_3^- в лизиметрических водах, за исключением варианта с карбамидом. Известно, что в катионном составе почвенного раствора преобладают ионы кальция и магния. Поэтому повышение содержания NO_3^- при применении азотных удобрений в опыте существенно увеличивает концентрацию Ca^{2+} и Mg^{2+} в лизиметрических водах. Концентрация калия в дренажном стоке оставалась на очень низком уровне и слабо зависела от использованных удобрений.

Для оценки влияния вымывания биогенных элементов из почвы на их кислотно-щелочное состояние был проведен корреляционно-регрессионный анализ. Было установлено, что между рН солевой вытяжки почвы (y , ед. рН) и удельной электропроводностью лизиметрических вод (x_1 , мСм/см) наблюдается тесная корреляционная связь – $R=0,77$. Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = -0,0006x_1 + 5,8208.$$

Аналогичная закономерность была получена и между обменной кислотностью почв (y , ед. рН) и содержанием ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в лизиметрических водах (x_2 , ммоль/л), связь – $R=0,73$. Уравнение регрессии имеет вид:

$$y = -0,0431x_2 + 5,7338.$$

Следует отметить, что между УЭП и концентрацией ионов кальция и магния в лизиметрических растворах наблюдается тесная связь ($R=0,98$). Таким образом, именно ионы этих двухвалентных металлов являются преобладающими катионами в исследованных лизиметрических водах.

Оценка связи рН солевой вытяжки с концентрацией нитратов в лизиметрических водах выявил лишь среднюю тесноту – $R=0,39$. Между концентрацией NO_3^- и суммой Ca^{2+} и Mg^{2+} выявлен очень низкий коэффициент корреляции – $R=0,02$. В то

же время при исключении из выборки вариантов с использованием сульфата аммония коэффициент парной корреляции между этими показателями достиг очень высокого значения – 0,97. Следовательно, при использовании Na на легких дерново-подзолистых почвах происходят потери сульфатов с двухвалентными катионами.

Заключение

В условиях промывного режима дерново-подзолистых супесчаных почв азотные удобрения вызывают подкисление почв в ряду « $\text{Na} = \text{Naa} > \text{Nm}$ » в чистом пару и « $\text{Na} > \text{Naa} > \text{Nm}$ » – под растениями. Использование азотных удобрений для корневой подкормки бархатцев снижает подкисляющее действие сульфата Na и Naa . С повышением частоты применения Na и Naa физиологическая кислотность этих удобрений снижается. Установлена тесная корреляционная связь между pH_{KCl} с составом лизиметрических вод: удельной электропроводностью ($R=0,77$), содержанием Ca^{2+} и Mg^{2+} ($R=0,73$) и NO_3^- ($R=0,97$).

Библиографический список

- Исупов А.Н. Влияние прямого действия известковых и минеральных удобрений на физико-химические свойства дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы // Агрономическому факультету Ижевской ГСХА – 60 лет: матер. Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – С. 27-29.
- Карпова А.Ю., Башков А.С., Бортник Т.Ю., Исупов А.Н., Дзюин Г.П., Дзюин А.Г. Влияние различных систем удобрения на мобилизацию подвижного алюминия в дерново-подзолистых почвах Среднего Предуралья // Матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Пермского НИИСХ. – Пермь, 2013. – Т. 1. – С. 249-258.
- Петербургский А.В. Агрохимия и физиология питания растений. – М.: Колос, 1971. – 333 с.
- Артюшин А.М., Державин Л.М. Краткий справочник по удобрениям. – М.: Колос, 1984. – 208 с.
- Haynes R.J., Swift R.S. Effect of trickle fertigation with three forms of nitrogen on soil pH, levels of extractable nutrients below the emitter and plant growth // Plant and Soil. – 1987. – Vol. 102 (2). – P. 211-221.
- Johnston A.E., Goulding K.W.T., Poulton P.R. Soil acidification during more than 100 years under permanent grassland and woodland at Rothamsted // Soil Use and

Management. – 1986. – Vol. 2 (1). – P. 3-10.

7. Кротких Т.А., Михайлова Л.А. Эколого-агрохимические основы применения удобрений в Предуралье: учебное пособие. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. – 335 с.

8. Фадькин Г.Н., Костин Я.В., Крючков М.М., Ушаков Р.Н. Влияние длительного применения разных форм азотных удобрений на изменение физико-химических свойств серой лесной тяжелосуглинистой почвы юга Нечерноземья // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2015. – № 3 (27). – С. 42-45.

9. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. – М.: Изд-во с.-х. лит-ры, 1963. – Т. 3. – 647 с.

10. Башков А.С. Оценка состояния и оптимизация плодородия почв. – Ижевск: РИО ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2016. – 134 с.

11. Смит У. Азот и кислотность // Зерно. – 2006. – № 3. – С. 70-73.

12. Hedlin R.A. An Additional Perspective // Canadian Journal of Agricultural Economics. – 1985. – Vol. 33 (Proceedings Issue). – P. 30-40.

13. Макаров В.И. К физиологической кислотности азотных удобрений // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 8. – С. 27-30.

14. Макаров В.И. Роль азотных удобрений в подкислении почв // Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА (16-18 октября 2013 г.). – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – С. 36-39.

15. Макаров В.И. Основной агрохимический анализ почв (с сервисной программой обработки результатов лабораторных испытаний): учебно-метод. пособие. – Ижевск: ФГОУ Ижевская ГСХА, 2010. – 54 с.

16. Макаров В.И. Физико-химические методы анализа: учеб. пособие. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2009. – 108 с.

17. De Vries W., Breeuwsma A. The relation between soil acidification and element cycling // Water, Air and Soil Pollution. – 1987. – Vol. 35 (3). – P. 293-310.

References

1. Isupov A.N. Vliyanie pryamogo deistviya izvestkovykh i mineral'nykh udobrenii na fiziko-khimicheskie svoystva dernovo-srednepodzolistoi srednesuglinistoi pochvy

// Agronomicheskomu fakul'tetu Izhevskoi GSKhA – 60 let. Mater. Vserossiiskoi nauch.-prakt. konf. – Izhevsk: FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA. 2014. – S. 27-29.

2. Karpova A.Yu., Bashkov A. S., Bortnik T. Yu., Isupov A. N., Dzyuin G.P., Dzyuin A.G. Vliyanie razlichnykh sistem udobreniya na mobilizatsiyu podvizhnogo alyuminiya v dernovo-podzolistykh pochvakh Srednego Predural'ya // Mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 100-letiyu Permskogo NIISKh: Tom 1. – Perm', 2013. – S. 249-258.

3. Peterburgskii A.V. Agrokhimiya i fiziologiya pitaniya rastenii. – M.: Kolos, 1971. – 333 s.

4. Artyushin A.M., Derzhavin L.M. Kratkii spravochnik po udobreniyam. – M.: Kolos, 1984. – 208 s.

5. Haynes R.J., Swift R.S. Effect of trickle fertigation with three forms of nitrogen on soil pH, levels of extractable nutrients below the emitter and plant growth // Plant and Soil. – 1987. – Vol. 102 (2). – P. 211-221.

6. Johnston A.E., Goulding K.W.T., Poulton P.R. Soil acidification during more than 100 years under permanent grassland and woodland at Rothamsted // Soil Use and Management. – 1986. – Vol. 2 (1). – P. 3-10.

7. Krotkikh T.A., Mikhailova L.A. Ekologo-agrokhimicheskie osnovy primeneniya udobrenii v Predural'e: uchebnoe posobie. – Perm': Izd-vo FGBOU VPO Permskaya GSKhA, 2013. – 335 s.

8. Fad'kin G.N., Kostin Ya.V., Kryuchkov M.M., Ushakov R.N. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya raznykh form azotnykh udobrenii na izmenenie fiziko-khimicheskikh svoistv seroi lesnoi tyazhelosuglinistoi pochvy yuga Nечernozem'ya // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2015. – № 3 (27). – S. 42-45.

9. Pryanishnikov D.N. Izbrannye sochineniya. T. 3. – M.: Izd-vo s.-kh. literatury, 1963. – 647 s.

10. Bashkov A.S. Otsenka sostoyaniya i optimizatsiya plodorodiya pochv. – Izhevsk: RIO FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2016. – 134 s.

11. Smit U. Azot i kislotnost' // Zerno. – 2006. – № 3. – S. 70-73.

12. Hedlin R.A. An Additional Perspective // Canadian Journal of Agricultural Economics. – 1985. – Vol. 33 (Proceedings Issue). – P. 30-40.

13. Makarov V.I. K fiziologicheskoi kislotnosti azotnykh udobrenii // Vestnik Al-

taiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 8. – S. 27-30.

14. Makarov V.I. Rol' azotnykh udobrenii v podkislennii pochv // Nauchnoe obespechenie APK. Itogi i perspektivy. Mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konfer., posvyashch. 70-letiyu FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA. 16-18 oktyabrya 2013 g. – Izhevsk: FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2014. – S. 36-39.

15. Makarov V.I. Osnovnoi agrokhimicheskii analiz pochv (s servisnoi programmoi

obrabotki rezul'tatov laboratornykh ispytaniy): uchebno-metodicheskoe posobie. – Izhevsk: FGOU Izhevskaya GSKhA, 2010. – 54 s.

16. Makarov V.I. Fiziko-khimicheskie metody analiza: uchebnoe posobie. – Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2009. – 108 s.

17. De Vries W., Breeuwsma A. The relation between soil acidification and element cycling // Water, Air and Soil Pollution. – 1987. – Vol. 35 (3). – P. 293-310.



УДК 635.2:632(571.15)

Е.В. Шишкина
Ye.V. Shishkina

ЭКОБИОЛОГИЯ И ВРЕДНОСНОСТЬ ЛУКОВОГО СКРЫТНОХОБОТНИКА В УСЛОВИЯХ КОЛОЧНОЙ СТЕПИ АТАЙСКОГО ПРИОБЬЯ

THE ECOBIOLOGY AND HARMFULNESS OF ONION WEEVIL IN THE FOREST-OUTLIER STEPPE OF THE ALTAI REGION' OB RIVER AREA (PRIOBYE)

Ключевые слова: луковый скрытнохоботник, вредитель, луковые культуры, трубчатые листья, устойчивость, насекомое, личинка, яйцекладка, инкубационный период, повреждение.

В условиях колочной лесостепи Алтайского края в 2008-2014 гг. нами были проведены исследования по определению экобиологии и выявлению вредоносности лукового скрытнохоботника на многолетних видах луковых культур. В настоящее время многолетние луки востребованы как производителями, так и в приусадебном овощеводстве. Однако возделывание луковых культур в условиях нашего региона сопряжено с обилием насекомых – фитофагов, которые в результате массового распространения и развития способны повреждать культуры на ранних фазах онтогенеза, что сопровождается значительными выпадениями растений, снижением их продуктивности, обесцениванием продукции, выращиваемой на зелень. Целью исследований было определение степени вредоносности фитофага и выделение наиболее устойчивых к этому вредителю видов многолетних луков. В процессе семилетнего мониторинга фитофага на четырех видах луковых культур уточнена экобиология развития вида в условиях колочной степи Алтайского Приобья. Повреждения, наносимые жуком, имеют вид укулов иголкой, расположенных тесно в ряд вдоль листа. Такие повреждения особенно опасны на начальных этапах онтогенеза, когда растение компенсировать такое воздействие не в состоянии. Фитофаг, питаясь, вызывает деформацию листьев, увядание молодых растений и их полную гибель. Не менее опасны повреждения, наносимые соцветиям, в результате питания на цветоножках происходит их усыхание, и, как следствие, растения не дают семян. Луковый скрытнохоботник откладывает яйца только на видах лука с трубчатыми листьями. Выявлены хорошо замет-

ные и легко наблюдаемые фенологические явления, совпадающие по времени с фазами развития лукового скрытнохоботника, так называемые «феносигналы». За годы исследований выявлено, что луковый скрытнохоботник, являясь фитофагом только видов с трубчатыми листьями, не повреждал лук алтайский.

Keywords: onion weevil (*Ceuthorrhynchus jakovlevi* Schze), insect pest, onion crops, hollow leaves, resistance, insect, larva, clutch, incubation period, damage.

The study to determine the ecobiology and harmfulness of onion weevil on perennial species of onion crops was conducted in the forest-outlier steppe of the Altai Region between 2008 and 2014. Currently, perennial onion species are in demand with both commercial growers and home vegetable gardening. However, onion crop growing in our region is associated with the abundance of phytophagous insects; owing to whole-scale distribution and development they can damage the crops at the early ontogenetic stages; this is accompanied by significant plant mortality, their reduced productivity and loss in value of green onions. The research goal was to determine the degree of phytophage harmfulness and identify the perennial onion species most resistant to the insect pest. The seven-year long monitoring of the phytophage on four onion crop species redefined the ecobiology of this species development in the forest-outlier steppe of the Altai Region's Priobye. The damage inflicted by the insect pest is in the form of pin-holes located closely in a row along a leaf. Such injuries are particularly harmful at the early ontogenetic stages when a plant is unable to compensate for these effects. A feeding phytophage causes leaf distortion, the wilt of young plants and their total mortality. The injuries inflicted to inflorescences are no less harmful; the pest feeding on flower-stalks