

ВЛИЯНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО

К.Ю. Уваренко

*Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского,
г. Харьков, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Широко известно о влиянии агрофизических параметров почвы на урожайность сельскохозяйственных культур и эффективность минеральных удобрений [1, 2]. Плотность почвы – важнейшая характеристика ее физического состояния. В излишне уплотнённых почвах чаще, чем в рыхлых, нарушается воздухо- и газообмен, повышается содержание недоступной влаги, а для усвояемой – практически не остаётся места. Чрезмерно рыхлая почва не способна удерживать влагу, в ней нет необходимого контакта почвенных частиц с прорастающими семенами, а в дальнейшем – и с корневой системой растений.

Повышенная плотность сложения почвы приводит к нарушению механизмов поглощения и трансформации питательных веществ, их доставки к корневым системам и в надземную часть растений. Регулирование агрофизических параметров почв является эффективным приемом повышения эффективности минеральных удобрений.

Эффективность использования азота из почвы и удобрений снижается более чем в 3 раза при повышенной плотности по сравнению с оптимальным уровнем уплотнения ($1,1-1,3 \text{ г/см}^3$) [2]. Действие азотных удобрений также связано и с количеством влаги в период максимальной потребности в элементах питания. При недостатке почвенной влаги снижается интенсивность поступления питательных веществ и, как следствие, снижается эффективность внесенных азотных удобрений [3].

Наибольшая эффективность фосфорных удобрений отмечается при влагозапасах почвы в среднем 80–90 % от наименьшей влагоемкости (НВ) [4]. Повышенная плотность сложения снижает доступность фосфора для растений из-за ухудшения качественных и количественных характеристик корневой системы. Согласно литературным данным [2] поступление фосфора в надземную часть в начальные фазы роста ячменя ярового на уплотненной почве в 1,6 раза ниже по сравнению с рыхлой.

Плотность сложения почвы существенно влияет также и на поступление калия в растения [2]. Исследованиями Л.Г.Г. Яра с соавторами [5] установлено, что влияние влажности почвы на развитие корневой системы растений проявляется через взаимодействие с плотностью сложения. При высоком уплотнении (1,3–1,4 г/см³) усвоение калия значительно меньше по сравнению с оптимальным уровнем уплотнения (1,2 г/см³). Невысокая эффективность калийных удобрений в основном определяется недостатком влаги, поэтому внесение калийных удобрений – эффективный агрономический прием для уменьшения рисков потери урожая при неблагоприятных погодных условиях, прежде всего, в условиях засухи и пониженных температур [6].

Современный уровень ведения земледелия в Украине отличается широким использованием районированных сортов ячменя ярового с потенциальной урожайностью до 80–120 ц/га. В связи с этим, в хозяйствах все чаще используются сорта интенсивного типа, которые имеют высокую потенциальную урожайность, обусловленную отзывчивостью на оптимизацию условий выращивания [7–9]. Реализовать свой потенциал эти сорта могут лишь при условии соблюдения биологически обоснованных элементов технологии их выращивания. Большое значение имеют применяемые дозы минеральных удобрений в сочетании с оптимальными агрофизическими параметрами почвы.

В ходе исследований И.Ф. Петровой [10], М.Р. Козаченко и А.Г. Наумова [11] установлено, что сорта полуинтенсивного типа способны выдерживать более длительное воздействие засухи, а так же, характеризуются меньшими, но более стабильными показателями урожайности при изменении условий выращивания по сравнению с интенсивными сортами, которые, в свою очередь, наиболее полно реагируют на повышение доз минеральных удобрений.

Таким образом, в ходе многочисленных исследований, описанных в научной литературе, установлено, что оптимизация агрофизических параметров почвы позволяет в максимальном объеме использовать элементы питания из почвы и из внесенных минеральных удобрений. Однако недостаточно исследований проведено по изучению влияния агрофизических параметров пахотного слоя почвы на эффективность минеральных удобрений и продуктивность при выращивании различных по интенсивности сортов ячменя ярового.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На протяжении 2015 г. в лаборатории геоэкофизики почв ННЦ «ИПА им. А.Н. Соколовского» было проведено три лабораторно-модельных опыта, целью которых было изучить влияние влажности и плотности сложения пахотного слоя чернозема типичного на эффективность азотных, фосфорных и калийных удобрений при выращивании интенсивного и полуинтенсивного сортов ячменя ярового.

Лабораторные опыты были проведены по схеме В 3 (Бокс – 3 фактора). Изучали три уровня влажности почвы (X_1) (низкий уровень – 60 % от НВ, оптимальный – 80 % от НВ и высокий – 100 % от НВ), три уровня плотности сложения (X_2) (низкий – 1,0 г/см³, оптимальный – 1,2 г/см³ и высокий – 1,4 г/см³) и три дозы минеральных удобрений (X_3) (без удобрений, 45 кг/га и 90 кг/га д.в.). Исследуемая культура – ячмень яровой (интенсивный сорт – Взираець, полуинтенсивный сорт – Здобуток). Минеральные удобрения, которые использовались: азотные – в виде аммиачной селитры (опыт № 1), фосфорные – в виде суперфосфата простого (опыт № 2) и калийные – в виде 40 % калийной соли (опыт № 3).

Почва для опытов была отобрана на опытном участке ГП ОХ «Граковское», с. Коммунар Харьковского района Харьковской области. Основные характеристики чернозема типичного тяжелосуглинистого на лессовидном суглинке следующие: рН_{водное} – 7,6; рН_{солевое} – 6,5; содержание гумуса – 3,58 %; содержание минерального азота – 12,85 мг/кг почвы, подвижных соединений фосфора и калия – 219,27 и 225,94 мг/кг почвы соответственно. Согласно существующих градаций [12] исследуемая почва характеризуется низким уровнем обеспеченности общим азотом и высоким уровнем обеспеченности подвижными формами фосфора и калия.

Набивка сосудов почвой, расчет количества воды для полива, посев растений проведены по методике Ф.О. Юдина [13]. Три уровня уплотнения, заданных схемой опыта, были созданы искусственно деревянным уплотнителем методом трамбовки. Биологический урожай культуры был собран в фазе 4-х листьев. Полученные в ходе исследований данные были обработаны методом дисперсионного анализа [14] и с помощью специальной математической программы для обработки многофакторных опытов [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Эффективность азотных удобрений. В результате проведения лабораторного опыта № 1 установлено влияние агрофизических параметров почвы на эффективность азотных удобрений при выращивании различных по интенсивности сортов ячменя ярового (рис. 1). Установлено, что биологический урожай интенсивного сорта увеличивался с повышением влажности почвы на 1,8 г/сосуд по сравнению с низким уровнем увлажнения почвы (с 1,89 г при влажности 60 % от НВ до 3,7 г при 100 % от НВ).

При выращивании полуинтенсивного сорта наибольшая биологическая масса сформировалась при оптимальном уровне влажности (80 % от НВ). В этом варианте биологический урожай составил 3,1 г/сосуд, что на 44 % больше сравнительно с низким уровнем увлажнения (60 % от НВ).

Увеличение плотности сложения почвы до 1,4 г/см³ негативно влияло на развитие растений ячменя и формирование биологического урожая изучаемых сортов. Наблюдалось уменьшение урожая интенсивного сорта в 1,5 раза, при высоком уровне уплотнения в сочетании с низкими значениями других факторов (при влажности почвы 60 % от НВ и без внесения азотного удобрения). При оптимальных значениях влажности почвы и внесении азотных удобрений в дозе 45 и 90 кг/га д.в. негативного воздействия плотности сложения на биологический урожай интенсивного сорта установлено не было.

При высокой плотности ($1,4 \text{ г/см}^3$) наблюдалась тенденция снижения биологического урожая полуинтенсивного сорта как при минимальных, так и при оптимальных значениях других факторов. На удобренных вариантах биологический урожай ячменя повышался, однако в зависимости от сорта эта реакция была разной. Так, высокие дозы азотного удобрения (90 кг/га д.в.), внесенные под полуинтенсивный сорт, были малоэффективными по сравнению с оптимальными дозами (45 кг/га д.в.).

Интенсивный сорт ячменя, наоборот, положительно реагировал на повышенные дозы азотных удобрений, особенно при оптимальных физических параметрах почвы. Так, в варианте с внесением N_{90} , при влажности – 80% от НВ и плотности сложения почвы $1,2 \text{ г/см}^3$ биологический урожай интенсивного сорта был на уровне $3,50 \text{ г/сосуд}$, тогда как при высокой плотности почвы и оптимальной влажности уменьшался на 30% (до $1,16 \text{ г/сосуд}$).

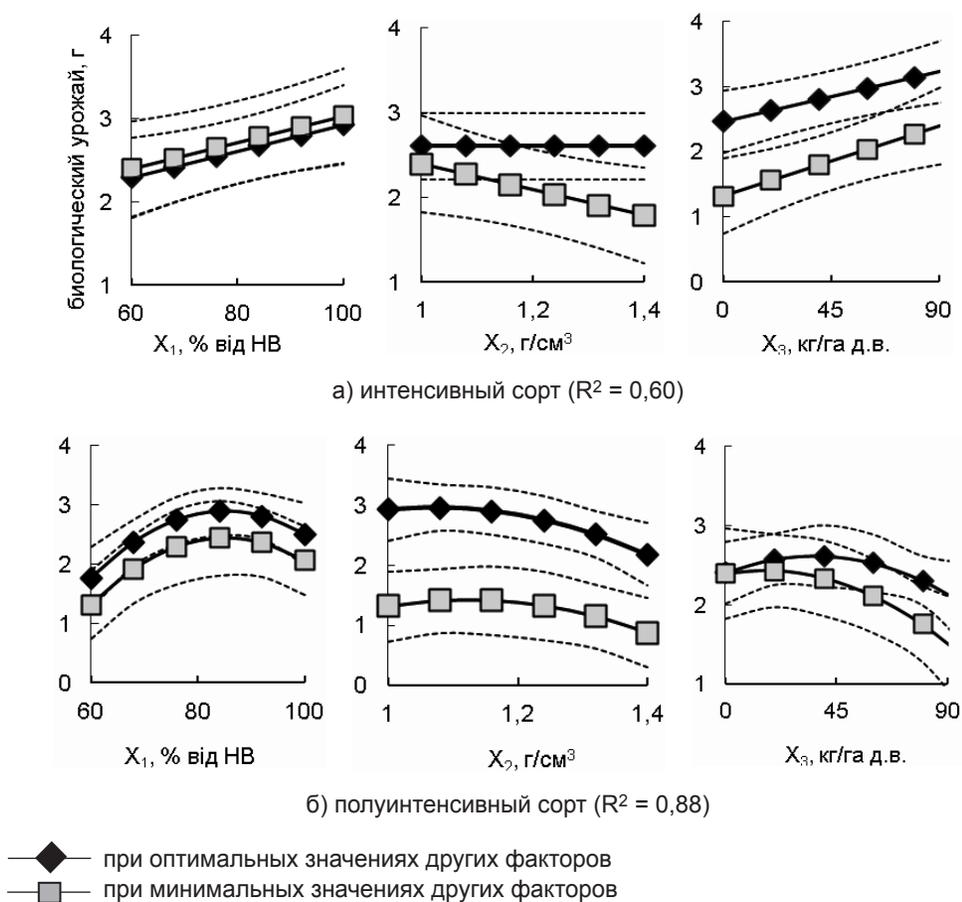


Рис. 1. Влияние влажности (X_1), плотности сложения (X_2) и доз азотных удобрений (X_3) на биологический урожай ячменя ярового

Эффективность фосфорных удобрений. В результате проведенных исследований выявлено влияние влажности и плотности сложения почвы на эффективность фосфорных удобрений (рис. 2). Полученные данные свидетельствуют

о том, что низкий уровень влажности почвы приводит к снижению биологического урожая ячменя ярового. Максимальный биологический урожай интенсивного сорта (4 г/сосуд) был зафиксирован при оптимальном уровне влажности почвы. При повышении уровня увлажнения до 100 % от НВ увеличения урожая этого сорта не наблюдалось. Иная тенденция была установлена для полуинтенсивного сорта ячменя ярового: с увеличением уровня увлажнения почвы биологический урожай этого сорта увеличивался на 40 % по сравнению с урожаем, полученным при низком уровне влажности.

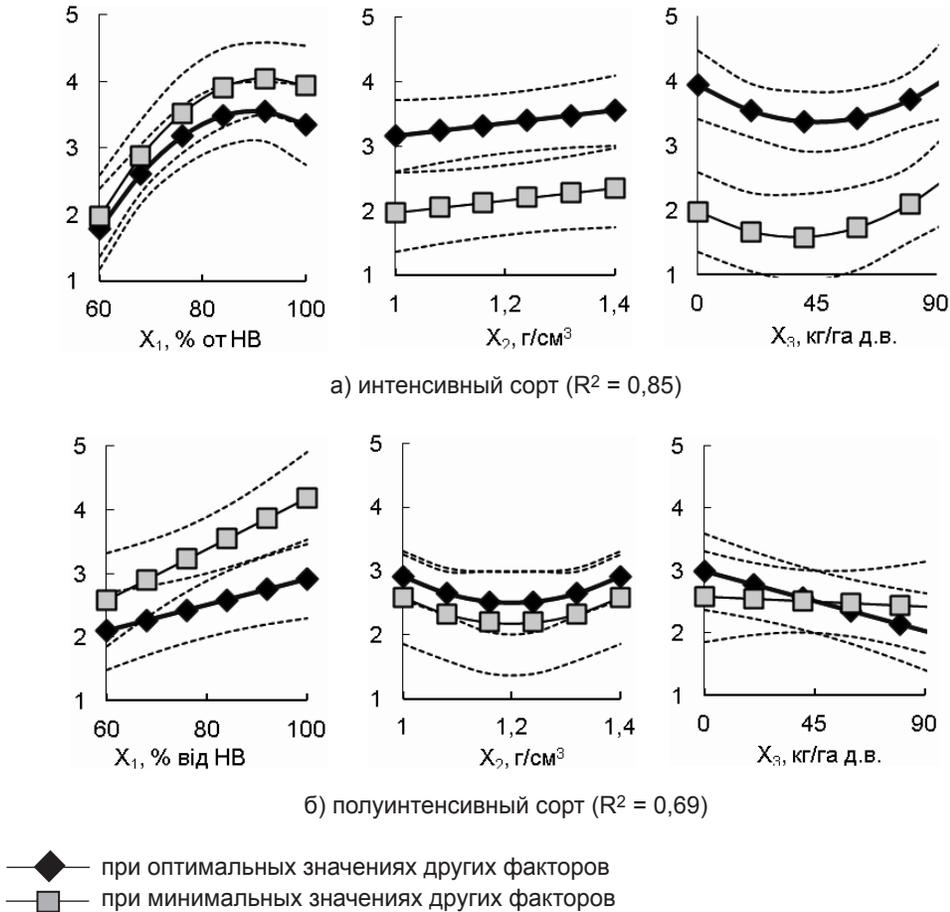


Рис. 2. Влияние влажности (X_1), плотности сложения (X_2) и фосфорных удобрений (X_3) на биологический урожай ячменя ярового

В опыте не установлено негативного влияния повышенной плотности на биологический урожай изучаемых сортов ячменя ярового.

На повышенную дозу фосфорных удобрений (90 кг/га д.в.) лучше отреагировал интенсивный сорт выращиваемой культуры. При оптимальных значениях влажности и плотности почвы внесение P_{90} способствовало формированию 4 г/сосуд биологической массы, что на 70 % больше урожая, полученного при низких значениях влажности и плотности сложения почвы (2,3 г/сосуд).

Для полуинтенсивного сорта внесение фосфорных удобрений в целом оказалось малоэффективным. При внесении P_{90} в сочетании с оптимальными значениями влажности и плотности почвы биологический урожай снижался на 30 % по сравнению с вариантом без удобрений, что возможно связано с достаточно высоким содержанием подвижных форм фосфора в исследуемой почве.

Эффективность калийных удобрений. В опыте № 3 установлено влияние исследуемых факторов на эффективность калийных удобрений при выращивании разных по интенсивности сортов ячменя ярового. Согласно полученным результатам общий биологический урожай интенсивного сорта на 58 % превышал урожай полуинтенсивного сорта.

Установлено, что увеличение влажности почвы до 100 % от НВ при оптимальных значениях плотности сложения и внесении K_{45} способствовало росту биологической массы интенсивного сорта культуры. Максимальный биологический урожай при таких условиях был на 30 % выше по сравнению с урожаем, полученным при высоком уровне увлажнения, но в сочетании с минимальными значениями других факторов (рис. 3).

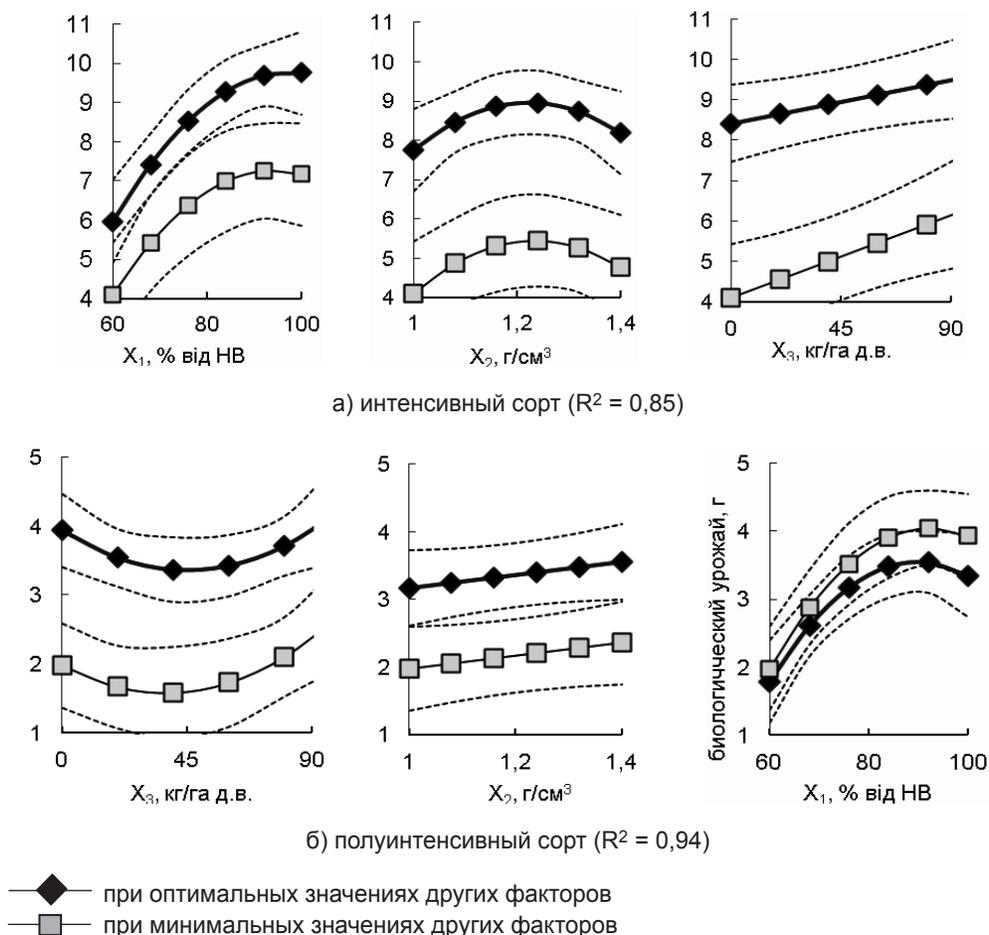


Рис. 3. Влияние влажности (X_1), плотности сложения (X_2) и калийных удобрений (X_3) на биологический урожай ячменя ярового

При выращивании полуинтенсивного сорта оптимальный уровень увлажнения при оптимальном уплотнении почвы обеспечили наибольшую биологическую массу выращиваемой культуры (на 15 % больше по сравнению с максимальным увлажнением и почти в 2 раза больше по сравнению с минимальным уровнем увлажнения).

Отмечена тенденция уменьшения биологического урожая интенсивного сорта не только при высокой, но и при низкой плотности сложения почвы, как при оптимальных, так и при минимальных значениях других исследуемых факторов.

Повышение уровня уплотнения почвы не приводило к существенному уменьшению биологического урожая полуинтенсивного сорта, что, возможно, связано с лучшей приспособленностью таких сортов к неблагоприятным условиям произрастания.

По результатам исследований так же выявлено влияние применяемых доз калийных удобрений на биологический урожай изучаемых сортов культуры. Повышенные дозы в сочетании с оптимальными значениями плотности сложения и влажности почвы способствовали увеличению биологического урожая испытываемых сортов. При внесении K_{90} в сочетании с оптимальной влажностью и плотностью зафиксировано увеличение биологического урожая интенсивного сорта: на 15 % по сравнению с вариантами без удобрений и на 35 % – при минимальных значениях других изучаемых факторов.

Повышение дозы калийных удобрений с 45 до 90 кг/га д.в. при оптимальных значениях влажности и плотности почвы так же способствовало и повышению биологического урожая полуинтенсивного сорта на 14 %.

ВЫВОДЫ

1. Установлено влияние агрофизических параметров почвы на эффективность минеральных удобрений при выращивании разных по интенсивности сортов ячменя ярового.

2. Повышение влажности почвы до 100 % от НВ способствовало увеличению биологического урожая интенсивного сорта, наибольший биологический урожай полуинтенсивного сорта получено при влажности 80 % от НВ.

3. Наблюдалось уменьшение биологического урожая интенсивного сорта культуры в 1,5 раза, при высоком уровне уплотнения в сочетании с низким уровнем увлажнения и без азотных удобрений. При высокой плотности ($1,4 \text{ г/см}^3$) наблюдалась тенденция снижения биологического урожая полуинтенсивного сорта как при низких, так и при оптимальных значениях влажности и доз азотных удобрений. Негативное действие повышенной плотности на биологический урожай изучаемых сортов при внесении фосфорных удобрений выявлено не было.

4. Применение N_{90} способствовало получению максимального биологического урожая интенсивного сорта. Высокие дозы азотного удобрения, внесенные под полуинтенсивный сорт, были малоэффективными по сравнению с оптимальными дозами (45 кг/га д.в.). На повышенную дозу фосфорных удобрений лучше отреагировал интенсивный сорт. Для полуинтенсивного сорта внесение фосфорных удобрений оказалось малоэффективным. Повышенные дозы калийных удобре-

ний в сочетании с оптимальными значениями плотности сложения и влажности почвы способствовали увеличению биологического урожая обоих испытываемых сортов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Липець, Є.* Вплив щільності складення на ефективність засвоєння сільськогосподарськими культурами поживних елементів з ґрунту та добрив / Є. Липець, В.В. Медведєв, Т.Є. Линдіна // Вісник аграрної науки. – 2002. – С. 8–12.
2. *Медведєв, В.В.* Плотность сложения почв (генетический, экологический и агрономический аспекты) / В.В. Медведєв, Т.Е. Линдіна, Т.Н. Лактионова. – Харьков: Изд. «13 типографія», 2004. – 244 с.
3. *Ивойлов, А.В.* Влияние удобрений на урожайность и качество зерна ячменя в зоне неустойчивого увлажнения / А.В. Ивойлов, В.И. Копылов, М.Н. Бесонова // Агрохимия. – 2002. – № 4. – С. 23–31.
4. *Алов, А.С.* Факторы эффективности удобрений / А.С. Алов. – М., 1967. – Ч. II. Агрофизико-химические факторы. – 142 с.
5. *Yapa, L.G.G.* Effect of soil strength on root growth under different water conditions / L.G.G. Yapa, D. D. Fritton, S. T. Willatt // Plant and soil. – 1988. – Vol. 109, N. 1. – P. 9–16.
6. Калийное состояние почв Украины и эффективность калийных удобрений / А.А. Христенко и [др.] // Вестник Междунар. ин-та питания растений. – С. 29–32.
7. *Кадыров, М.А.* Селекционный процесс как объект оптимизационных исследований: идеи, реализация, приоритеты / А.М. Кадыров. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 219 с.
8. *Демидов, О.* Ячмень ярый – новые сорта / О.Демидов, В. Гудзенко // Пропозиція [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа [<http://propozitsiya.com/yachmen-yaryu-novye-sorta>]
9. *Потопляк, О.* Продуктивність сортів ячменю ярого залежно від умов мінерального живлення / О. Потопляк // Вісник Львівс. нац. аграр. ун-ту. – 2013. – № 17 (2). – С.118–122.
10. *Петрова, И.Ф.* Внедрение новых сортов как основной фактор интенсификации зернового производства / И.Ф. Петрова // Сб. науч. тр. / Таврийс. гос. агротехнолог. ун-т. – 2013. – № 2(3). – Эконом. науки. – С. 277–285.
11. Сорти ячменю ярого для сучасного сільськогосподарського виробництва / М.Р. Козаченко [та ін.] // Вісник ЦНЗ АПВ Харківс. обл. – 2014. – № 17. – С. 97–101.
12. *Медведєв, В.В.* Мониторинг почв Украины. Концепция. Итоги. Задачи / В.В. Медведєв. – 2-е изд. – Харьков: Городская типография, 2012. – 536 с.
13. *Юдин, Ф.А.* Методика агрохимических исследований: учеб. пособие / Ф.А. Юдин. – М.: Колос, 1971. – 272 с.
14. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 5-е изд. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
15. *Єгоршин, О.О.* Планування і математична обробка багатофакторних дослідів / О.О. Єгоршин, М.В. Лісовий. – Харків: Міська друкарня, 2009. – 32 с.

**INFLUENCE OF AGROPHYSICAL PARAMETERS OF CHERNOZEM
ON THE EFFICIENCY OF MINERAL FERTILIZERS BY THE GROWING
SPRING BARLEY**

K.Yu. Uvarenko

Summary

It the article there are presented the results of many factorial laboratory experiments on research of the influence of agrophysical parameters (moisture and compaction) of chernozem typical heavy-loamy on the effectiveness of different doses of fertilizers (nitrogen, phosphorus and potassium) by the growing intensive and semi-intensive sorts of spring barley.

Поступила 20.04.17