

УДК 631.84:631.559

ВКЛАД МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР. СООБЩЕНИЕ 1. АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ

© 2021 г. С. А. Шафран

*Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова
127550 Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия*

E-mail: shafran38@mail.ru

Поступила в редакцию 27.11.2020 г.

После доработки 11.01.2021 г.

Принята к публикации 10.04.2021 г.

Рассмотрены результаты исследования по влиянию агрохимических свойств почв на вклад азотных удобрений в формирование урожайности основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в нашей стране. Показано, что долевое участие азотных удобрений в урожае варьирует в широких пределах и зависит от биологических особенностей культур и агрохимических свойств почв, среди которых наибольшее влияние оказывала степень обеспеченности почв доступными формами азота. Независимо от метода определения по мере увеличения содержания азота в почве резко снижался вклад азотных удобрений в формирование урожайности. При переходе почв из категории низкой обеспеченности почв доступным азотом в повышенную вклад азотных удобрений в формирование урожайности озимой и яровой пшеницы, ярового ячменя на дерново-подзолистых почвах и картофеля на супесчаных почвах снижался в 2 и более раз, картофеля на суглинках – в 1.5 раза. Роль азотных удобрений в формировании урожайности льна-долгунца понижалась по мере увеличения гумусированности почв. При содержании гумуса <1.5% доля влияния азотных удобрений на урожай составляла 15–23%, при 1.5–2.0% – 12–19%, при >2.0% – 14%. Степень участия удобрений в формировании сахарной свеклы менялась от 6 до 18%.

Ключевые слова: вклад удобрений, азотные удобрения, агрохимические свойства почвы, минеральный азот, доступные формы азота.

DOI: 10.31857/S0002188121070097

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что эффективность минеральных удобрений принято оценивать по прибавкам урожая и по их окупаемости этой прибавкой. Вместе с тем, в отдельных случаях использовали такой показатель, как вклад или долевое участие удобрений в формирование урожайности сельскохозяйственных культур. Данный показатель можно применять не только в чисто познавательных целях, но и в оценке экономической эффективности применения удобрений в условиях производства. Основная трудность такой оценки заключается в том, что определение прибавки урожая от внесения удобрений в каждом сельскохозяйственном предприятии и тем более на каждом поле не представляется возможным и поэтому в таких случаях приходится прибегать к косвенным методам [1], среди которых наиболее приемлемым был признан метод долевого участия удобрений в формирование урожайности сельскохо-

зяйственных культур, на основе которого ЦИНАО разработаны инструкция и нормативы по определению экономической и энергетической эффективности применения удобрений [2]. Опыт работы этого периода показал, что данный метод стали успешно использовать специалисты сельского хозяйства, и он быстро распространился по территории страны. Вместе с тем, апробация показала, что этот метод более точно отражает условия крупных регионов – область, край, республика, экономический район, страна в целом [3].

При определении эффективности удобрений в границах административных районов, сельскохозяйственных предприятий и тем более полей метод долевого участия минеральных удобрений в формировании урожайности не может использоваться, т.к. коэффициенты долевого участия удобрений были разработаны на основе общесюжных нормативов определения потребности в удобрениях, в которых отражены данные только

по экономическим районам и внутри них по природным зонам. Они не были привязаны к типам почв и их агрохимическим свойствам, хотя эти факторы оказывают большое влияние как на урожайность, так и на эффективность удобрений. В целях совершенствования нормативных данных для определения экономической эффективности удобрений в условиях производства предпринимались различные подходы. Например, для условий Московской обл. делали поправку по районам с учетом бонитета почв по отношению к среднеобластному показателю [4]. В республике Беларусь для оценки плодородия почв также был использован бонитировочный балл, в котором отражались природные свойства почв и степень их агрохимической окультуренности. Для определения влияния уровня почвенного плодородия на урожайность основных сельскохозяйственных культур разработаны средние нормативы цены балла почвы. Для этого были использованы данные контрольных вариантов многочисленных полевых опытов Агрохимслужбы и Географической сети БССР [1].

Аналогичный подход был использован Молдавским филиалом ЦИНАО при оценке нормативной оплаты 1 кг д.в. и долевого участия удобрений в урожаях в районах и хозяйствах республики [5]. При этом отмечено, что приведенные примеры относились к периоду интенсивного применения минеральных удобрений в нашей стране. В настоящее время кардинально изменились экономические условия, наметилась устойчивая тенденция повышения цен на минеральные удобрения и снизилась покупательная способность сельхозтоваропроизводителей. В таких условиях внесение удобрений не всегда может окупиться стоимостью прибавки урожая, как это было ранее. Создались более жесткие условия для эффективного применения удобрений и, следовательно, возросли требования к грамотному, рациональному, научно обоснованному их применению. В связи с этим, использование усредненных нормативов потеряло смысл. Учитывая большую вариабельность агрохимических свойств почв не только внутри экономических районов и областей, но и в пределах одного хозяйства, расчеты по таким нормативам могут привести к неверным результатам.

В целях дальнейшего совершенствования нормативно-справочной базы, способствующей более эффективному применению минеральных удобрений, ВНИИА выполнены соответствующие разработки для основных зерновых культур, картофеля, льна-долгунца и сахарной свеклы [6–9]. Исходной информацией для этого послужили

полевые опыты, проведенные научно-исследовательскими учреждениями Геосети ВНИИА и агрохимической службой. Эти исследования позволили оценить влияние азотных, фосфорных и калийных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и их окупаемость прибавкой урожая. Наряду с этими показателями большую роль в оценке эффективности удобрений играет такой показатель, как вклад или доленое участие удобрений в формирование урожайности сельскохозяйственных культур, который можно использовать для определения их агрохимической и экономической эффективности в условиях производства.

Цель работы – изучение влияния комплекса агрохимических свойств различных почв на вклад азотных, фосфорных и калийных удобрений на формирование урожайности зерновых культур, картофеля, льна-долгунца и сахарной свеклы. В настоящем сообщении пойдет речь об азотных удобрениях.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Научной основой для выполнения работы были вышеупомянутые разработки, в которых представлены данные урожайности в зависимости от различных доз удобрений. Количество таких вариантов зависело от биологических особенностей культур, почвенных разновидностей и вида удобрений. Наибольшее количество вариантов представлено для азотных удобрений, поскольку на их эффективность оказывает влияние значительно больше факторов по сравнению с фосфорными и калийными. Например, на дерново-подзолистых и серых лесных почвах урожайность озимой пшеницы в контрольных вариантах приведена для 54 вариантов, включая рН, содержание минерального азота, подвижных форм фосфора и калия, для этих вариантов указаны прибавки урожая от азотных удобрений, примененных в 4-х дозах. В то же время, на черноземах и каштановых почвах в перечне агрохимических свойств отсутствуют данные реакции почвенной среды.

На эффективность азотных удобрений, внесенных под лен-долгунец, заметное влияние оказывали такие факторы как содержание гумуса и вид предшественника, и поэтому эти данные были включены в расчеты.

Все эти особенности были учтены при изучении влияния агрохимических свойств почв на вклад минеральных удобрений в формирование урожайности сельскохозяйственных культур.

Вклад или доленое участие удобрений в урожае определяли путем деления величины прибавки урожая на общий урожай. Полученный результат

выражали в %. В тех случаях, когда разница между вариантами составляла незначительную величину (1–2%), полученные данные объединяли.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что в мировом производстве и применении удобрений азотные занимают первое место. В России азот также сыграл важную роль в развитии земледелия. Во второй половине XX века в нашей стране быстрыми темпами стала развиваться промышленность по производству минеральных удобрений, и во все периоды внесение азотных удобрений преобладало над фосфорными и калийными. Даже в перестроечный период, когда наступил резкий спад в применении удобрений, использование азотных удобрений сократилось в меньшей степени по сравнению с фосфорными и калийными. Соотношение вносимых удобрений изменилось в пользу азота, составляя 62–64% от общего применения [10]. Это объясняется тем, что в целом эффективность азотных удобрений значительно выше по сравнению с фосфорными и калийными практически во всех природно-климатических зонах страны. Из результатов многочисленных полевых опытов следует, что при продвижении с севера на юг, хотя и происходило заметное снижение прибавки урожая озимой пшеницы от азота, но при низкой степени обеспеченности черноземных и каштановых почв минеральным азотом и высокой – подвижным фосфором можно получить на каждый 1 кг азота 10–15 кг зерна [10].

Согласно региональным нормативам окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая зерновых культур, на эффективность применения азотных удобрений под зерновые культуры оказывает влияние несколько агрохимических факторов: содержание доступных форм азота, подвижных форм фосфора и калия и реакция почвенной среды в зоне распространения дерново-подзолистых и серых почв [10]. Пользуясь этими данными, был определен вклад азотных удобрений в формирование урожайности основных зерновых культур, возделываемых в нашей стране.

Результаты исследования показали, что наибольшее влияние на долевое участие азотных удобрений в формирование урожайности озимой пшеницы отмечено на дерново-подзолистых почвах в вариантах с низкой степенью обеспеченности минеральным азотом и повышенной и высокой – подвижными формами фосфора и калия, а также на менее кислых почвах. В отдельных вариантах вклад достигал 50% (табл. 1, 2). На серых лесных почвах степень участия азотных удобрений

в формировании урожая озимой пшеницы также была достаточно высокой и составляла 31–36%. На черноземах выщелоченных и типичных долевое участие азота в урожае было достаточно высоким, тогда как на черноземах карбонатных и каштановых почвах – намного меньше.

Увеличение содержания минерального азота в почвах значительно снижало вклад азота удобрений в формирование урожайности озимой пшеницы, что можно объяснить с одной стороны меньшей прибавкой урожая, с другой – увеличением урожайности в контрольном варианте.

Влияние долевого участия азотных удобрений в формировании урожая яровой пшеницы в большей степени проявилось на дерново-подзолистых почвах, но гораздо в меньшей степени по сравнению с озимой пшеницей. По мере увеличения содержания подвижных форм фосфора и калия прослежена тенденция увеличения вклада азотных удобрений в формирование урожайности яровой пшеницы. На серых лесных почвах и черноземах выщелоченных долевое участие азотных удобрений оказалось почти в 2 раза меньше, чем для озимой пшеницы. Дозы азотных удобрений несущественно влияли на данный показатель (табл. 3).

Вклад азотных удобрений в формирование урожайности ярового ячменя на дерново-подзолистых почвах возможно было оценить только по степени обеспеченности легкогидролизующим азотом (по методу Корнфилда) и подвижным фосфором. Результаты свидетельствовали о том, что наибольшее влияние на участие азота в продукционном процессе проявилось при различной обеспеченности почв легкогидролизующим азотом (табл. 4). Причем степень этого влияния проявлялась в большей мере по сравнению с озимой пшеницей. При содержании легкогидролизующего азота < 100 мг/кг доля участия азотных удобрений в формировании урожая менялась от 24 до 39%, а при содержании > 150 мг/кг – 5–10%, т.е. в 4–5 раз меньше. Содержание подвижного фосфора также повлияло на данный процесс, но в меньшей степени по сравнению с содержанием легкогидролизующего азота. Дозы азота, так же как в опытах с озимой пшеницей, не оказали заметного влияния на вклад азотных удобрений в формирование урожайности.

Аналогичные закономерности выявлены также для картофеля, который возделывали на почвах различного гранулометрического состава и генезиса. Результаты исследования свидетельствовали о том, что вклад азотных удобрений в получение урожая картофеля на почвах с низкой

Таблица 1. Вклад азотных удобрений в формирование урожайности озимой пшеницы в зависимости от комплекса агрохимических свойств почв, %

| Почвы | Содержание P ₂ O ₅ | | | | | | | |
|--|--|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| | низкое | | | | выше среднего | | | |
| | Содержание K ₂ O | | | | | | | |
| | низкое | | выше среднего | | низкое | | выше среднего | |
| | N30 | N60 | N30 | N60 | N30 | N60 | N30 | N60 |
| Низкое содержание минерального азота | | | | | | | | |
| Дерново-подзолистые | <u>42</u> | <u>45</u> | <u>36</u> | <u>39</u> | <u>38</u> | <u>41</u> | <u>35</u> | <u>38</u> |
| | 45 | 48 | 40 | 42 | 40 | 44 | 38 | 40 |
| Серые лесные | <u>31</u> | <u>35</u> | <u>31</u> | <u>32</u> | <u>33</u> | <u>36</u> | <u>32</u> | <u>34</u> |
| | 32 | 35 | 31 | 33 | 33 | 36 | 32 | 35 |
| Черноземы выщелоченные | 27 | 27 | 24 | 27 | 22 | 27 | 25 | 28 |
| | 31 | 34 | 28 | 30 | 29 | 31 | 27 | 29 |
| обыкновенные | 21 | 23 | 20 | 22 | 21 | 23 | 20 | 22 |
| | 15 | 17 | 14 | 16 | 14 | 16 | 13 | 15 |
| карбонатные | 15 | 17 | 14 | 16 | 14 | 16 | 13 | 15 |
| | 15 | 18 | 12 | 14 | 13 | 15 | 12 | 14 |
| Повышенное содержание минерального азота | | | | | | | | |
| Дерново-подзолистые | <u>21</u> | <u>23</u> | <u>18</u> | <u>19</u> | <u>18</u> | <u>20</u> | <u>16</u> | <u>18</u> |
| | 23 | 25 | 17 | 19 | 20 | 22 | 18 | 18 |
| Серые лесные | <u>13</u> | <u>14</u> | <u>12</u> | <u>14</u> | <u>13</u> | <u>14</u> | <u>11</u> | <u>14</u> |
| | 13 | 14 | 12 | 13 | 13 | 15 | 12 | 13 |
| Черноземы выщелоченные | 9 | 10 | 9 | 10 | 9 | 10 | 9 | 9 |
| | 10 | 11 | 8 | 9 | 9 | 11 | 8 | 8 |
| обыкновенные | 6 | 7 | 6 | 6 | 6 | 7 | 5 | 6 |
| | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 |
| карбонатные | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 |
| | 5 | 6 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 |

Примечание. Над чертой – рН ≤ 5.5, под чертой – рН > 5.5.

степенью обеспеченности легкогидролизуемым азотом превышал 30% на дерново-подзолистых и на 21–26% – на серых лесных почвах. При этом разница в долевом участии азота при содержании легкогидролизуемого азота 50 и > 100 мг/кг на супесях составляла двукратную величину, на суглинках в вариантах с низким содержанием подвижных форм фосфора и калия разница увеличилась в 2.5 раза. В то же время, на суглинистых почвах определенное влияние на вклад азотных удобрений в формирование урожайности оказало повышение степени их обеспеченности подвижными формами фосфора и калия. Переход почв от низкой степени в повышенную способствовал приросту вклада при низком содержании легкогидролизуемого азота в зависимости от дозы в

1.3–1.4 раза, при среднем – в 1.6–2.1 раза, при повышенном – в 1.8–2.2 раза (табл. 5, 6).

Наибольшее влияние на прибавку урожая льносоломки от азотных удобрений оказывают величина рН, содержание гумуса и вид предшественника. Аналогичные закономерности прослежены и в отношении участия азотных удобрений в получении урожая (табл. 7). Из агрохимических факторов наибольшее влияние оказывало содержание гумуса в почвах. Сравнение полученных данных показало, что с увеличением гумусированности почв почти в 2 раза снижалась доля участия азотных удобрений в формировании урожайности льносоломки в опытах после зерновых предшественников. В тех случаях, когда лен возделывали после многолетних трав, содержание гумуса не оказало заметного влияния на вклад азотных

Таблица 2. Вклад азотных удобрений в формирование урожайности озимой пшеницы на дерново-подзолистых почвах, %

| Содержание в почве, мг/кг | | pH ≤5.0 | | | | pH >5.0 | | | |
|--|------------------|-------------------|----|----|-----|-------------------|----|----|-----|
| P ₂ O ₅ | K ₂ O | Дозы азота, кг/га | | | | Дозы азота, кг/га | | | |
| | | 30 | 60 | 90 | 120 | 30 | 60 | 90 | 120 |
| Содержание минерального азота в почве ≤5 мг/кг | | | | | | | | | |
| ≤50 | <80 | 42 | 45 | 46 | 43 | 45 | 48 | 48 | 46 |
| | 81–120 | 40 | 43 | 43 | 41 | 44 | 47 | 47 | 45 |
| | >120 | 36 | 39 | 39 | 38 | 47 | 42 | 43 | 41 |
| 51–100 | <80 | 44 | 45 | 46 | 45 | 49 | 50 | 51 | 50 |
| | 81–120 | 43 | 46 | 48 | 46 | 45 | 49 | 50 | 49 |
| | >120 | 39 | 42 | 43 | 42 | 42 | 45 | 46 | 45 |
| >100 | <80 | 38 | 41 | 43 | 44 | 40 | 44 | 46 | 46 |
| | 81–120 | 38 | 41 | 42 | 43 | 41 | 43 | 47 | 45 |
| | >120 | 35 | 38 | 40 | 40 | 38 | 40 | 42 | 43 |
| Содержание минерального азота в почве 5.1–10.0 мг/кг | | | | | | | | | |
| ≤50 | <80 | 32 | 35 | 35 | 33 | 34 | 38 | 38 | 36 |
| | 81–120 | 31 | 34 | 34 | 32 | 34 | 36 | 37 | 35 |
| | >120 | 28 | 30 | 30 | 29 | 30 | 32 | 33 | 31 |
| 51–100 | <80 | 33 | 37 | 38 | 37 | 36 | 39 | 40 | 39 |
| | 81–120 | 33 | 35 | 36 | 35 | 35 | 38 | 39 | 38 |
| | >120 | 30 | 32 | 33 | 32 | 32 | 35 | 35 | 34 |
| >120 | <80 | 28 | 31 | 33 | 33 | 31 | 34 | 35 | 36 |
| | 81–120 | 28 | 31 | 32 | 33 | 31 | 33 | 35 | 35 |
| | >120 | 26 | 28 | 30 | 30 | 28 | 32 | 32 | 33 |
| Содержание минерального азота в почве >10 мг/кг | | | | | | | | | |
| ≤50 | <80 | 21 | 23 | 24 | 22 | 23 | 25 | 26 | 26 |
| | 81–120 | 20 | 22 | 23 | 21 | 22 | 24 | 25 | 23 |
| | >120 | 18 | 19 | 20 | 19 | 19 | 21 | 22 | 20 |
| 51–100 | <80 | 22 | 25 | 25 | 25 | 24 | 27 | 28 | 27 |
| | 81–120 | 22 | 24 | 24 | 24 | 23 | 26 | 27 | 26 |
| | >120 | 19 | 21 | 22 | 21 | 21 | 23 | 23 | 23 |
| >100 | <80 | 18 | 20 | 22 | 22 | 20 | 22 | 23 | 24 |
| | 81–120 | 18 | 20 | 21 | 22 | 20 | 22 | 23 | 23 |
| | >120 | 17 | 19 | 19 | 20 | 18 | 20 | 21 | 21 |

удобрений в формирование урожайности льна-долгунца.

Величина pH практически не влияла на степень участия азотных удобрений в урожае льно-соломы после обоих предшественников. Дозы азота оказывали незначительное влияние на вклад азотных удобрений в формирование урожайности льна-долгунца, исключая дозу N80, при которой значительно снижалась прибавка урожая от внесения азота.

Сахарная свекла по своим биологическим свойствам относится к культурам, которые предъявляют более высокие требования к уровню почвенного плодородия и минерального питания по сравнению с другими полевыми культурами. Вклад минеральных удобрений в формирование урожайности сахарной свеклы в лесостепной зоне составляет 26–32%, в степной – 16–20% [11]. Основное производство сахарной свеклы сосредоточено в 8-ми регионах Центрального феде-

Таблица 3. Вклад азотных удобрений в формирование урожайности яровой пшеницы, %

| Содержание в почве, мг/кг | | Дозы азота, кг/га | | | | |
|-------------------------------|------------------|-------------------|----|----|-----|-----|
| P ₂ O ₅ | K ₂ O | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |
| Дерново-подзолистые почвы | | | | | | |
| <50 | <80 | 21 | 23 | 23 | 22 | 19 |
| | 81–120 | 24 | 26 | 26 | 25 | 22 |
| | >120 | 24 | 25 | 25 | 24 | 22 |
| 51–100 | <80 | 20 | 22 | 22 | 22 | 20 |
| | 81–120 | 21 | 23 | 23 | 23 | 21 |
| | >120 | 21 | 22 | 22 | 22 | 21 |
| >100 | <80 | 24 | 26 | 27 | 28 | 27 |
| | 81–120 | 26 | 27 | 28 | 28 | 28 |
| | >120 | 24 | 26 | 27 | 27 | 27 |
| Серые лесные почвы | | | | | | |
| <50 | <80 | 10 | 11 | 11 | 11 | 9 |
| | 81–120 | 12 | 13 | 13 | 12 | 11 |
| | >120 | 12 | 13 | 13 | 12 | 11 |
| 51–100 | <80 | 13 | 14 | 15 | 14 | 13 |
| | 81–120 | 14 | 15 | 16 | 15 | 14 |
| | >120 | 14 | 15 | 16 | 15 | 14 |
| >100 | <80 | 13 | 14 | 14 | 15 | 14 |
| | 81–120 | 14 | 15 | 16 | 16 | 16 |
| | >120 | 14 | 15 | 15 | 16 | 15 |
| Черноземы выщелоченные | | | | | | |
| <50 | <80 | 8 | 9 | 9 | 8 | 7 |
| | 81–120 | 9 | 10 | 10 | 10 | 9 |
| | >120 | 9 | 10 | 10 | 10 | 9 |
| 51–100 | <80 | 10 | 11 | 11 | 11 | 10 |
| | 81–120 | 11 | 12 | 12 | 12 | 11 |
| | >120 | 11 | 12 | 12 | 12 | 11 |
| >100 | <80 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | 81–120 | 12 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| | >120 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 |

рального округа, в 3-х – Южного и Северо-Кавказского, в 7-ми – Приволжского и в одном – Сибирского федерального округа. Эти регионы находятся в зоне распространения черноземных почв, которые, как известно, характеризуются более высоким плодородием по сравнению с другими почвенными разновидностями – дерново-подзолистыми, серыми лесными и каштановыми почвами. Вместе с тем, черноземные почвы, несмотря на то что относятся к одному генетическому типу, заметно различаются по агрохимическим свойствам. В связи с этим, для прогноза эффективности азотных удобрений уместно

Таблица 4. Вклад азотных удобрений в формирование урожайности ярового ячменя на дерново-подзолистых почвах, %

| Содержание P ₂ O ₅ в почве, мг/кг | Дозы азота, кг/га | | | |
|---|-------------------|----|----|-----|
| | 30 | 60 | 90 | 120 |
| Содержание легкогидролизуемого азота <100 мг/кг | | | | |
| ≤50 | 31 | 34 | 34 | 32 |
| 51–100 | 35 | 38 | 39 | 38 |
| >100 | 24 | 27 | 28 | 28 |
| Содержание легкогидролизуемого азота 101–150 мг/кг | | | | |
| ≤50 | 21 | 24 | 23 | 22 |
| 51–100 | 25 | 28 | 28 | 28 |
| >100 | 17 | 19 | 19 | 20 |
| Содержание легкогидролизуемого азота >150 мг/кг | | | | |
| ≤50 | 7 | 8 | 8 | 7 |
| 51–100 | 8 | 10 | 10 | 10 |
| >100 | 5 | 6 | 6 | 6 |

Таблица 5. Вклад азотных удобрений в формирование урожайности картофеля на дерново-подзолистых супесчаных почвах, %

| Содержание P ₂ O ₅ в почве, мг/кг | Дозы азота, кг/га | | | |
|---|-------------------|----|-----|-----|
| | 30 | 90 | 120 | 150 |
| Содержание легкогидролизуемого азота ≤50 мг/кг | | | | |
| 51–100 | 28 | 30 | 31 | 32 |
| 101–150 | 30 | 31 | 33 | 33 |
| >150 | 30 | 32 | 32 | 33 |
| Содержание легкогидролизуемого азота 51–100 мг/кг | | | | |
| 51–100 | 19 | 20 | 21 | 21 |
| 101–150 | 19 | 21 | 22 | 22 |
| >150 | 19 | 21 | 21 | 22 |
| Содержание легкогидролизуемого азота >100 мг/кг | | | | |
| 51–100 | 14 | 15 | 16 | 16 |
| 101–150 | 15 | 16 | 17 | 17 |
| >150 | 15 | 16 | 17 | 17 |

использовать иные методы, которые наряду с минеральными формами азота, могут учитывать азот низкомолекулярных органических соединений, которые в течение вегетационного периода могут минерализоваться [12].

К таковым можно отнести методы определения гидролизуемого азота по Тюрину–Кононовой, по Корнфилду и нитрификационной способности почв по Кравкову. В связи с этим, для выявления влияния различных методов определения доступных форм на эффективность приме-

Таблица 6. Вклад азотных удобрений в формирование урожайности картофеля на дерново-подзолистых су-глинистых почвах, %

| Содержание, мг/кг | | Дозы азота | | | |
|---|------------------|------------|----|-----|-----|
| P ₂ O ₅ | K ₂ O | 60 | 90 | 120 | 150 |
| Содержание легкогидролизуемого азота ≤50 мг/кг | | | | | |
| 51–100 | ≤80 | 25 | 27 | 29 | 30 |
| | 81–120 | 29 | 30 | 31 | 33 |
| | >120 | 31 | 33 | 34 | 35 |
| 101–150 | ≤80 | 30 | 31 | 32 | 34 |
| | 81–120 | 32 | 33 | 35 | 36 |
| | >120 | 35 | 36 | 37 | 38 |
| >150 | ≤80 | 32 | 34 | 35 | 35 |
| | 81–120 | 34 | 36 | 37 | 38 |
| | >120 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| Содержание легкогидролизуемого азота 51–100 мг/кг | | | | | |
| 51–100 | ≤80 | 12 | 13 | 15 | 17 |
| | 81–120 | 15 | 16 | 19 | 20 |
| | >120 | 19 | 20 | 22 | 23 |
| 101–150 | ≤80 | 16 | 18 | 19 | 21 |
| | 81–120 | 19 | 21 | 22 | 23 |
| | >120 | 22 | 23 | 25 | 26 |
| >150 | ≤80 | 19 | 21 | 22 | 24 |
| | 81–120 | 22 | 23 | 25 | 26 |
| | >120 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| Содержание легкогидролизуемого азота >100 мг/кг | | | | | |
| 51–100 | ≤80 | 3 | 10 | 12 | 14 |
| | 81–120 | 12 | 14 | 15 | 17 |
| | >120 | 15 | 17 | 18 | 19 |
| 101–150 | ≤80 | 13 | 14 | 16 | 18 |
| | 81–120 | 16 | 17 | 19 | 20 |
| | >120 | 19 | 20 | 22 | 23 |
| >150 | ≤80 | 16 | 17 | 19 | 20 |
| | 81–120 | 18 | 20 | 21 | 23 |
| | >120 | 21 | 22 | 24 | 25 |

нения азотных удобрений под сахарную свеклу агрохимической службой проведена серия полевых опытов. Обобщение результатов этих опытов показало наличие достаточно тесной связи между содержанием азота в почвах, независимо от метода определения, урожайностью сахарной свеклы и прибавкой урожая от азотных удобрений [9], и поэтому данные, показавшие влияние содержания азота в почвах на долевое участие азотных удобрений в формировании урожайности сахарной свеклы, представлены для 4-х методов.

Согласно полученным результатам, вклад азотных удобрений в формирование урожайности

Таблица 7. Вклад азотных удобрений в формирование урожайности льна-долгунца на дерново-подзолистых почвах, %

| рН | Дозы азота, кг/га | | | |
|----------------------------------|-------------------|----|----|----|
| | 20 | 40 | 60 | 80 |
| Предшественник зерновые культуры | | | | |
| Содержание гумуса <1.5% | | | | |
| ≤4.5 | 21 | 23 | 22 | 17 |
| 4.6–5.0 | 19 | 21 | 21 | 16 |
| 5.1–5.5 | 18 | 21 | 20 | 15 |
| 5.6–6.0 | 18 | 21 | 20 | 15 |
| Содержание гумуса 1.5–2.0% | | | | |
| ≤4.5 | 16 | 19 | 18 | 12 |
| 4.6–5.0 | 15 | 17 | 16 | 12 |
| 5.1–5.5 | 15 | 17 | 16 | 12 |
| 5.6–6.0 | 15 | 17 | 16 | 12 |
| Содержание гумуса >2.0% | | | | |
| ≤4.5 | 13 | 14 | 12 | 9 |
| 4.6–5.0 | 13 | 14 | 12 | 9 |
| 5.1–5.5 | 13 | 14 | 12 | 9 |
| 5.6–6.0 | 13 | 14 | 12 | 9 |
| Предшественник многолетние травы | | | | |
| ≤4.5 | 14 | 14 | 13 | 10 |
| 4.6–5.0 | 14 | 14 | 13 | 10 |
| 5.1–5.5 | 14 | 14 | 13 | 10 |
| 5.6–6.0 | 13 | 13 | 12 | 10 |

сти в значительной степени зависел от почвенных разновидностей и содержания доступных форм азота независимо от метода определения. Сравнение показателей черноземов выщелоченных и типичных показало, что содержание легкогидролизуемого азота, определенного методом Корн-филда, в обоих случаях заметно повлияло на степень участия азотных удобрений в урожае (табл. 8). Во всех рассмотренных случаях по мере увеличения запаса доступных форм азота снижалась роль азотных удобрений в продукционном процессе. При низкой степени обеспеченности почв азотом и при одинаковых дозах азотных удобрений их долевое участие отличалось незначительно между изученными объектами, исключая черноземы типичные, где их вклад в некоторых случаях оказался почти в 2 раза меньше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, рассмотренные результаты исследования показали, что вклад азотных удобрений в формирование урожайности сельскохо-

Таблица 8. Вклад азотных удобрений в формирование урожайности сахарной свеклы, %

| Содержание азота в почве, мг/кг | Дозы азота, кг/га | | | | |
|---|-------------------|----|-----|-----|-----|
| | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 |
| Центральный федеральный округ | | | | | |
| Черноземы выщелоченные (метод Корнфилда) | | | | | |
| ≤100 | 7 | 13 | 15 | 17 | 17 |
| 101–150 | 5 | 11 | 13 | 14 | 15 |
| 151–200 | 4 | 9 | 11 | 12 | 13 |
| >200 | 4 | 8 | 10 | 11 | 12 |
| Черноземы типичные (метод Корнфилда) | | | | | |
| ≤100 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 |
| 101–150 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| 151–200 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| >200 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 |
| Черноземы обыкновенные (метод Тюрина–Кононовой) | | | | | |
| ≤40 | 13 | 16 | 17 | 18 | 18 |
| 41–50 | 10 | 13 | 14 | 15 | 15 |
| 51–70 | 5 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| Южный федеральный округ | | | | | |
| Черноземы карбонатные (метод Кравкова) | | | | | |
| ≤5.0 | – | 15 | 20 | – | – |
| 5.1–8.0 | – | 11 | 14 | – | – |
| 8.1–15.0 | – | 9 | 13 | – | – |
| >15.0 | – | 1 | 1 | – | – |
| Сибирский федеральный округ | | | | | |
| Черноземы выщелоченные (нитратный азот) | | | | | |
| ≤5.0 | 5 | 16 | 21 | – | – |
| 5.1–8.0 | 3 | 9 | 13 | – | – |
| >15.0 | 2 | 6 | 8 | – | – |

зяйственных культур варьирует в широких пределах и зависит от их биологических особенностей и агрохимических свойств почв, из которых наибольшее влияние оказывает степень обеспеченности почв доступными формами азота. Наибольшее долевое участие азотных удобрений в урожайности озимой пшеницы проявилось при содержании минерального азота <5 мг/кг и составляло в зависимости от дозы 35–48%, тогда как при содержании >10 кг/кг – 17–26%. Подобная закономерность отмечена для ярового ячменя, в опытах с которым содержание азота в почве определяли методом Корнфилда. При степени обеспеченности доступными формами азота дерново-подзолистых почв <100 мг/кг вклад азотных

удобрений в урожае составлял 24–34%, при содержании >150 мг/кг – 5–10%.

В опытах с картофелем долевое участие азотных удобрений в формировании урожайности было аналогично их влиянию на зерновые культуры, но при этом на супесчаных почвах при увеличении содержания легкогидролизуемого азота снижение роли азотных удобрений в продукционном процессе происходило быстрее по сравнению с суглинистыми почвами.

На вклад азотных удобрений в формировании урожайности льна-долгунца большое влияние оказало содержание гумуса в почвах. По мере увеличения гумусированности дерново-подзолистых почв снижалось долевое участие азотных удобрений в урожае льносолумы. При содержании гумуса <1.5% величина вклада составляла 15–23%, при >2.0% – 9–14%.

Степень участия азотных удобрений в формировании урожайности сахарной свеклы оказалась менее выраженной по сравнению с рассмотренными культурами, но при этом прослежена аналогичная закономерность – снижение доли азотных удобрений в создании урожая при увеличении содержания доступных форм азота в почвах.

На величину долевого участия азотных удобрений в формировании урожайности сельскохозяйственных культур кроме содержания доступных форм азота в почве заметное влияние оказывали и другие агрохимические свойства почв. На урожайность пшеницы заметное положительное влияние оказало снижение кислотности и улучшение степени обеспеченности почв подвижными формами фосфора и калия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богдевич И.М., Василюк Г.В., Грузд В.К. Методика определения эффективности удобрений в Белорусской республике // Повышение экономической эффективности применения минеральных удобрений. М.: ЦИНАО, 1991. С. 54–68.
2. Инструкция и нормативы по определению экономической и энергетической эффективности применения удобрений. М.: Госагропром СССР, 1987. 44 с.
3. Нормативы для определения потребности сельского хозяйства в минеральных удобрениях. М.: МСХ СССР, 1985. 336 с.
4. Токарев В.В. Методика определения эффективности минеральных удобрений в условиях сельскохозяйственного производства и ее совершенствование // Повышение экономической эффективности применения минеральных удобрений. М.: ЦИНАО, 1991. С. 3–14.
5. Ткач Н.М. Определение эффективности удобрений с учетом поправочного коэффициента на ка-

- чество почвы в республике Молдовы // Там же. С. 85–94.
6. Региональные нормативы окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая зерновых культур. М.: ВНИИА, 2016. 96 с.
 7. Прогнозная оценка окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая картофеля в зависимости от агрохимических свойств почв. М.: ВНИИА, 2014. 80 с.
 8. Система оценки влияния агрохимических факторов на формирование урожайности льна-долгунца. М.: ВНИИА, 2016. 124 с.
 9. Нормативы оценки и методика прогнозирования эффективности применения минеральных удобрений под сахарную свеклу. М.: ВНИИА, 2018. 188 с.
 10. Шафран С.А. Баланс азота в земледелии России и его регулирование в современных условиях // Агрохимия. 2020. № 6. с. 14–21.
 11. Державин Л.М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии. М.: Колос, 1992. 272 с.
 12. Никитин В.В. Методические основы диагностики азотного режима чернозема типичного в зерносвекловичном севообороте // Агрохимия. 2013. № 2. С. 15–21.

Contribution of Mineral Fertilizers to the Formation of the Yield of Field Crops. Message 1. Nitrogen Fertilizers

S. A. Shafran

*D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry
ul. Pryanishnikova 31a, Moscow 127550, Russia
E-mail: shafran38@mail.ru*

The results of a study on the influence of agrochemical properties of soils on the contribution of nitrogen fertilizers to the formation of the yield of the main agricultural crops cultivated in our country are considered. It is shown that the share of nitrogen fertilizers in the crop varies widely and depends on the biological characteristics of crops and agrochemical properties of soils, among which the degree of availability of available forms of nitrogen had the greatest influence. Regardless of the method of determination, as the nitrogen content in the soil increased, the contribution of nitrogen fertilizers to yield formation sharply decreased. During the transition of soils from the category of low availability of available nitrogen to an increased one, the contribution of nitrogen fertilizers in the formation of yields of winter and spring wheat, spring barley on sod-podzolic soils and potatoes on sandy loam soils decreased by 2.0 or more times, potatoes on loam – by 1.5 times. The role of nitrogen fertilizers in the formation of the yield of long-legged flax decreased as the humus content of the soil increased. With a humus content of <1.5%, the share of the effect of nitrogen fertilizers on the crop was 15–23%, at 1.5–2.0% – 12–19%, at >2.0% – 14%. The degree of participation of fertilizers in the formation of sugar beet varied from 6 to 18%.

Key words: contribution of fertilizers, nitrogen fertilizers, agrochemical properties of soil, mineral nitrogen, available forms of nitrogen.